

## Ekstremitelerde turnike uygulanması sırasında meydana gelen iskelet kası değişikliklerinin ultrastrüktürel düzeyde incelenmesi

Hakan Ömeroğlu<sup>(1)</sup>, Deniz Erdoğan<sup>(2)</sup>, Suna Ömeroğlu<sup>(3)</sup>, Uğur Günel<sup>(4)</sup>, Ali Biçimoğlu<sup>(4)</sup>

*Bu çalışmada üst ekstremitede çizgili kaslarda turnike uygulamasına bağlı ortaya çıkan yapısal değişiklikler ve bunların turnike süresiyle ilişkisi araştırıldı. Bu amaçla önkol çift kemik kırığı nedeniyle cerrahi olarak tedavi edilen yaşları 15 ile 18 arasında değişen 6 erkek hastanın m.extansor digitorum'larından biyopsi alındı. Alınan materyalin elektron mikroskopik incelemesi sonrasında ilk bir saatte hafif derecede yapısal değişiklikler gözlemlendi. Bir saatten sonra ise kas atrofisi bulguları, kas fibrilleri arasında ödem ve endotel bazal laminasında kalınlaşma dikkat çekiciydi. Sonuç olarak turnike uygulamasının iskelet kasında özellikle bir saat sonrası önemli yapısal değişikliklere yol açtığı kanısına varıldı.*

**Anahtar kelimeler:** Turnike iskelet kası iskemi ultrastrüktür (ince yapı)

### *Ultrastructural analysis of the alterations in skeletal muscle during tourniquet application on extremities*

*In this study, the structural alterations in skeletal muscle due to tourniquet application and the relationship between these alterations and duration of tourniquet were analyzed. For this purpose, muscle biopsy was made from m.extansor digitorum in 6 male patients who were between 15 and 18 years old and who were surgically treated because of forearm fracture. Electron microscopic examination of the specimens revealed that mild structural alterations existed within the first hour. Muscle atrophy findings, interfibrillary edema and endothelial basal lamina thickening were observed after a tourniquet application time of more than one hour. It was concluded that, especially more than one hour period of tourniquet application led to significant structural alterations in skeletal muscle.*

**Keywords:** Tourniquet skeletal muscle ischemia ultrastructure

Ekstremitelerde akut olarak arteriyel kan akımının durması önemli oranda mortalite ve morbiditeyle birlikte. İskemi oluşturarak kansız bir ameliyat sahası sağlayan turnike, ekstremitelerdeki cerrahi girişimlerde bu nedenle sıklıkla uygulanmaktadır. İskelet kasının relatif olarak uzun süreli iske-miye dayanıklı olduğu ve diğer bazı hassas organlarla karşılaştırıldığında (kalp, beyin gibi) iskemiye bağlı gelişen kalıcı değişikliklerin saatler sonrası ortaya çıktığı bilinmektedir (5, 10). İskelet kası için kalıcı, ciddi hasar meydana getiren kritik iskemi süresi 6 saat olarak belirtilmiştir (4, 5). Bu süre klinik uygulamalarda pek aşılınmamakla birlikte 1.5-2 saat gibi kısa sürelerin bile verdiği yapısal düzeydeki zararlar oldukça iyi bilinmektedir. Cerrahin "kansız bir ameliyat sahasının rahatlığı" ile "fizyolojik olmayan bir durumun rahatsızlığı" arasındaki dengeyi iyi kurması gerekmektedir.

Bu çalışmada üst ekstremitede iskelet kaslarında turnike uygulamasına bağlı ortaya çıkan değişiklikler ve bunların turnike süresiyle ilişkisinin araştırılması planlanmıştır.

### Hastalar ve yöntem

Bu çalışmada kliniğimize "radius-ulna cisim kırığı" tanısıyla yatırılan ve cerrahi olarak tedavi edilen,

yaşları 15 ile 18 yıl arasında değişen, miyopati öyküsü olmayan, 6 erkek hastanın m.extansor digitorum'larından ameliyat sırasında 1x1x1 cm boyutlarında biyopsi materyali alındı. 1. grubu oluşturan 2 olguda havalı turnike kullanılmamıştı. Bu grupta biyopsi materyali internal fiksasyon işlemi bitince alındı. Bu grup "kontrol grubu (K)" olarak adlandırıldı. 2. grubu oluşturan 2 olguda havalı turnike süresi 60 dakikadan azdı (45 ve 50 dakika) ve bu grup "kısa turnike süreli grup (KT)" olarak adlandırıldı. 3. grubu oluşturan 2 olgudaysa havalı turnike süresi 60-90 dakika arasındaydı (75 ve 85 dakika) ve bu grup da "uzun turnike süreli grup (UT)" olarak adlandırıldı. Turnike kullanılan 4 olgudan biyopsi, turnike açılmadan hemen önce alındı. Kullanılan havalı turnike kalınlığı 9.5cm, uygulanan basınç ise 150-200 mmHg civarındaydı.

