



**T.C.
MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EKLEM KIKIRDAKTAKİ BASKI ETKİSİNİN
LAZER TARAMALI KONFOKAL MİKROSKOP
İLE İNCELENMESİ**

Ali ARIKANOĞLU

**Danışman:
Doç. Dr. Ekrem ÇİÇEK**

**Nisan, 2013
BURDUR**

**EKLEM KIKIRDAKTAKI BASKI ETKİSİNİN
LAZER TARAMALI KONFOKAL MİKROSKOP
LE İNCELENMESİ**

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Fizik Anabilim Dalı

Ali ARIKANOĞLU

Danışman:

Doç. Dr. Ekrem ÇİÇEK

Nisan, 2013

BURDUR



YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

ALİ ARIKANOĞLU tarafından DOÇ. DR. EKREM ÇİÇEK yönetiminde hazırlanan "EKLEM KIKIRDAKTAKİ BASKI ETKİSİNİN LAZER TARAMALI KONFOKAL MİKROSKOP İLE İNCELENMESİ" başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

15/03/2013

Doç. Dr. Ahmet KILIÇ

Ankara Üniversitesi

Başkan

Doç. Dr. Ekrem ÇİÇEK

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Erdal ARAS

Gazi Üniversitesi

Jüri Üyesi

ONAY

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun tarih ve Sayılı kararı ile kabul edilmiştir

Doç. Dr. Songül ŞEN GÜR SOY

Enstitü Müdürü

Fen Bilimleri Enstitüsü

Ç NDEK LER

	<u>Sayfa</u>
Ç NDEK LER	i
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
TE EKKÜR	viii
EK LLER D Z N	ix
Ç ZELGELER D Z N	xiii
1. G R	1
1.1. Kıkırdak Dokusu	2
1.1.1. Kıkırdak Dokusunun Yapısı Özellikleri ve Çe itleri	2
1.1.1.1. Hiyalin Kıkırdak	3
1.1.1.2. Elastik Kıkırdak	4
1.1.1.3. Fibröz Kıkırdak	4
1.1.2. Eklem Kıkırda ı	4
1.2. Lazer Taramalı Konfokal Mikroskopu	7
1.2.1. Konfokal Mikroskopun Tarihsel Geli imi	8
1.2.2. Konfokal Mikroskop Prensipleri	9
1.3. ImageJ Yazılımı	11
1.3.1. Program Ara Yüzü ve Menü levleri	12

1.3.2. ImageJ Yazılımında Seçim	14
1.3.3. Menü Çubu u	15
1.3.3.1. Dosya Menüsü	15
1.3.3.1.1. Yeni	15
1.3.3.1.2. Aç	16
1.3.3.1.3. Örnekleri Aç	16
1.3.3.1.4. Ekle	17
1.3.3.1.5. Kapat	20
1.3.3.1.6. Kaydet	21
1.3.3.1.7. Farklı Kaydet	21
1.3.3.1.8. Dönmek	22
1.3.3.1.9. Sayfa Düzeni	22
1.3.3.1.10. Yazdır	23
1.3.3.1.11. Çıkı	24
1.3.3.2. Düzen	24
1.3.3.2.1. Geri Al	24
1.3.3.2.2. Kes	24
1.3.3.2.3. Kopyala	24
1.3.3.2.4. Yapı tır	25
1.3.3.2.5. Temizle	25
1.3.3.2.6. Dı ı Temizle	25
1.3.3.2.7. Doldur	25

1.3.3.2.8. Çiz	26
1.3.3.2.9. Tersine Çevir	26
1.3.3.2.10. Seçim	26
1.3.3.2.11. Seçenekler	27
1.3.3.3. Görüntü Menüsü	33
1.3.3.3.1. Tip	33
1.3.3.3.2. Ayar	33
1.3.3.3.3. Bilgi Göster	34
1.3.3.3.4. Renk	35
1.3.3.3.5. Yı nlar	35
1.3.3.3.6. Kırpma	37
1.3.3.3.7. Kopyasını Çıkar	37
1.3.3.3.8. Ölçek	37
1.3.3.3.9. Çevir	38
1.3.3.3.10. Arama Tabloları	39
1.3.3.4. lemler Menüsü	40
1.3.3.4.1. Yumu atma	40
1.3.3.4.2. Keskinle tir	40
1.3.3.4.3. Kenarları Bul	41
1.3.3.4.4. Kontrastı Arttır	42
1.3.3.4.5. Gürültü	43
1.3.3.4.6. Gölge	46

1.3.3.4.7. Siyah ve Beyaz	47
1.3.3.4.8. Matematik	47
1.3.3.4.9. FFT	51
1.3.3.4.10. Filtreler	53
1.3.3.4.11. Görüntü Hesap Makinesi	55
1.3.3.4.12. Arka Plan Çıkarma	57
1.3.3.4.13. Tekrar Komutu	58
1.3.3.5. Analiz	58
1.3.3.5.1. Ölçme	58
1.3.3.5.2. Parça Analizi	59
1.3.3.5.3. Özetle	60
1.3.3.5.4. Ölçümleri Ayarla	60
1.3.3.5.5. Ölçek Belirle	63
1.3.3.5.6. Kalibrasyon	63
1.3.3.5.7. Histogram	64
1.3.3.5.8. Yazdırma Profili	64
1.3.3.5.9. Yüzey Yazdırma	64
1.3.3.5.10. Araçlar	64
1.3.3.6. Eklentiler	65
1.3.3.7. Pencere	66
1.3.3.7.1. Hepsini Göster	66
1.3.3.7.2. Öne Getir	66

1.3.3.7.3. Kademeli Diz	66
1.3.3.7.4. Dö eme	66
1.4. Literatür Özeti	67
2. MATERYAL ve YÖNTEM	69
3. ARA TIRMA BULGULARI	84
4. TARTI MA ve SONUÇ	88
5. KAYNAKLAR	96
ÖZGEÇM	99

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

EKLEM KIKIRDAKTA K BASKI ETKİSİNİN LAZER TARAMALI KONFOKAL MİKROSKOP İLE İNCELENMESİ

Ali ARIKANO LU

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Eklem kıkırdak hareket esnasında yüksek ve tekrarlayan baskılara maruz kalan bir dokudur. Eklem kıkırdak yapısı ve bileiminin düzenlenmesinde kondrositler üzerindeki mekanik kuvvetler etkilidir. Eklem kıkırdak tip II kollajen ve proteoglikanlardan oluşan bir ekstrasellülmatrikse sahiptir. Farklı baskıların olduğu bölgeler arasında eklem kıkırdak mikroyapısı farklıdır. Kondrositlerin yapılarındaki farklılıkların gözlenmesi bölgesel mekanik özelliklerin belirtisi olabilir. Bu çalışmada, lazer taramalı konfokal mikroskop görüntüleme tekniği ile sırt eklem kıkırdakının kondrositlerinde baskı sonucu oluşan deformasyon incelenmiştir. Eklem kıkırdakta kondrositlerin ekellerindeki morfolojik değişiklikler, kondrositlerin yönelimi ve daireselliği ImageJ ile ölçülmüştür. Doğal baskının eklem kıkırdak morfolojik yapısına etkisi erken kıkırdak hastalıkları çalışmalarını için kullanılabılır.

Anahtar Kelimeler: Eklem kıkırdak, baskı etkisi, lazer taramalı konfokal mikroskop, ImageJ.

Danı man: Doç. Dr. Ekrem ÇEK, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INVESTIGATION OF ARTICULAR CARTILAGE LOADING EFFECT BY CONFOCAL LASER SCANNING MICROSCOPY

Ali ARIKANO LU

Mehmet Akif Ersoy University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Physics

Articular cartilage is a loading carriage tissue which is exposed to high and repeated mechanical forces during movement. The structure and combination of the articular cartilage is regulated by mechanical forces acting on the chondrocytes. Articular cartilage has an extracellular matrix composed of type II collagen fibrils and proteoglycans. Articular cartilage microstructure varies between regions of different pressure. The variations in chondrocyte structure observed may be significant to the local mechanical properties. In this study, confocal laser scanning microscopy imaging technique has been used to investigate the load induced deformation of the chondrocytes in bovine articular cartilage. The morphological changes of the chondrocyte shapes, chondrocyte orientation and circularity in articular cartilage were measured by ImageJ. The natural loading effects in articular cartilage's morphological structure could be useful for early diseased cartilage studies.

Keywords: Articular cartilage, loading effect, confocal laser scanning microscopy, ImageJ.

Advisor: Ekrem Ç. ÇEK, Mehmet Akif Ersoy University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Physics

TE EKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve önerileri ile bana yol gösteren, yardım ve desteğini hissettiğim Danışman Hocam Sayın Doç. Dr. Ekrem Ç. ÇEK'e,

Fizik Anabilim Dalı öğretim üyelerine, Fen Bilimleri Enstitüsünün değerli çalışanlarına,

Manevi desteklerini esirgemeyen tüm arkadaşlarıma,

Hayatımın her aşamasında yanımda olan, desteklerini hep hissettiğim aileme, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ali ARIKANO LU

BURDUR, 2013

EKLER DİZİNİ

	Sayfa
ekil 1.1. Kıkırdak Doku	2
ekil 1.2. a: Hiyalin kıkırda ın ematik gösterimi. b: Elastik kıkırda ın ematik 3 gösterimi. c: Fibröz kıkırda ın ematik gösterimi.	
ekil 1.3. Kollajen lifler ve kondrositlerin görünümü.	6
ekil 1.4. Konfokal lazer taramalı mikroskop.	7
ekil 1.5. a: Konfokal mikroskobun ematik gösterimi. b: Konfokal mikroskobun ematik gösterimi.	10
ekil 1.6. Numunenin sabit oldu u konfokal mikroskop tasarımı.	11
ekil 1.7. ImageJ yazılımında pencereler.	13
ekil 1.8. ImageJ penceresi ve bile enleri.	14
ekil 1.9. ImageJ penceresindeki araçlar.	15
ekil 1.10. Menü çubu undan File/New komutu verildi inde açılan ileti im kutusu.	16
ekil 1.11. Görüntü serisi komutu çalıştırdıktan sonra açılacak olan görüntü özelliklerinin ayarlandı ı ileti im penceresi.	17
ekil 1.12. Açılmak istenen imajın özelliklerinin girildi i ileti im penceresi.	20
ekil 1.13. Sayfa düzeni ayar menü görünümü.	23
ekil 1.14. Seçim menüsü kullanılarak yapılan bazı seçimlere örnek.	27
ekil 1.15. a: Çizgi kalınlı ının ayarlandı ı menü. b: Farklı kalınlıklarda çizilen örnek	28
ekil 1.16. Giri çıkı menü görünümü.	28
ekil 1.17. Yazdırma profili seçenekleri görünümü.	29
ekil 1.18. Nokta aracı penceresi.	30
ekil 1.19. Çevrimler ileti im penceresi.	31

ekil 1.20. Hafızanın menü penceresi.	31
ekil 1.21. Çe itli menüsü görünümü.	32
ekil 1.22. Bilgi göster penceresi.	34
ekil 1.23. Renk seçici	35
ekil 1.24. Ölçek penceresi.	38
ekil 1.25. Çevirme için açı de erinin girildi i ileti im penceresi.	39
ekil 1.26. a: Görüntünün orjinal hali. b: Smooth i lemi yapıldıktan sonraki hali.	40
ekil 1.27. a: Görüntünün orjinal hali. b: Sharpen i lemi yapıldıktan sonraki hali.	41
ekil 1.28. a: Görüntünün orjinal hali. b: Sobel kenar tespit i lemi yapıldıktan 41 sonraki hali.	
ekil 1.29. Kontrast ayarlarının yapıldı ı pencere.	42
ekil 1.30. a: Görüntünün orjinal hali. b: kontrast ayarı yapıldıktan sonraki hali.	43
ekil 1.31. a: Orjinal görüntü b:Add noise fonksiyonu kullanılarak gürültü eklenen görüntü.	44
ekil 1.32. a: Orjinal görüntü b: Salt andpepper fonksiyonu kullanılarak gürültü eklenen görüntü.	45
ekil 1.33. a. Orjinal görüntü b: Salt and pepper fonksiyonu kullanılarak gürültü eklenen görüntünün despeckle fonksiyonu kullanılarak temizlenen hali.	46
ekil 1.34. a: Gölge efekti yok. b: Üste gölge efekti c: Alta gölge efekti ç: Sa a gölge efekti d: Sola gölge efekti.	46
ekil 1.35. Binary menüsü kullanılarak görüntülerde yapılan de i iklikler.	47
ekil 1.36. Dü ük frekans filtrelemeye örnekler.	51
ekil 1.37. Çekirdek bilgi içeren matrise örnek.	53
ekil 1.38. Görüntü hesaplama menüsü ileti im penceresi.	56

ekil 1.39. Görüntü hesap makinesi menüsünden yapılan işlemler sonucu elde edilen görüntülere örnek.	56
ekil 1.40. Arka plan çıkarma menüsü iletişim penceresi ve bu komut ile oluşturulan görüntüye örnek.	57
ekil 1.41. Parça analizi ayarları iletişim penceresi.	59
ekil 1.42. Ölçümleri ayarla iletişim penceresi.	61
ekil 1.43. Ölçek belirle iletişim penceresi.	63
ekil 2.1. Eklem yüzeyinden alınan örneklerin bölgeleri	69
ekil 2.2. A bölgesinden alınan örnekten, a'dan j'ye farklı derinliklerden elde edilen görüntüler.	70
ekil 2.3. B bölgesinden alınan örnekten, a'dan j'ye farklı derinliklerden elde edilen görüntüler.	71
ekil 2.4.1. C bölgesinden alınan örnekten, a'dan l'ye farklı derinliklerden elde edilen görüntüler	72
ekil 2.4.2. C bölgesinden alınan örnekten, m'den u'ya farklı derinliklerden elde edilen görüntüler	73
ekil 2.5.1. D bölgesinden alınan örnekten, a'dan l'ye farklı derinliklerden elde edilen görüntüler.	74
ekil 2.5.2. D bölgesinden alınan örnekten, m'den a1'e farklı derinliklerden elde edilen görüntüler.	75
ekil 2.5.3. D bölgesinden alınan örnekten, a2'den a4'e farklı derinliklerden elde edilen görüntüler.	76
ekil 2.6.1. E bölgesinden alınan örnekten, a'dan l'ye farklı derinliklerden elde edilen görüntüler.	77
ekil 2.6.2. E bölgesinden alınan örnekten, m'den u'ya farklı derinliklerden elde edilen görüntüler.	78

ekil 2.7. Görüntüleri açmak için kullanılan menü.	79
ekil 2.8. Görüntüyü renklendirmek için kullanılan menü.	79
ekil 2.9. MargeChannels ileti im penceresi.	80
ekil 2.10. Göyüntüyü siyah beyez yapmak için kullanılan menü.	80
ekil 2.11. Image - Adjust - Threshold menüsü ileti im penceresi	81
ekil 2.12. Analyze Set Measurements menüsü.	81
ekil 2.13. Analyze Set Measurements menüsü ileti im penceresi.	82
ekil 2.14. Anelyze - AnalyzeParticle menüsü.	82
ekil 2.15. Analyze - AnalyzeParticle menüsü ileti im penceresi.	83
ekil 4.1. A, B, C, D ve E bölgenin farklı kesitlerinden alınan görüntüler.	89
ekil 4.2. Yapılan ölçümlerdeki uzun eksen (Major) de erlerine ait grafik.	90
ekil 4.3. Yapılan ölçümlerdeki kısa eksen (Minor) de erlerine ait grafik.	91
ekil 4.4. Yapılan ölçümlerdeki uzun eksenin kısa eksene oranı de erlerine ait grafik.	92
ekil 4.5. Yapılan ölçümlerdeki dairesellik de erlerine ait grafik.	92
ekil 4.6. Yapılan ölçümlerdeki alan de erlerine ait grafik.	93
ekil 4.7. Yapılan ölçümlerdeki açı de erlerine ait grafik.	93
ekil 4.8. Her bölgedeki hücrelerin ekilleri.	94
ekil 4.9. Menüsküs dokusu.	95

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. A bölgesinden alınan ölçüm sonuçları.	84
Çizelge 3.2. B bölgesinden alınan ölçüm sonuçları.	85
Çizelge 3.3. C bölgesinden alınan ölçüm sonuçları.	85
Çizelge 3.4. D bölgesinden alınan ölçüm sonuçları.	86
Çizelge 3.5. E bölgesinden alınan ölçüm sonuçları.	87
Çizelge 3.6. Tüm bölgeler için ortalama değerler.	87

1. G R

Eklemlerde çok fazla iyileme yeteneğine sahip olan bir doku değildir. Eklemlerdeki fonksiyonu gerektiren hareket ve dokunun bozulması çok sıklıkla görülür.

Eklemlere hareketli olma özelliğinden dolayı kırıldak bir hasar vücutta ciddi problemlere sebep olacaktır. Toplumda yaygın olarak görülen hastalıklar diz ve kalça eklem başlıklarındaki kırıldak dokunun bozulmasıdır.

Herhangi bir nedenle kırıldak dokunun bozulması, bu dokunun iyileme kabiliyetinin çok kısıtlı olmasından dolayı ciddi sorunlara sebep olmaktadır. Kırıldak dokunun iyilemeyle ilgili sorunu "hasar gördüğü zaman hiç bir zaman iyilemez" William Hunter'ın 1743'de söylediği bu sözle ne kadar ciddi bir olay olduğunu anlayabiliyoruz (Hunter, 1743).

Eklemlerdeki görevi eklem yüzeyini kaplayarak yapısının yumuşak, esneyebilir ve kaygan oluştuktan dolayı hareket için eklem yüzeylerine uygun ortam sağlamaktadır. Eklem yüzeyleri yaşam boyunca mekanik kuvvetlere maruz kalması dokuyu uyararak dokunun sağlıklı kalmasını sağlar (Stockwell, 1991 ;Bilge, 2009).

Eklemlerdeki biyomekanik özellikleri ve dayanıklılığı öncelikle tip II kollajen liflerin iyi organize olmasına bağlıdır (Benninghoff, 1925 ;Bullough ve Goodfellow, 1968).

Yapısının esneyebilir oluştuktan dolayı uygulanan basınçlara belirli bir seviyeye kadar direnebilir. Uygulanan basınç dayanabileceği bu seviyeden daha yükseklerde olursa dokuya hasar vermeye başlar.

Bu çalışmada doğal mekanik kuvvete maruz kalmış kırıldak dokuda hücresel olarak değişimleri ve eklem yüzeyindeki hangi bölgelerde daha çok bozulma olduğunu inceleyeceğiz.

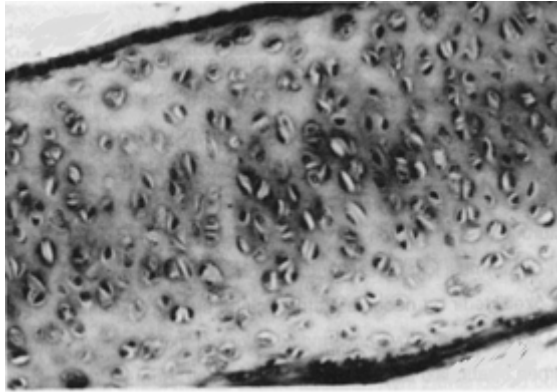
1.1. Kıkırdak Dokusu

1.1.1. Kıkırdak Dokusunun Yapısı Özellikleri ve Çe itleri

Kıkırdak ba dokusunun özel bir çe ididir. Bu doku belirli bir viskositeye ve esnekli e sahiptir (Miller, 2008).

Bu yapısı ile eklem yüzeylerinde, solunum sisteminde ve yumu ak dokunun korunmasında ve uzun kemiklerin uçlarında kemik geli iminde rol alır (Murathano lu, 1996 ; Junqueira ve Carneiro, 2005; Akay, 2006).

ekil 1.1.'de görüldü ü gibi kıkırdak dokunun üst ve altında perikondrium arada ise matris ve kıkırdak hücreleri bulunmaktadır.



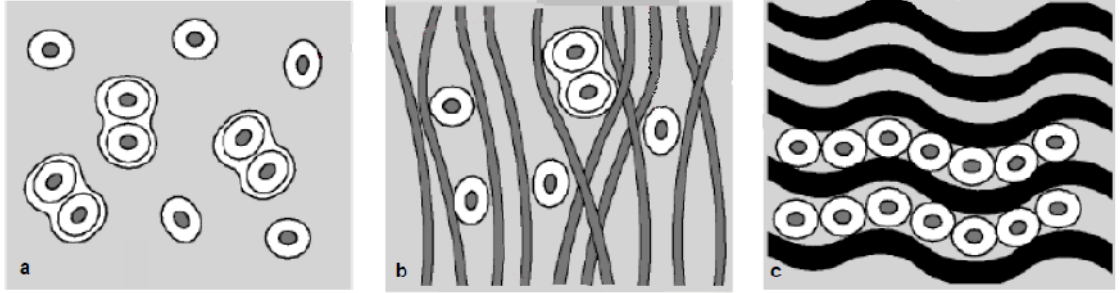
ekil 1.1. Kıkırdak doku.

Olgun kıkırdak yapısı olu tuktan sonra, normal eri kin eklem kıkırda mının onarım kapasitesi son derece dü üktür (Chen ve di ., 2001 ; Xia ve di ., 2003).