Elektron mikroskopi incelemesini yapan gruba alınan doku örneklerinin hangi gruba ait olduğu inceleme bitene dek bildirilmedi. Alınan doku örnekleri 1 milimetreküplük parçalara ayrıldılar ve %2.5'lük fosfat tamponlu glüteraldehidte tespit edildiler. Daha sonra %1'lik osmium tetroksid ile tekrar tespit edildiler. Etil alkol serilerinden geçirilerek sudan kurularıldılar ve gömme materyali içeren 00'lük jelatin kapsüllere gömüldüler. Bloklardan elde edilen kesitler elektron mikroskopta resimlendirildiler (14).

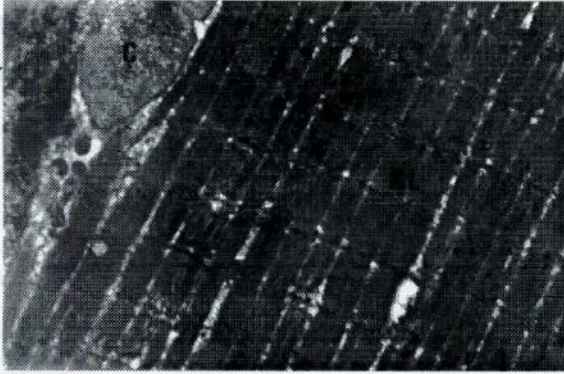
(1) Ankara Numune Hastanesi 3. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Op. Dr.

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

(3) Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı, Uzman Dr.

(4) Ankara Numune Hastanesi 3. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Doç. Dr.

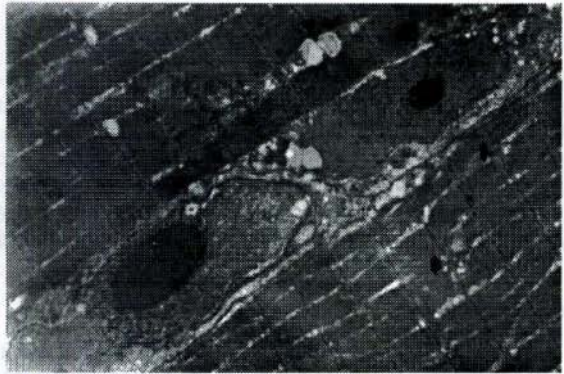




Şekil 1: K grubuna ait normal iskelet kası görünümü. Normal kas lifleri (KL) uzunlamasına olarak görünmekte, periferde çekirdek (Ç) yer almaktadır (Kurşun sitrat, x8800)



Şekil 3: KT grubuna ait görünüm. Endotel bazal laminası (↓) normal olarak görünmektedir (Kurşun sitrat, x14000)



Şekil 2: KT grubuna ait görünüm. Kas liflerinde düzensizlik, Z çizgilerinde silinme (↓) ve lipid inklüzyonları (↓↓) görünmektedir (Kurşun sitrat, x6000)



Şekil 4: UT grubuna ait görünüm. Miyofibrillerin yapısında genel bir düzensizlik ve aralarında ödematöz değişim (↓) görülmektedir (Kurşun sitrat, x6000)

## Sonuçlar

KT Grubu ve K Grubu Karşılaştırılması (Şekil 1, 2, 3).

KT grubunda K grubuna göre Z çizgisi ve M bandının görüldüğü, ancak bazı bölgelerde Z çizgilerinin düzensizleştiği ve kas lifleri devamlılığın bozulmuş olduğu görüldü. Hem damar çevresinde hem de kas lifleri arasında lipid inklüzyonlarının varlığı dikkati çekmekteydi. Kapiller endotel hücreleri normal, çekirdekleri belirgindi. Bazal laminada dikkati çeken bir kalınlaşma yoktu.

UT ve K Grubu Karşılaştırılması (Şekil 1, 4, 5, 6, 7)

Atrofik kas yapısı değişiklikleri dikkat çekiciydi. Kas liflerinin düzensiz olduğu, yer yer Z çizgisi ve M bandının izlenmediği gözlemlendi. Kas lifleri arasında ödematöz değişiklikler saptandı. Hücre çekirdeklerinin periferden santrale doğru yer değiştirmeleri atrofik kas yapısı değişikliğini yansıtmaları açısından çarpıcıydı. Endotel duvarında bazal laminanın kalınlaşmış olduğu görüldü.

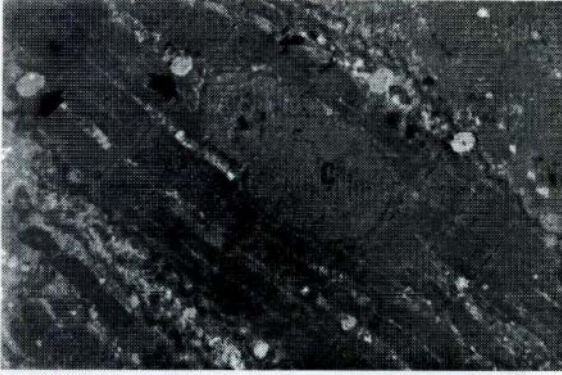
## Tartışma

İskemik kas fibrillerinde akut inflamasyon, de-

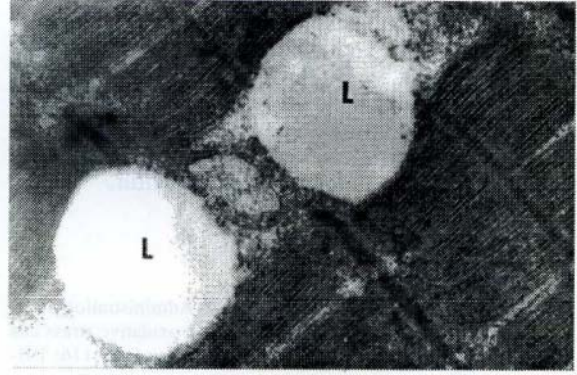
jenerasyon ve nekroza neden olduğu ve bunu da fagositoz ve rejenerasyonun izlediği genelde kabul edilen bir görüştür (12). İskelet kasının iskemiye diğer bazı organlara oranla daha dayanıklı olması istirahat halinde kasta daha az enerji tüketilmesi ve metabolik regülasyonundaki bazı temel farklılıklarla kısmen açıklanabilir (11). Turnike uygulanım süresiyle iskelet kasındaki hasarın miktarı arasında doğru bir orantı olduğu bilinmektedir (2, 3, 5).

Çalışmamıza benzer bir diğer çalışmada Appell ve ark. (2) insan vastus lateralis kasında turnike sonrası ortaya çıkan iskemik değişiklikleri zaman dilimlerine ayırarak elektron mikroskopik olarak incelemişlerdir. 15 dakika sonunda özellikle subsarkolemik bölgede ve daha az olarak da interstisyel bölgede intrafibriler ödem gözlenmiştir. Kapiller endotel bazal membranında hafif kalınlaşma ve lipid damlacıkları diğer göze çarpan bulgular olarak belirlenmiştir. 30 dakika sonunda intrasellüler ödemin devam ettiği, lipid damlacıklarının lizozomlara taşındığı görülmüştür. 60 dakika sonunda değişikliklerin şiddetinin daha da arttığı, kapiller bazal membranındaki kalınlaşmanın ileri düzeye geldiği ve intrasellüler ödemin halen devam ettiği gözlenmiştir. 90 dakika sonunda ise fibrillerin çok sayıda lizozom ve vakuoller içerdiği, bir kısım kas fibrillerinde ise ileri derecede dejenerasyon ve hatta ölümün olaylandığı görülmüştür. Blebea ve ark. (5) da hayvan iskelet kası mo-

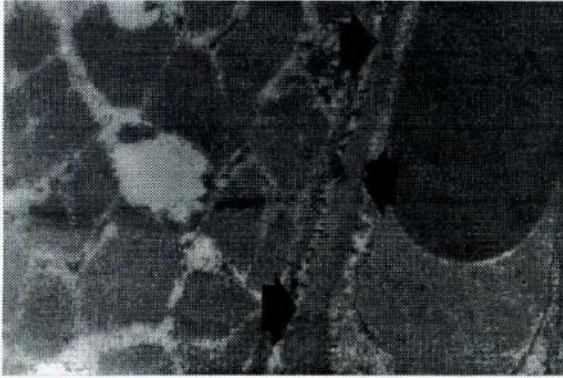




Şekil 5: UT grubuna ait görünüm. Hücre çekirdeğinin (Ç) periferden santrale doğru yerdeğiştirildiği görülmektedir. Ayrıca lifler arasında lipid inklüzyonları (↓) mevcuttur (Kurşun sitrat, 6000)