Kıkırdak dokusunda sinir dokusu, damar ve lenfatik olmaması yani avasküler yapıya sahip olması bu dokunun iyile me kabiliyetini kısıtlamaktadır.

Perikondrium kıkırda in etrafını sararak kıkırda a avasküler bir ortam sa lamaktadır. Dokuyu olu turan hücrelerin beslenmesi matrinden difüzyon ile olur.

Kıkırdak doku üç grupta incelenebilir, bu gurupların olu ması matris bile imindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır (T1 lı, 2009).



ekil 1.2. a: Hiyalin kıkırda in ematik gösterimi. b: Elastik kıkırda in ematik gösterimi. c: Fibröz kıkırda in ematik gösterimi (T1 lı, 2009).

1.1.1.1 Hiyalin Kıkırdak

Hiyalin kıkırdak en yaygın görülen kıkırdak türüdür. Canlının embriyo döneminde iskelet görevi yaparak geli imin devamında kıkırdak doku yerini kemikdoku alır ve kemik için büyüme bölgesi olu turur. Bunun yanında solunum sistemi, eklem yüzeylerinde ve kaburgada görev yapar. Makro boyutlarda görüntü olarak camsı bir görünüme sahiptir.

1.1.1.2. Elastik Kıkırdak

Hiyalin kıkırdak a oldukça benzer bir yapıya sahiptir. Hiyalin kıkırdaktan farklı olarak matrisinde elastik liflerin bulunmasıdır. Elastik kıkırdak i itme sisteminde bulunur. Bu kıkırdak çe idinde kalsifikasyon görünmez.

1.1.1.3. Fibröz Kıkırdak

Hiyalin ve elastik kıkırdak gibi bir perikondriyum yoktur. Bu kıkırdak türünde kollojen fiberleri vardır ve kondrositler bu fiberler do rultusunda yerle mi tir.

Ba dokusu ile hiyalin kıkırdak arasında (intervertebral disklerde, dizin artikular disklerinde, menüsküs ve tendonların kemikle birle ti i bölgelerde) bulunur (Tı lı, 2009).

1.1.2. Eklem Kıkırda ı

Yapısal bile enleri kondrositler, su ve hücre dı ı matristir. Eklem kıkırda ı kıkırdak çe idi olarak hiyalin kıkırdaktır. Di er kıkırdak dokularında oldu u gibi eklem kıkırdakta avasküler yapıya sahiptir (Miller, 2008). Osmotik basıncı di er dokulara nispeten daha yüksektir (Hall ve di .,1996). Bu özellik eklem kıkırda ına suyu tutma özelli i kazandırmaktadır. Eklem kıkırda ın % 65-80 'ini su olu turur (Bilge, 2009).

Eklem kıkırda ında perikondriyum bulunmamaktadır. Eklem kıkırda ı ihtiyacı olan maddeleri difüzyon yoluyla sinovial sıvıdan almaktadır (Junqueira ve Carneiro., 2005).

Kıkırdak dokusu katı ve sıvı bile enlerden oluşmaktadır. Kıkırda uygulanan yük kıkırdaktaki katı bile enlerdeki gerilmeyle, sıvı bile enlerde basınçla dengelenmektedir (Hunziker ve di ., 2002 ; Wong ve Carter., 2003).

Kondrositler uygulanan yüke fiziksel bir cevap vermez (Huselstein ve di ., 2008). Kondrositlerin bu kuvvetlere cevabı, kollajenler, proteinler gibi matris bile enlerinin sentezini veya yıkımını başlatacak biyokimyasal işlemlerdir.

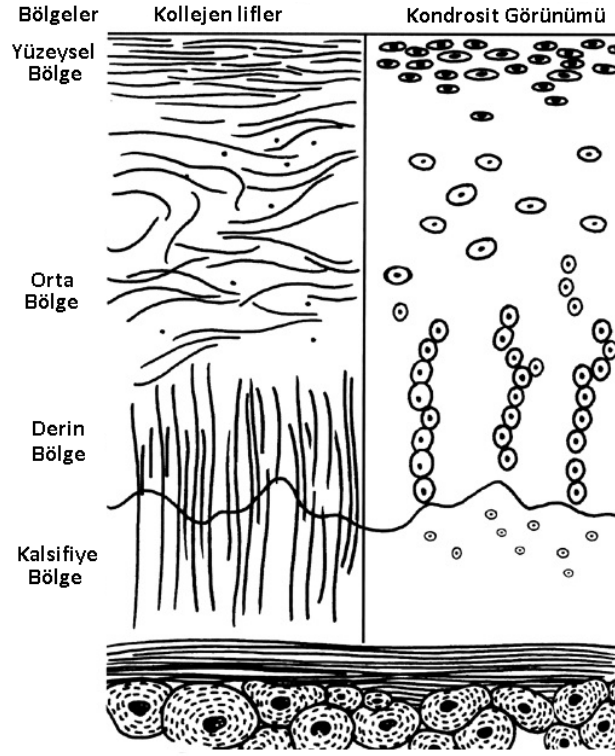
Eklem hareketsizliği ve yüklenmedeki azalma kondrositlere uyarı gelmemesi durumunu ortaya çıkarır ve yapım yavaşlar bu durumda yıkımı hızlandırır olur (Wollheim, 2003)

Eklemdeki yüke bağlı olarak doku içinde sıvı ve elektrik akımları ve basınç dengelenmek için çeşitli gerilme kuvvetleri ortaya çıkar. Yükün büyüklüğü gerilme kuvveti tarafından karşılanamayacak kadar büyükse hücre ve matris bozulması olur (Lee ve di ., 2003).

Normal eklemlerde eklem kıkırda kalınlığının %40'ına düşünceye kadar sıkılaşabilir (Tune, 1994).

Kıkırdak dokusunun bozulmasında önemli bir etken de mekanik zorlanmalardır (Buckwalter ve di ., 2006 ; Brandt ve di ., 2008).

Eklem kıkırdak dört bölgeden oluşur. Doğum sonrası oluşan bu bölgeler endokondral gelişme süreçlerinin sonucudur (Schenk ve di ., 1986 ; Kaab ve di ., 1998). Eklem kıkırda yüzeysel, orta, derin ve kalsifiye olarak bölgelere ayrılabiliriz. Eklem kıkırda matik olarak bölgeleri ekil 1.3.'deki gibidir.



ekil 1.3. Kollejen lifler ve kondrositlerin görünümü (Browne ve Branch, 2000).

Yüzeysel bölgede lifler ve kondrositler yüzeye paraleldir. Kondrositlerin boyutları küçük ve yoğunluktan azdır. Orta bölgede lifler yüzeye göre daha kalın ve düzensizdir. Kondrositler ise yüzeye göre daha yuvarlak ve büyüktür. Su yoğunluğu bu bölgede daha azdır. Derin bölgede lifler yüzeye göre daha kalın ve yüzeye dik ekillenmiştir. Kondrositler orta bölgeye benzer şekilde daha yuvarlaktır. Bu bölgede kondrositlerin yerleşimi lifler doğrultusunda yüzeye dik sıralanmışlardır. Kalsifiye bölge kemiğe en yakın bölgedir ve iyi bir şekilde yapılmıştır. Kondrositler daha küçüktür ve derin bölgeye benzer şekilde yüzeye dik sıralanmışlardır (Alemdar, 2010).

1.2. Lazer Taramalı Konfokal Mikroskopu

Lazer taramalı konfokal mikroskopun temelleri 1980'li yılların başına dayanır (Shepperd ve Shotton, 1997). Lazer Taramalı konfokal mikroskoplar, geleneksel optik mikroskopların gelişimi teknolojik cihazlarla geliştirilmiştir.



ekil 1.4. Konfokal lazer taramalı mikroskop (Anonim, n.d.).

Lazer taramalı konfokal mikroskopların öne çıkan özelliklerinden birisi de ince örneklerden görüntü alabilmesidir. Kalınlıkları $100\mu\text{m}$ 'ye kadar olan örneklerden bu mikroskop ile görüntü alınabilir. Bu özelliğinden dolayı biyoloji ve tıbbi konularda ihtiyaç duyulmaktadır. Öne çıkan diğer önemli özellikleri üçlü odaklama yapabilmesidir. Noktasal ışık, cisim sadece bir düzlemde odaklanır. Nokta tarama, odaklanan bu noktadan geri yansıyan fotonlar çok küçük bir delikten geçirilerek nokta tarama yapılır. Nokta algılama, lazerin numune ile etkilemesiyle numuneden yayılan fotonlar foton-çöktürücüler ile çöktürüldükten sonra detektör tarafından elektrik sinyallerine çevrilir son olarak sayısal verilere çevrilerek bilgisayar yazılımlarıyla görüntülenebilecek hale gelir (Akkan, 2009).

Üç boyutta tarama yapabilme yetene i olmasından dolayı incelenecek cismin üç boyutlu görüntüsü olu turulabilir. Böylece ara tırmacıya daha gerçekçi bir görüntü sunarak iyi bir inceleme yapmasına imkan tanır.

Mikroskobun en önemli özelli i odak-dı ı görüntülerin ortadan kaldırabilmesidir (Uçak, 2008). Böylece belli bir kalınlıkta olan net görüntüler ortaya çıkar. Optik kesit olarak bilinen bir incelikte seri kesitlerin görüntüsü alınıp bilgisayar yazılımları ile bunların derlenmesiyle üç boyutlu görüntü elde edilebilir, bunun yanında zamanı da bir de i ken olarak dikkate alabilir ve görüntülerin zamana ba lı olarak de i imleri de izlenebilir.

1.2.1. Konfokal Mikroskobun Tarihsel Geli imi

Konfokal mikroskobun temelleri 1950 yılına dayanmaktadır. O zamanlar Harvard Üniversitesi'nde ileri doktora ö rencisi olan Marvin Minsky renksiz beyin hücrelerinin nöral ileti imlerini görüntülemeye çalı mı tır (Akkan ve di ., 2007).

Bu mikroskobun öncüsü Minsky çalı masında, küçük bir doku alanına aynı anda bir kondanser yardımı ile hem ı ık kayna ını hem de mikroskobun objektif lensini odaklamı tır. Mikroskop bu konumda keskin bir görüntü elde etmi tir. Bu mikroskobun ismi, ı ık kayna ı ve objektif lensinaynı odak noktayı kullanmasından gelmektedir (Minsky, 1988).

Bu çalı mayı takiben 1960 yılının sonlarında M. David Egger ve Mojmir Petron mikroskopta dönen bir disk kullanarak bir adım daha ileri götürdüler.Bu tasarım ile renksiz beyinhücreleri ve sinir uç noktalarını görüntülemeyi ba ardılar.

Bilgisayar sistemlerinin geli mesiyle 1980'lerde bu mikroskoplar bilgisayarlara adapte edilip bilgisayarlarla kontrol edilmeye ba lamı tır. Aynı dönemlerde geli en teknoloji ile ı ık kayna ı olarak lazer kullanılmaya ba landı (Akkan, 2009).