Şekil 7: UT grubuna ait görünüm. Kas lifleri arasındaki iri lipid inklüzyonlarının (L) bunların düzenliliği ve şeklini bozduğu görülmektedir (Kurşun sitrat, x40000)



Şekil 6: UT grubuna ait görünüm. Endotel bazal laminasındaki kalınlaşma (↓) dikkat çekicidir (Kurşun sitrat, x24000)

delinde iskemi sırasında benzer olarak kas fibrilleri arasında ödem, mitokondriyal şişme ve sarkolemmik membranda bozulma gözlemlenmiştir. Bizim çalışmamızda ise ilk bir saat içinde kas liflerinin yapısında hafif bozulma ve aralarda lipid inklüzyonları görülürken endotel bazal laminasında kalınlaşma ve fibriller arası ödem gözlenmemiştir. Bir saatten sonra ise atrofik değişikliklerin başlaması oldukça dikkat çekicidir. Kas lifleri arasındaki ödem ve endotel bazal laminasındaki kalınlaşma uzun süreli turnike uygulamasında belirgin hale gelmiştir. Bu durumda bir saatin üzerinde turnike uygulamasının daha ciddi yapısal bozukluklara yol açtığı görülmektedir.

Bu sonuçlara göre turnikeye bağlı iskeminin lizozomal sistemi aktive edici bir rolü olduğu ortaya çıkmaktadır. Ödem artmasının nedeni "İskelet kasının iskemiye verdiği en erken yanıtlardan biri artmış mikrovasküler permeabilitedir" kavramıyla açıklanabilir (8). İskemi sırasında biriken sarkoplazmik kalsiyumun fosfolipaz A2'yi aktive ederek lipid degradasyon ürünlerinin birikimine yol açabileceği öne sürülmüştür (2). Kapiller membrandaki kalınlaşma ise kapiller duvarın kendi devamlılığını sürdürme çabası olarak belirtilmiştir (2).

İskelet kasının önemli ölçüde rejenerasyon yeteneği olmasına rağmen ortopedik ameliyatlardan sonrası

yapılan immobilizasyon kasları olumsuz yönde etkilemektedir. Turnikeye bağlı iskeminin belki de kas atrofisinin ilk aşaması olduğu belirtilmektedir (2). Bizim çalışmamızda da bir saatten uzun süreli iskemiden sonra kas atrofisinin en önemli bulgularından biri olan hücre çekirdeğinin periferden santrale doğru yer değiştirmesi gözlenmiş ve bu bulgu yukarıda belirtilen düşünceleri destekler nitelikte bulunmuştur.

Hayvan kas modelinde iskemiden bağımsız olarak postiskemik reperfüzyonun kas ağırlığını ve protein içeriğini artırdığı bunun da kas ödemeine yol açan kapiller permeabilite artışına bağlı olduğu belirtilmiştir. Protein bir deyimle kapiller permeabilite artışının oksidatif stres (GSSG/GSH oranı) ile kuvvetli ilişkisi olduğu gözlenmiştir. Tüm bu değişikliklerin de şiddetinin iskemi süresiyle doğru orantılı olduğu eklenmiştir (7). Belirtilen bu postiskemik kas ödeminin oksidatif stresi azaltan allopurinol ve E vitamini gibi antioksidan maddelerle önlenebileceği öne sürülmüştür (1). Klinik yönden bakıldığında bu çalışmaların verileri ile postiskemik reperfüzyonun yolaçtığı değişikliklerin turnike uygulaması öncesi antioksidanlar kullanılarak önlenebileceği düşüncesi ortaya çıkmaktadır.

Turnike uygulamasının yapısal düzeydeki komplikasyonlarının yanında klinik olarak da önemli komplikasyonları vardır. Bunlar; turnike ağrısı, paraliz, tendon rüptürü, pulmoner embolizm ve genel anestezi sırasında vücut ısısında artma, taşikardi ve hipertansiyondur (9, 15). Ayrıca turnike kullanımının gerek üst, gerekse alt ekstremitelerde postoperatif ağrı şiddetini artıran önemli bir faktör olduğu ve turnikeli turnikesiz farkının özellikle 30 yaş üzerinde ve daha az önemli olarak da erkek hastalarda daha belirgin olduğu gözlenmiştir. Turnike süresi uzadıkça postoperatif ağrı şiddetinde hafif artış, analjeziklere verilen yanıtta hafif düşüş belirlenmiştir (13). 50 yaş altındaki sağlıklı bir erişkin için önerilen maksimum turnike süresi üst ekstremiteler için 1 saat, alt ekstremiteler için 1.5 saattir. Yeterli hemostaz sağlayan havali turnike basınçları ise üst ekstremiteler için 135-225 mmHg, alt ekstremiteler içinse 175-305 mmHg arasındadır (6). Belirtilen bu süre ve basınçlara uyulması klinik olarak komplikasyonların önlenmesi açısından önemlidir.