Minsky'nin patent süresi dolmasından sonra ba ka bilim adamları tarafından çalı ır hale getirildi. Taramalı konfokal mikroskobu alman fizikçi G. Fred

Brakenhoff geli tirdi. Colin Sheppard, Brakenhoff un çalı masına görüntü biçimlendirilmesi için teorikdestekte bulundu.

Bu cihazın, flüoresans boyalı hücrelerin incelenmesinde kullanılabilece i 1980'lerin sonunda Tony Wilson, Brad Amos, ve John White tarafından kullanılabilece i kanıtlandı(Akkan ve di ., 2007).

1987 yılında ilk ticari sürüm ortaya çıktıktan sonra 1990'larda tarama aynaları geli tirilmesi, lazerlerin güçlenmesi ve görüntülemenin daha iyi olması için lazer dalga boyları ile örtü en boyalar (florokrom boya) retilmeye ba lanması bir adım daha ileriye ta ıdı. Günümüzde ise optik de i ken filtreler (lazerin iddetini ve gelen ı ıkların dalga boylarını ayarlayan sistem) ilave edilmi tir. Bu kadar ileri teknoloji ile geli tirilse de merkez sistem olarak optik bir mikroskoptur (Claxton ve di .,2005).

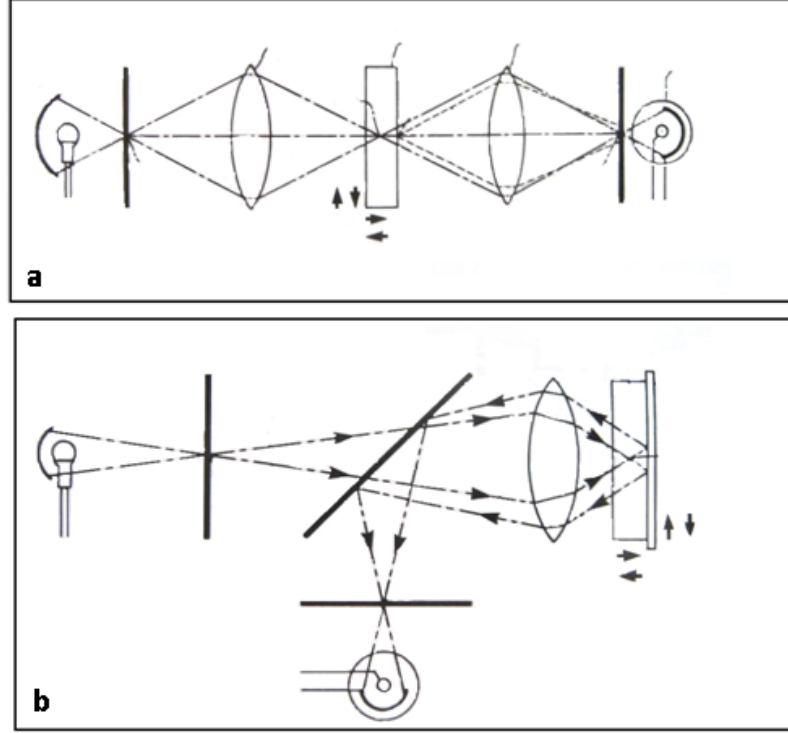
1.2.2. Konfokal Mikroskop Prensipleri

Lazer taramalı konfokal mikroskobun ematik olarak ekil 1.5'teki gibi gösterilebilir.

Bu mikroskopta kaynaktan çıkan ı ık üzerinde mikron mertebesinde bir delik bulunan ve pinhol denilen parçadan geçer. Pinholden çıkan ı ık odaklayıcı mercekle numune üzerinde incelenecek noktaya odaklanır. Numune üzerinden yayılan ı ık bir toplayıcı mercek ile ikinci bir pinhol üzerindeki noktaya d rlr. Buradaki ikinci pinhol numune üzerindeki incelenmek istenen noktalar dı nda kalan noktalardan yayılan ı ı ı geçirmez böylece daha net bir görüntü elde etmeye yarar. Görüntünün netli i için, gönderilen ı ı m numune üzerindeki flüoresan etkisinden kaynaklanan görüntü parazitlerini ortadan kaldıran filtrelerde kullanılmaktadır. kinci piholenden geçen ı ıklar detektöre geçer ve bilgisayar ve yazılımlar ile görüntüye çevrilir.

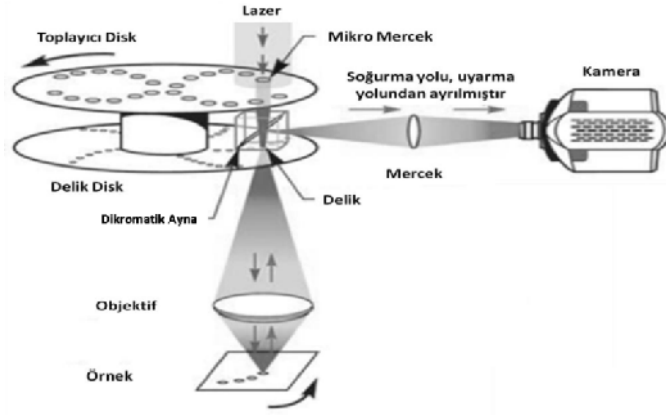
Lazer taramalı konfokal mikroskobun farklı tasarımları vardır. ekil 1.5.a'da sırası ile ı ık kayna ı, pinhol, odaklayıcı mercek, numune, toplayıcı mercek, pinhol ve detektör aynı do rultuda dizilmi tir. Bir ba ka tasarımda ekil 1.5.b'de ekil 1.5.a'dan farklı olan kısım kullanılan malzemelerin hepsi aynı do rultuda de ildir. Bu iki tasarım

arasında kullanılan malzemelerde farklıdır. ekil 1.5.b'de farklı olarak dikromatik ayna ve tek bir mercek kullanılmı tır.



ekil 1.5. a. Konfokal mikroskobun ematik gösterimi. **b.** Konfokal mikroskobun ematik gösterimi (Minsky, 1988).

Bu tasarımda da kaynaktan çıkan ı ık sırasıyla pinhol ve dikromatik aynadan geçerek numune önündeki mercekten numune üzerindeki incelenecek noktaya odaklanır. Buradaki mercek di er tasarımdan farklı olarak hem toplama hem de odaklama i levi yapmaktadır. Numuneden yansıyan ı ık tekrar bu mercek ile dikromatik aynaya gönderilir. Di er tasarıma benzer ekilde devam eder. Bu iki tasarımda da düzenek sabit kalıp numune hareket ettirilerek numunenin görüntüleri elde edilir.



ekil 1.6. Numunenin sabit olduğu konfokal mikroskop tasarımı (Akkan, 2009).

Üçüncü bir tasarımda ekil 1.6.'daki gibidir. Di erlerinden farkı bu düzenekte numune sabit tutulup üzerinde uygun aralıklarla delikler bulunan daire döndürülerek numune üzerine odaklanmı olur. Bu daireler iki katmandan oluşur. İlk katmana yerleştirilen mikro lensler lazerin numune üzerine odaklanmasını sağlar. Bu noktalardan geçen lazer dikromatik aynaya oradan da objektif vasıtasıyla numune üzerine düşer. Numuneden yansıyan lazer pinhollerden geçip dikromatik aynadan yandıktan sonra bir mercek ile detektöre düşer. Görüntü oluşturma işlemi diğer düzeneklerde olduğu gibi bilgisayar ve uygun yazılımlar ile sağlanır.

1.3. ImageJ Yazılımı

ImageJ yazılımı Mac OS X işletim sisteminde Java derleyicisi ile BBEdit editörü ve Ant yapı aracı ile Wayne Rasband tarafından yazılmıştır.

NIH Image tarafından geliştirilen bu yazılımın dağıtımları ücretsiz ve açık kaynak kodlu, Java tabanlı bir yazılımdır. Yazılım Mac OS, Mac OS X, Windows ve Linux işletim sistemlerinde çalışmaktadır. Bu görüntü işleme programı Java 1.1 veya Java sanal makinesi kurulu olan herhangi bir bilgisayarda çalışabilir.

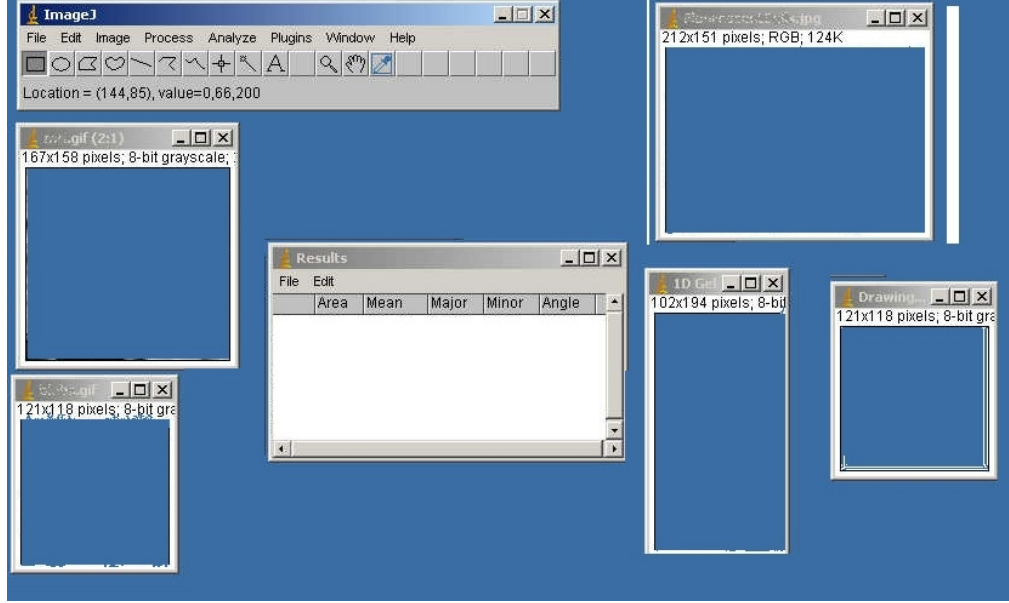
Yazılımın okuyabildiği dosya formatları TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM, FITS ve ham resim formatlarıdır. Bellek miktarına bağılı boyutta ve adette görüntü açabilir ve işleyebilir. Bir çok görüntünün tek bir pencerede bulunmasını görüntüleri destekler. Bu yazılım ile 8, 16 ve 32 bitlik görüntüleri görüntüleme, düzenleme, analiz, işleme, kayıt etme ve yazdırma işlemlerini yapabilir, kullanıcının tanımladığı görüntülerde, alan ve piksel değerlerinin uzaklıkları ve açıları ölçülebilir, yoğunluk histogramları ve çizgi profil planları oluşturulabilir. Bunun yanı sıra ölçeklendirme, döndürme gibi geometrik dönüşümleri yapabilir. Yoğunluk ve gri derece kalibrasyonu, program arayüzünde yapılan ölçümlerin gerçek dünya boyutlarına uygun olması için kalibrasyonu da mevcuttur. Görüntüler 32:1'e 1:32'e kadar yakınlaştırılabilir ve herhangi bir yaklaştırma oranlarında yazılımın bütün analiz ve işleme gibi fonksiyonları kullanılabilir.