Sonuç olarak turnike uygulamasını distaldeki iskelet kaslarında ince yapı düzeyinde önemli değişikliklere yol açmaktadır. Bu değişikliklerin derecesi süre uzadıkça ve özellikle de 1 saatin üzerindeki uygulamalarda daha da artmaktadır. Turnikenin aslında oldukça tehlikeli bir alet olduğu ve çok dikkatli kullanılması gerekliliği akıldan çıkarılmamalıdır.

### Kaynaklar

1. Appell HJ, Duarte JA, Glöser S, et al: Administration of tourniquet. II. Prevention of postischemic oxidative stress can reduce muscle edema. *Arch Orthop Trauma Surg* 116: 101-105, 1997.
2. Appell HJ, Glöser S, Duarte JAR, Zellner A, Soares JMC: Skeletal muscle damage during tourniquet-induced ischemia: The initial step towards atrophy after orthopaedic surgery? *Eur J Appl Physiol* 67: 342-347, 1993.
3. Artacho-Perula E, Roldan-Villalobos R, Vaamonde-Lemos R: Capillary and fiber size interrelationships in regenerating rat soleus muscle after ischemia: A quantitative study. *Acta Anat* 142: 70-76, 1991.
4. Blaisdell T, Steele M, Allen R: Management of acute lower extremity arterial ischemia due to embolism and thrombosis. *Surgery* 84: 822-834, 1978.
5. Blebea J, Kerr JC, Shumko JZ, Feinberg RN, Hobson II RW: Quantitative histochemical evaluation of skeletal muscle ischemia and reperfusion injury. *J Surg Res* 43: 311-321, 1987.
6. Crenshaw AH: Surgical techniques. In: Crenshaw AH, ed. *Campbell's Operative Orthopaedics* St. Louis, etc: Mosby Year Book, Vol 1: 3-22, 1992.
7. Duarte JA, Glöser S, Remiao F, et al: Administration of tourniquet. I. Are edema and oxidative stress related to each other and to the duration of ischemia in reperfused skeletal muscle. *Arch Orthop Trauma Surg* 116: 97-100, 1997.
8. Duran WN, Dillon PK: Effects of ischemia-reperfusion injury on microvascular permeability in skeletal muscle. *Microcirc Endothelium Lymphatics* 5: 223-239, 1989.
9. Hagenouw RRP, Bridenbaugh PO, van Egmond J, Stuebing R: Tourniquet pain: A volunteer study. *Anesth Analg* 65: 1175-1180, 1986.
10. Harris K, Walker PM, Mickle DAG, et al: Metabolic response of skeletal muscle to ischemia. *Am J Physiol* 250: H213-H220, 1986.
11. Idström JP, Soussi B, Elander A, Bylund-Fellenius AC: Purine metabolism after invivo ischemia and reperfusion in rat skeletal muscle. *Am J Physiol* 258: H1668-H1673, 1990.
12. Nylander G, Nordström H, Franzen L, Henriksson KG, Larsson J: Effects of hyperbaric oxygen treatment in postischemic muscle: A quantitative morphological study. *Scand J Plast Reconstr Hand Surg* 22: 31-39, 1988.
13. Ömeroğlu H, Günel U, Biçimoğlu A, Tabak AY, Uçaner A, Güney Ö: Travma cerrahisinde turnike kullanımının postoperatif ağrı şiddeti üzerine etkisi. *Acta Orthop Traumatol Turc* 31: 129-134, 1997.
14. Ömeroğlu S, Erdoğan D, Ömeroğlu H: Effects of single high dose vitamin D3 on fracture healing: An ultrastructural study in healthy guinea pigs. *Arch Orthop Trauma Surg* 116: 37-40, 1997.
15. Tetzlaff JE, Yoon HJ, Walsh M: Regional anesthetic technique and the incidence of tourniquet pain. *Can J Anaesth* 40: 591-595, 1993.

Yazışma adresi:  
Op. Dr. Hakan Ömeroğlu  
Turgut Reis Caddesi 54/8  
06570 Ankara, Türkiye