Basit ve kullanılabildiği olması haricinde öne çıkan bir diğer özelliği de açık kaynak kodlu olduğundan dolayı içinde bulunan editör ve Java derleyicisi kullanılarak programın kullanıcı tarafından kullanıcının ihtiyaçlarına göre geliştirilebilir olmasıdır.

1.3.1. Program Arayüzü ve Menü İşlevleri

Programın arayüz penceresi sabit olup açılmak istenen görüntüler, ölçümler vb. işlemler ayrı pencerelerde gösterilir (ekil 1.7).

Programın ana arayüz penceresi olan ImageJ penceresinde menü çubuğu (menü bar), araç çubuğu (tool bar), durum çubuğu (status bar) ve ilerleme çubuğu (progress bar) bulunmaktadır (ekil 1.8).



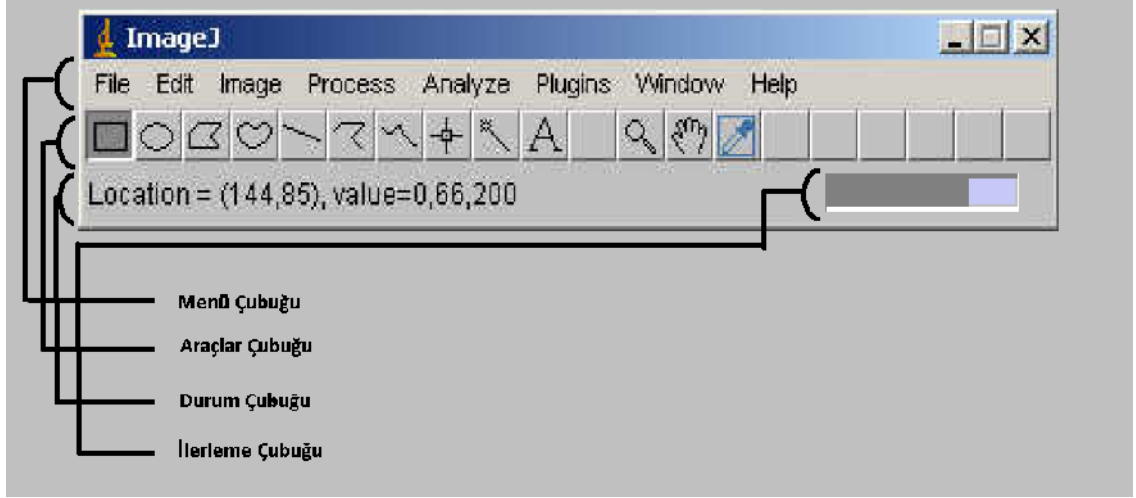
ekil 1.7.ImageJ yazılımında pencereler.

Menü çubuğunda kullanıcının programın tüm özelliklerine ulaşabileceği ve ayarları yapabileceği butonların olduğu kısım.

Araçlar çubuğu görüntü üzerinde de işlemlerle seçim yapmak, boyamak, yer değiştirme ve yaklaştırma yapmaya yarayan araçların bulunduğu kısım.

Durum çubuğu programın o andaki yaptığı işlem hakkında bilgi veren bir araçtır. Ayrıca görüntü üzerinde imlecin bulunduğu noktanın piksel koordinatlarını ve piksel değerlerini gösterir.

İlerleme çubuğu bir saniyeden daha uzun süren işlemler için ilerlemenin ne kadar ilerlediğini gösteren bir araçtır.



ekil 1.8.ImageJ penceresi ve bile enleri.

1.3.2. ImageJ Yazılımında Seçim

Görüntü üzerindeki alan seçimleri dikdörtgen, oval, poligonal ve serbest çizimler araçlar çubu undaki ekil 1.9.'daki sırası ile ilk dört buton kullanılarak yapılabilir. Durum çubu u seçimin yapıldı ı alan hakkında bilgi verir ve seçimler tıklayıp sürükleme ile ta inabilir. Ta ıma yerine dikdörtgen seçimlerin boyutlarını da de i tirebiliriz. Ta ıma ve boyut de i tirme sırasında da durum çubu unda bu seçili alanla ilgili de erler de i ir, bu de er seçilecek alanla ilgili bilgiler vererek kullanıcıya yardımcı olur. Uygun alan seçiminden sonra bu alanlarla ilgili ölçümler (Analyze/Measure), filtrelenebilir, doldurulabilir (Edit/Fill) ve çizdirilebilir (Edit/Draw).

Seçili alan çizgileri yerine seçimin içeri ini ta ımak için kopyalama (Edit/Copy) ve yapı tırma (Edit/Paste) yapılması gerekir.

Alan seçimi dı ında ekil 1.9.'daki 5., 6. ve 7. butonlar yardımıyla sırasıyla çizgi, aç ı, nokta ve çoklu nokta seçimleri de yapılabilir.



ekil 1.9. ImageJ penceresindeki araçlar.

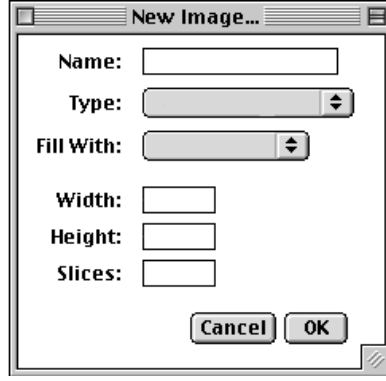
Bunun yanı sıra Edit/Draw menüsü ile de çizgiler çizilebilir ve bu seçimlerle ilgili ölçümler Analyze/Measure seçimi ile yapılır.

1.3.3. Menü Çubuğu

1.3.3.1. Dosya Menüsü

1.3.3.1.1. Yeni

Programda yeni bir görüntü veya yığın dosyası açmaya yarar. Bu komut butonuna tıklandığında açılacak olan görüntü veya yığın dosyasının özelliklerini belirlemek için ekil 1.10.'daki gibi bir iletişim kutusu açılır.



ekil 1.10. Menü çubu undan File/New komutu verildi inde açılan ileti im kutusu.

Bu ileti im kutsunda açılacak olan görüntü veya yı n dosyasının, Name (sim) yazan yere ismini, Type (Tip) yazan açılır menüden resmin 8 bit gri, 16 bit gri, 32 bit gri veya RGB olaca ı, Fill With (Doldurma) seçimi, Width (Geni lik) de eri, Height (Yükseklik) de eri belirlenir.

Fill With (Doldurma) menüsünden Clipboard Contents seçili ise Width (Geni lik) ve Height (Yükseklik) de erleri seçilemez. Yı n olu turmak için Slices (Kesit) de erinin belli bir de ere getirilmesi gerekiyor.

1.3.3.1.2. Aç

Programın kurulu oldu u makinede daha önceden TIFF, GIF, JPEG, DICOM, BMP, PGM veya FITS dosya biçimlerinde kayıtlı edilmis bir görüntünün ve ImageJ ve NIH Image arama tablolarını (".lut" uzantılı) yeni bir pencerede açmak için kullanılır.

1.3.3.1.3. Örnekleri Aç

ImageJ internet sitesinde bulunan örnek görüntüleri açmaya yarar.

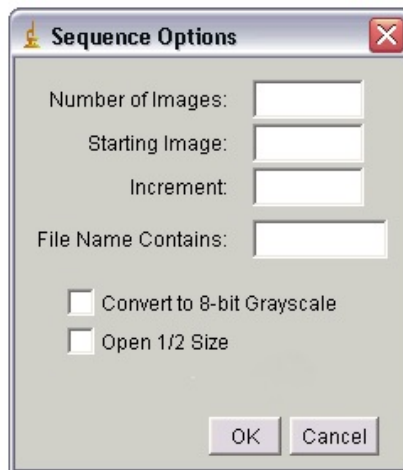
1.3.3.1.4. Ekle

ImageJ programının çalıştığı makinede ImageJ ile ilgili yüklü olan eklentileri gösterir.

- **Görüntü Serisi**

ImageJ programının çalıştığı makinede kayıtlı dosya tipleri TIFF, JPEG, DICOM, BMP, GIF, FITS veya PGM ekinde olan bir dizi görüntüyü yığın ekinde açar.

Bu komutu kullandığımızda karşımıza sırayla iki iletişim kutusu çıkar. İlk olarak açılacak yığın bulunduğuz dizini yazacağımız yer açılır. İkinci olarak ekil 1.11.'deki hangi görüntülerin hangi özellik ve ekinde açılacağını ayarlayabileceğimiz bir iletişim kutusu açılır.



ekil 1.11. Görüntü serisi komutu çalıştırdıktan sonra açılacak olan görüntü özelliklerinin ayarlandığı iletişim penceresi.

Number of Images (Görüntü Sayısı) kaç adet görüntünün açılacağı, Starting Image (Başlangıç görüntüsü) hangi görüntüden başlanacağı, Increment (Arttırım) ilk görüntüden sonra kaç aralıklarla görüntülerin açılacağını, File Name Contains (Dosya Adı İçeriği) yazılan dizi ile sadece ilgili diziyi içeren dosya isimlerini açar, Convert to 8-bit Grayscale (8 Bit Gri Biçime Çevir) 16 bit görüntüler için %50, 32 bit ve RGB görüntüleri için %75 oranında bellek tasarrufu yapmaya, Open ½ Size (Boyutu Yarı Oranda Aç) hafıza ihtiyaçlarını %75 oranında azaltmaya yarar.

- **Arama Tablosu**

Bu menü butonu NIH Image arama tablosu veya ham arama tablosu açmak için kullanılır ve açılmak istenen tablo 768 bayt uzunluğunda ve 256 kırmızı, 256 mavi, 256 yeşil renk içermek zorundadır.

- **Metin Görüntüsü**

Bu menü komutu tab-limitli metin dosyalarını 32 bit görüntü olarak açmaya yarar. Görüntünün boyutları (geniçlik ve yükseklik) dosyanın taranarak kelime ve satırların sayısına göre değişir.

- **Metin Dosyası**

Metin penceresi içinde kopyalama, kesme, kaydetme, silme, vb fonksiyonlarının bulunduğu bir metin dosyası açmak için kullanılır.

- **Evrensel Kaynak Bulucu**

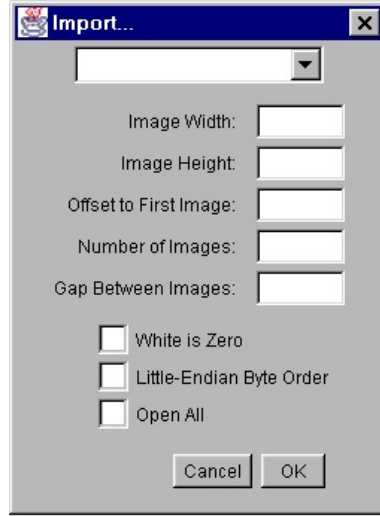
Belirli bir internet adresinde veya yerel disklerde bulundu u yol bilinen TIFF, GIF, JPEG, veya DICOM dosyalarını, TIFF dosyaları “.tif”, ZIP dosyaları “.zip”, DICOM dosyaları “.dcm” uzantılı olmak artıyla indirmeye ve görüntülemeye yarar.

- **Ham**

Bu menü fonksiyonu görüntü dosyasının görünü ü, boyutları ve ba langıç kar ılı ı vb bilgilerin kesin bilinmesi durumunda ImageJ tarafından desteklenmeyen görüntü dosya biçimlerini eklemek ve açmak için kullanılır. Bu menü kullanılmak istendi inde ekil 1.12.'deki ileti im penceresi kar ımıza gelir.

Bu ileti im penceresindeki açılır menüde dokuz tane seçenek vardır, bunlar:

- 8 bit i aretsiz
- 16 bit i aretli
- 16 bit i aretsiz
- 32 bit i aretli
- 32 bit kayar nokta
- 24 bit RGB serpi tirilmi
- 24 bit RGB düzlemsel
- 32 bit ARGB
- 1 bit bitmap



ekil 1.12. Açılmak istenen görüntünün özelliklerinin girildiği iletişim penceresi.

Görüntü genişliği (Image Width) yatayda bulunan piksel sayısı, görüntü uzunluğu (Image Height) dikeyde bulunan sıra adedini, ilk görüntü uzaklığı (Offset to First Image) görüntü verisinin başlangıç baytından önceki bayt sayısı, görüntü sayısı (Number of Images) açılmak istenen dosyadaki ham haldeki görüntü sayısı, görüntüler arası aralık (Gap Between Images) bir görüntünün sonu ile onu takip eden görüntünün başlangıcı arasındaki bayt sayısı, beyaz değeri sıfır (White is Zero) fotoğraf negatifi vb. görüntülerde olduğu gibi beyaz piksellerin sayısının siyahlara göre az olduğu durumda işaretlenmelidir, little endian bayt sırası (Little-Endian Byte Order) 16 veya 32 bitlik gri görüntülerin intel tabanlı bilgisayarlardan aktarılması durumunda kullanılan bir seçenektir, tamamını aç (Open All) bu seçenek kullanıldığında görüntülerin boyutları ve tipleri aynı olması durumunda açılmak istenen görüntünün bulunduğu dizindeki tüm görüntüleri aynı olarak ekler.

1.3.3.1.5. Kapat

Aktif olan görüntü penceresi için görüntüde bir değişiklik yapılmısa kaydedip edilmeyeceğini sorarak aktif olan görüntü penceresini kapatır.

1.3.3.1.6 Kaydet

Bu komut seçili görüntüyü veya görüntü içinden seçilmiş bir bölgeyi veya yığını TIFF biçiminde kaydeder. Görüntü içindeki bir kısmı kaydetmek için dikdörtgen seçim yapılır, Image/Duplicate seçimi kullanılır.

1.3.3.1.7. Farklı Kaydet

Kaydet fonksiyonuna benzer olarak çalışır. Farklı olan kısmı kaydetme sırasında kullanıcıya görüntüyü ne olarak kaydedeceğini sormasıdır. Bu menü kullanılarak görüntü TIFF, GIF, JPEG, veya ham biçimlerinde kayıt yapılır. Görüntü yanı sıra ölçüm sonuçları, seçimler, XY koordinat seçimleri ve arama tabloları da kaydedilebilir.

TIFF biçimi uzaysal ve yoğunluk kalibrasyonlarını kaydedebilir. Bu özelliği ile tektir ve ImageJ tarafından bu veri tipi desteklenir.

GIF biçiminde kaydedebilmek için görüntüler 8 bit renk derine sahip olmalıdır. Görüntü derin 8 bit renk derine sahip değilse Image/Type/8-bit menü seçeneği kullanılarak 8 bit renk derine dönüştürülmelidir.

JPEG formatı ise kayıplı sıkıştırma tekniği kullanılarak hazırlandı. İndan bu formattaki görüntülerde ölçüm ve analiz yapılması çok sıklıkla değildir. Edit/Options/JPEG Quality menüsü kullanılarak sıkıştırma oranı olarak 0-100 deri seçilebilir. Büyük derelerde görüntülerin kaliteleri artar ancak boyutları büyük olur buda bellek kullanımının artması demektir. Küçük derelerde ise bunun tam tersi söz konusudur.

ZIP arivi bir sıkıştırma eklidir ve bu seçenikle TIFF dosya biçimini sıkıştırarak ZIP arivi içine kaydeder.

Görüntüyü veya yığını ham eklede kaydetmekle o görüntünün veya yığının piksel verilerini ham olarak kaydetmi oluruz.

Görüntüyü metin dosyası olarak kaydeder. Kaydedilecek verilerin basamak sayısını belirlemek için Analyze/Set Measurements menüsündeki ondalık basamaklar (Decimal Places) alanından basamak sayısı belirtilir. RGB görüntüleri gri biçime dönüştürmek için Edit/Options/Conversiyon menüsünden ağırlıksız RGB-gri dönüştürme seçeneği seçilir. RGB görüntüler " $Gri = 0.299*kırmızı+0.587*yeil+0.114*mavi$ " yada " $Gri=(kırmızı+yeil+mavi)/3$ " formülleriyle gri biçime dönüştürülür.

Görüntü sırası (Image Sequence) seçeneği TIFF, GIF, JPEG veya ham dosya olarak kaydedilmek istenen yığın içindeki tüm kesitleri ayrı kaydeder.

AVI seçeneği ile yığın sıkı tırlanmamış AVI dosyası biçiminde kaydeder.

LUT seçeneği ile kaydedilmek istenen görüntünün arama tablosunu 768 bayt uzunluğunda, 256 kırmızı, 256 yeil, 256 mavi değerlerinde kaydeder.

Ölçümler (Measurements) seçeneği ile sonuçlar (Results) penceresinin içeriğini bir metin dosyasına aktarır.

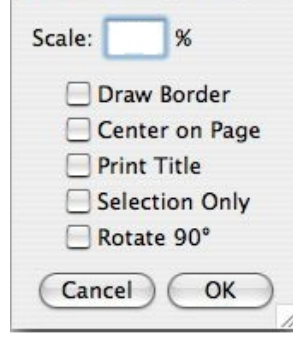
Seçim (Selection) seçeneği ile alan seçimleri sınırı veya çizim seçimleri XY koordinatlarını metin belgesi olarak kaydeder.

1.3.3.1.8. Dönmek

Yığın dosyalarında çalışmayan bir komuttur. Bu komutun işlevi, bir görüntü üzerinde çalışırken de işlevi yapıldıktan sonra son kayıtlı hale geri dönmektir.

1.3.3.1.9. Sayfa Düzeni

Bu menü komutu kullanıldığında karımıza yazdırılacak sayfa ile ilgili ayarların yapılabileceği ekil 1.13.'deki pencere açılır.



ekil 1.13. Sayfa düzeni ayar menü görünümü.

Ölçek (Scale) de erinin 100' den büyük olması görüntünün ölçeklerinin büyümesi, 100' den küçük olması görüntünün ölçeklerinin küçülmesi demektir. Ölçek de eri 100 ise ve ekranda yakınlı tırma veya uzakla tırma yapılmadıysa bu 100 de eri 72 piksel/inç'e kar ılık gelir.

Kenar çiz (Draw Border) görüntünün kenarlarına bir piksel geni li inde siyah çerçeve çizer.

Sayfayı ortala (Center on Page) yazdırılacak olan görüntüyü sayfanın ortasına ta ır.

Ba lı ı yazdır (Print Title) yazdırılmak istenen görüntünün yazdırılaca ı sayfanın ba ına görüntünün ba lı ını ekleyerek yazdırmaya yarar.

Sadece seçim (Slection Only) görüntünün içinden sadece bir bölgenin yazdırılmak istendi inde kullanılır.

90° döndür (Rotate 90°) yazdırılacak görüntünün ekrandaki görüntüsünün 90° sola çevrilmi halini yazdırmaya yarar.

1.3.3.1.10. Yazdır

Seçili olan görüntü penceresindeki görüntüyü yazdırmak için kullanılır.

1.3.3.1.11. Çıkı

ImageJ programını kapatmak için kullanılan menü komutudur. Bu konut verildi inde e er çalı ılan görüntü üzerinde yapılan de i iklikler kaydedilmediyse yapılan de i ikliklerin kaybolmaması için uyarı verir.

1.3.3.2. Düzen

1.3.3.2.1. Geri Al

Görüntü üzerinde yapılan son i lemi geri almak için kullanılır. Yı nlarında bu komut geçerli de ildir.

1.3.3.2.2.Kes

Seçili görüntüyü panoya kopyalar ve ba ka bir i lem için hazırda bekletir.

1.3.3.2.3. Kopyala

Seçili görüntüyü veya görüntü içinden seçili bir bölgeyi panoya kaydeder. Bu panoya kaydedilen görüntüler istenildi i durumda File/New/Fill With Clipboard menü seçene i kullanılarak yeni bir görüntü olu turulabilir.

1.3.3.2.4. Yapı tır

Kesme ve kopyalama i lemleri ile panoya kopyalanan görüntüler bu komut ile seçili olan görüntüye yapı tırır. Yapı tırma i lemini geri almak için Edit/Undo menü fonksiyonu kullanılır. Yapı tırma i leminden sonra yapı tırılan parça hala seçili durumdadır ve konumu de i tirilebilir. Bu menü fonksiyonunu sonlandırmak için yapı tırılan görüntü dı nda bir bölge tıklanır.

1.3.3.2.5. Temizle

Bu menü komutu ile seçili görüntü penceresinin içeri ini siler pencere içeri i arka plan rengiyle aynı duruma gelir.

1.3.3.2.6. Dı ı Temizle

Temizle menü fonksiyonuna benzer olarak seçili alan dı nda kalan alanları silerek rengini arka plan rengi ile aynı yapar.

1.3.3.2.7. Doldur

Doldurulacak renk damlacık aracı kullanılarak veya Image/Colors menüsü kullanılarak seçilir. Renk seçiminden sonra bu komut kullanılarak seçili alan bu seçilen renk ile doldurulur.

1.3.3.2.8. Çiz

Görüntü Penceresinde seçilen bölgenin, Image/Colors menüsünden rengin ve Edit/Options/Line Width menüsünden çizgi kalınlığının ayarlanabildiği bir çerçeve çizer.

1.3.3.2.9. Tersine Çevir

Seçili görüntünün gerçek renkleri yerine foto raf negatifine benzer renklere çevirir.

1.3.3.2.10. Seçim

Bu menü komutunun alt menüleri ve yapılabilecek işlemler şöyledir;

Tümünü seç (Select All): Seçilen görüntüdeki desenin büyüklüğünde bir dikdörtgen çizerek o dikdörtgen alanını seçer.

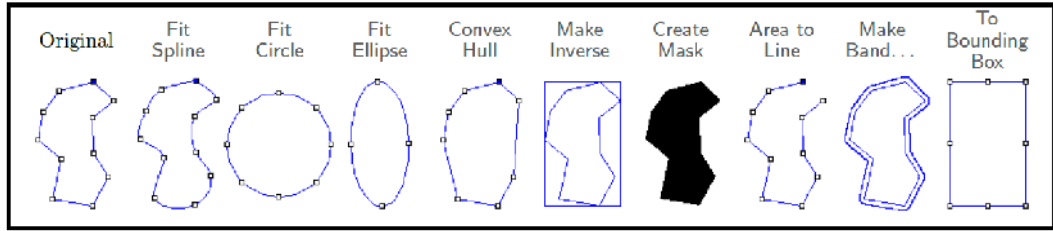
Hiçbirini seçme (Select None): Aktif görüntü üzerinde yapılan seçimlerin hepsini iptal eder.

Seçimi geri al (Restore Selection): Aktif olan görüntüde yapılmış işlemler yapılmadan bu menü fonksiyonu kullanılırsa yapılan seçimi iptal ederek orjinal pozisyonuna getirir.

- Seçim alanı dışında bir yere tıklamak.
- Yeni bir seçim çizilerek eski seçimin silinmesi.
- Majda bir seçim varken başka bir görüntünün aktif edilmesi.
- Majda bir seçim varken görüntünün kapatılması.

- File/New menü komutu kullanılarak yeni bir pencere açılması.
- Seçimle ilgili bir düzenleme veya silme işlemi yapacak bir komutun çalıştırılması.

ekil 1.14.'te görüldüğü gibi orjinal çizimi; Fit Spline seçeneği ile keskin hatlarını kaybederek yuvarlanabilir. Fit Circle ve Fit Ellipse seçenekleri ile aynı merkezli aynı alana sahip daire ve elips çizdirilebilir. Convex Hull seçeneği ile seçimin merkeze doğru girintilerini düzleyebilir. Make Inverse seçeneği ile seçimin en uç noktalarını sınır kabul ederek bu sınırlara uygun dikdörtgen çizer. Create Mask seçeneği ile seçimin içini tek renk ile doldurur. Area to Line seçeneği ile alan olarak seçilmiş bir seçimi çizgi seçime çevirir. Make Band seçeneği ile seçimin sınırlarına paralel bir çizgi daha çizer. To Bounding Box seçeneği ile dörtgen olmayan bir seçimi onu tamamen içeren bir dikdörtgene çevirir.



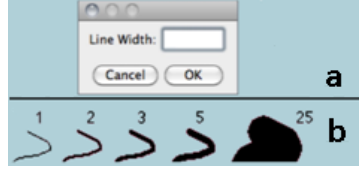
ekil 1.14. Seçim menüsü kullanılarak yapılan bazı seçimlere örnek.

1.3.3.2.11. Seçenekler

- **Çizgi Kalınlığı**

Bu menü komutunu çalıştırınca karşımıza ekil 1.15.'teki gibi bir iletişim penceresi açılır.

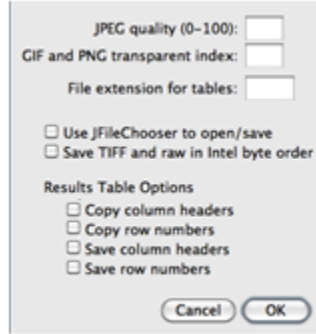
Bu ileti im penceresinde çiz (Draw) komutu ile çizilecek çizgilerin piksel cinsinden kalınlıkları ayarlanır.



ekil 1.15. a: Çizgi kalınlığı ayarlandı. **b:** Farklı kalınlıklarda çizilen örnek.

- **Giri /Çıkı**

Bu menü fonksiyonu kullanıldığında ekil 1.16.'daki ileti im penceresi karşımıza gelir.



ekil1.16. Giri çıkı menü görünümü.

Bu ileti im kutusundan açılacak ve dışarıya aktarılacak dosya, görüntü ve metin belgelerinin özellikleri ayarlanabilir. Görüntülerin kaydedilirken sıkı tırma oranı, ölçüm

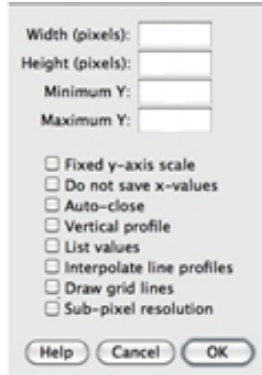
tablolarının kaydedilirken hangi dosya uzantısı ile kaydedileceği, vb ayarları yapmak mümkündür.

- **Yazı Tipleri**

Bu menü fonksiyonu çalıştırıldığında metin aracından yazılan metinlerin yazı tipi, yazı stili, yazı büyüklüğü ayarlarının yapılabilmesi için bir iletişim penceresi açılarak bu ayarları yapmamıza olanak sağlar.

- **Yazdırma Profili Seçenekleri**

Bu menü komutu çalıştırıldığında ekil 1.17.'deki iletişim penceresi açılır.

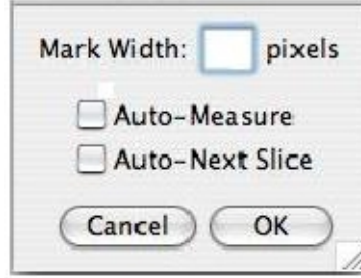


ekil 1.17. Yazdırma profili seçenekleri görünümü.

Bu açılan Profile Plot Options penceresinden yazdırma seçenekleri ile ilgili ayarlar yapılır. Baskı genişliği (Plot Width), baskı yüksekliği (Plot Height) olmak üzere baskı boyutlarını piksel cinsinden belirler.

- **Nokta Aracı**

Bu menü kullanılarak seçilecek noktanın piksel cinsinden büyüklü ü seçimden sonra otomatik ölçüm yapıp yapılmayacağı gibi ayarların bulunduğu şekildeki 1.18.'deki iletişim penceresi açılır.

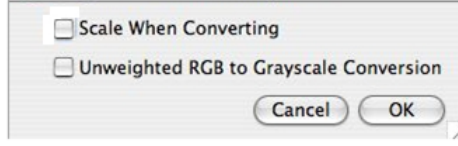


ekil 1.18. Nokta aracı penceresi.

Açılan bu pencereden gerekli ayarlamalar yapılarak görüntü üzerinde işleme yapılabilir.

- **Çevrimler**

Bir biçimden başka bir biçime çevrimde çevrim işlemi kontrol eder. Bu menü komutu çalıştırıldığında şekildeki 1.19.'daki gibi bir iletişim penceresi açılır.



ekil 1.19. Çevrimler ileti im penceresi.

16 bitten veya 32 bitten 8 bite çevrimde en dü ük de er 0 en yüksek de er 255 olarak, 32 bitten 16 bite çevrimde en dü ük de er 0, en yüksek de er 65535 olarak belirlemek için çevrim yaparken ölçeklendir (Scale When Converting) seçene i seçilir.

ekil 1.19.'daki ileti im penceresinde aralıksız RGB-Gri çevrimi (Unweighted RGB to Greyscale Conversion) seçene i i aretlenirse RGB görüntülerin griye çevriminde $Gri=(kırmızı+ye il+mavi)/3$ formülü kullanılır. aretli de ilse $Gri=0,299*kırmızı+0,587*ye il+0,114*mavi$ formülü kullanılır.

- **Hafıza**

ImageJ benzeri java uygulamalarının kullanacakları hafıza miktarı bu programlar tarafından belirlenir. Bu menü ile bu hafızanın miktarı de i tirilebilir.

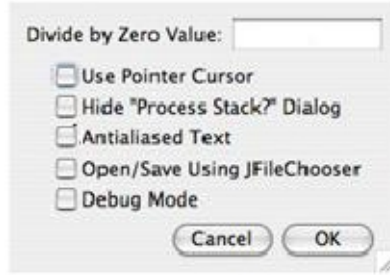


ekil 1.20. Hafızanın menü penceresi.

Programla ilgili bilgi veren ImageJ penceresindeki durum çubuğundan ne kadar hafıza kullanıldığını takip edilebilir.

- **Çeşitli**

Bu menü fonksiyonunda birkaç ayarın bulunduğu iletişim penceresi açılır. Ekil 1.21.'de görüldüğü gibi açılan iletişim penceresindeki ayarlar şunlardır.



ekil 1.21.Çeşitli menüsü görünümü

Sıfıra bölüm (Divide by Zero) bu bölümün alabileceği değerler aşağıdaki gibidir.

- Varsayılan değer olarak sonsuz (Infinity) tanımlanmıştır
- En büyük pozitif sayı (Max)
- Sayı değeri (NaN)

değerleri alabilir.

İmlecini kullan (Use Pointer Cursor) bu ayar ile gri resimlerde görünmesi zor olan artı şeklindeki imlecini ok şekline çevirir.

Process Stack ileti im kutusunu sakla (Hide "Process Stack?" Dialog) ayar i aretlenirse bir y ın açılmak istendi inde Tüm Kesitleri leme Alayım mı? sorusunu iptal ederek sadece mevcut kesit i leme alınır.

Antialiased metin (Antialiased Text) seçene i ile yazı tiplerinin ve histogram pencerelerindeki metinlerin daha yumu ak görünmesini sa lamaktadır. Bu yazı tipleri metin aracı tarafından olu turulan metinlerdir.

JFileChooser kullanarak Aç/Kaydet (Open/Save Using JFileChooser) bu seçenek ile JFileChooserin özelli i olan birden çok dosya seçme ve açma özelli inden yararlanır. JFileChooserin di er dosya açma ve kaydetme menülerine benzemeyen bir yapısı olup çok hafıza kullanması ve yava olu u bu menünün dezavantajıdır.

Ayıklama modu (Debug Mode) menüdeki bu seçenek aktif edilirse ayıklama mesajlarını log penceresinde gösterilir.

1.3.3.3. Görüntü Menüsü

1.3.3.3.1. Tip

Bu menü seçimi kullanılarak 8 Bit, 16 Bit, 32 Bit, 8 Bit renkli, RGB renkli RGB y ın tipleri seçilebilir veya ba ka bir tipe çevrilebilir.

1.3.3.3.2. Ayar

Bu menü fonksiyonu kullanılarak görüntünün piksel de erleri de i meden 8 bitlik görüntülerde arama tablolarının de i mesiyle kontrast ve parlaklık ayarları yapılır.

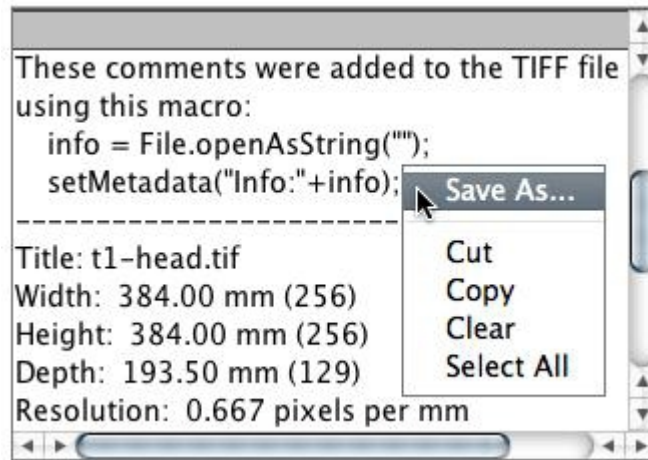
16 ve 32 görüntülerde da 8 bit görüntü de erleri kullanılarak aynı i lemler yapılır.

RGB görüntülerde parlaklık ve kontrast ayarlarında piksel de erleri de i tirilerek olur.

Bu menü fonksiyonunda kontrast ve parlaklık ayarları dı nda e ik seviyeleri ve görüntü ayarlarının yapılabilece i komutlarda vardır. Bu manuel ayarların yanı sıra otomatik (Auto) seçimi kullanılarak kontrast ve parlaklık de erlerini optimize eder.

1.3.3.3. Bilgi Göster

Seçili görüntü ile ilgili bilgileri ekrana getiren menü fonksiyonudur. ekil 1.22.'deki pencere açılır ve buradan kaydetme, kesme, kopyalama, temizleme ve hepsini seç komutları kullanılarak bu i lemler yapılabilir.



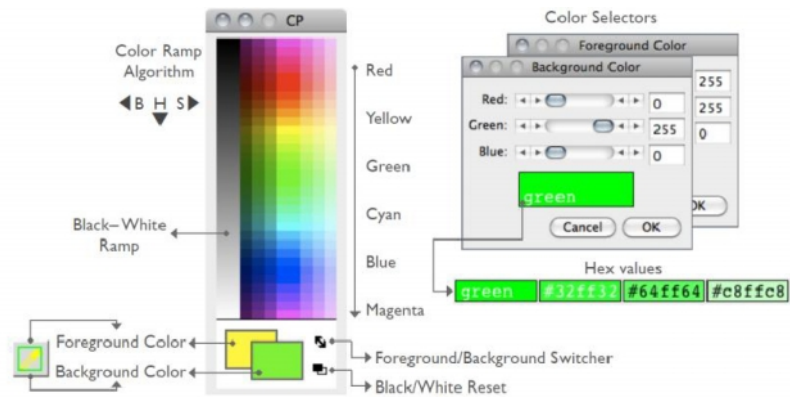
ekil 1.22. Bilgi göster penceresi.

1.3.3.3.4. Renk

Renk (Color) menüsü kullanılarak 8 veya 16 bit gri biçimde 2-3 kesitten olu mu yı nı RGB görüntüye dönü türür.

Show LUT (Arama Tablosu Göster) menüsü arama tablosunu gösterir. Bu tablo her pikselin 0-255 arasındaki de erlerini içerir.

Renk seçici (Color Picker) seçene i, Edit/Fill, Edit/Draw ve di er çizim ve i aretleme yapan fonksiyonlarda kullanılacak renkleri belirler (ekil 1.23).



ekil 1.23. Colour Picker (Renk Seçici)

1.3.3.3.5. Yı nlar

Bu menü fonksiyonları;

- Kesit ekle (Add Slice) seçili olan kesit arkasına bo bir kesit daha ekler.
- Kesit sil (Delete Slice) seçili kesiti siler.

- Sonraki kesit (Next Slice) seçili olan kesitten sonraki kesiti ekrana getirir.
- Önceki kesit (Previous Slice) seçili olan kesitten önceki kesiti ekrana getirir.
- Kesit ayarla (Set Slice) kullanıcının sayı olarak girdi i kesiti ekrana getirir. Bu sayı bir ile toplam kesit sayısı dahil olmak üzere ikisi arasında bir sayı girmek zorundadır.
- Görüntüleri y1 na dönü tür (Convert Images to Stack) ayrı pencerelerde gösterilen görüntüleri aynı büyüklük ve tipte olmak artıyla y1 na dönü türür.
- Y1 inı görüntülere dönü tür (Convert Stack to Images) seçili y1 nda bulunan kesitlerin her birini ayrı görüntülere dönü türerek ayrı pencerelerde gösterilmesini sa lar.
- Montaj yap (Make Montage) bu menü fonksiyonu y1 nda seri halde bulunan görüntüleri tek görüntü penceresi haline getirerek daha kolay inceleme yapmamızı sa lar.
- Tekrar kesit (Reslice) seçili y1 n içinde bulunan görüntü sayısı dikkate alınarak ortogonal kesitler olu turulmasına yarar.
- Z do rultusu çalı ması (ZProject) görüntü düzlemini x-y düzlemi kabul ederek buna dik olan z ekseninde görüntü y1 nı tasarısı olu turmaya yarar.
- 3B sunum (3D Project) farklı açılardan görüntüleri 3 boyutlu veri seti dikkate alınarak bir animasyon haline getirir.
- Z-ekseni profilini yazdır (Plot Z-Axis Profile) ROI seçimini gri de erlerin kesit sayısı kar ıla tırması dikkate alınarak yazdırır.
- Animasyonu ba lat (Start Animation), seçili y1 na ait kesitlerin canlandırma i lemi yapar.
- Animasyonu durdur (Stop Animation), start animation komutu ile ba layan i lemi durdurur.

- Animasyon seçenekleri (Animation Options), bu menü fonksiyonu çalıştırıldığında animasyon ile ilgili ayarların yapıldığı bir pencere açılır.

1.3.3.3.6. Kırpma

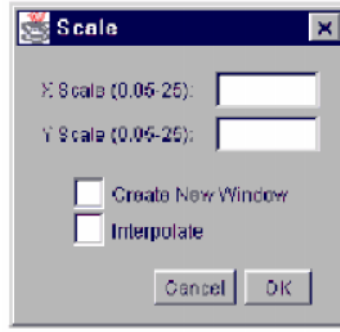
Görüntü veya yazı üzerinde dikdörtgen seçim ile kırpma işlemi yapar.

1.3.3.3.7. Kopyasını Çıkar

Seçilmiş bir bölgenin veya görüntünün kopyasını yeni bir pencerede oluşturur.

1.3.3.3.8. Ölçek

Bu menü fonksiyonu ile seçili alan veya görüntü boyutlarının ayarlanabileceği bir iletişim penceresi açılır ve buradan seçili alan veya görüntü yeniden ölçeklendirilir (bkz. 1.24.). Yeniden ölçeklendirilen seçili alan veya görüntü istenilirse yeni bir pencerede açılabilir.

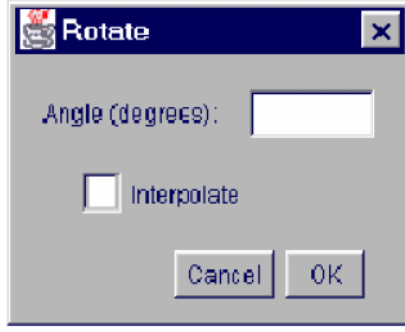


ekil 1.24. Ölçek penceresi.

1.3.3.3.9. Çevir

Görüntü üzerinde yapılan seçimi veya görüntüyü de i ik ekillerde çevirmeye yarar. Bu çevirme i lemleri ve açıklamaları a a ıdaki gibidir.

- Dü ey çevir (Flip Vertical) görüntüdeki seçimi veya görüntüyü yatay ekseninde 180° döndürür.
- Yatay çevir (Flip Horizontal) görüntüdeki seçimi veya görüntüyü dikey ekseninde 180° döndürür.
- 90° sa a çevir (Rotate 90 Degrees Right) seçimi veya görüntüyü 90° sa a çevirir.
- 90° sola çevir (Rotate 90 Degrees Left) seçimi veya görüntüyü 90° sola çevirir.
- Belirlenen açıya göre çevir (Arbitrarily) bu seçim yapıldı ında bir ileti im penceresi açılır ve buradan belirlenen açı de erine göre seçim veya görüntü sa a döndürülür (ekil 1.25).



ekil 1.25. Çevirme için açı de erinin girildi i ileti im penceresi.

1.3.3.3.10. Arama Tabloları

Arama tabloları ve bunlarla ilgili yapılabilecek fonksiyonların oldu u menüdür.

- **Arama Tablosunu Tersine Çevir**

Seçili arama tablosunu tersine çevirir. Bu çevrimden sonra tabloda 0 de eri beyaz, 255 de eri de siyaha kar ılık gelir.

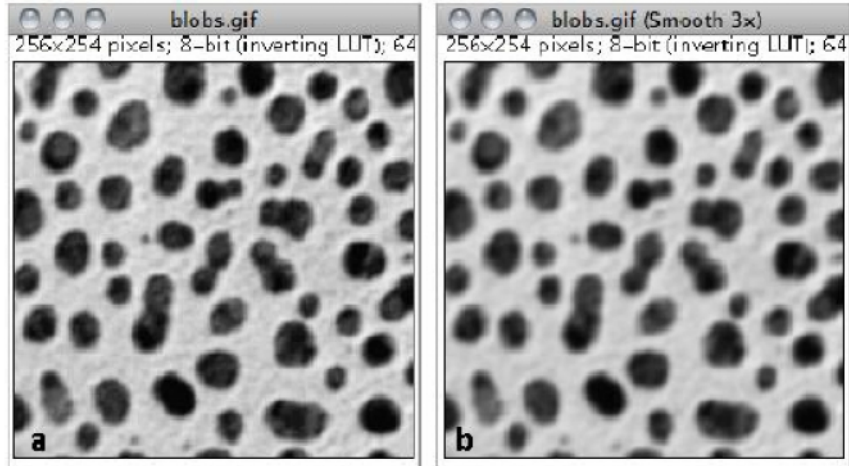
- **Arama Tablosunu Uygula**

Arama tablosuna eklenmek veya uygulanmak istenen fonksiyonu görüntü veya seçim içindeki piksellere uygular.

1.3.3.4. İlem Menüsü

1.3.3.4.1. Yumu atma

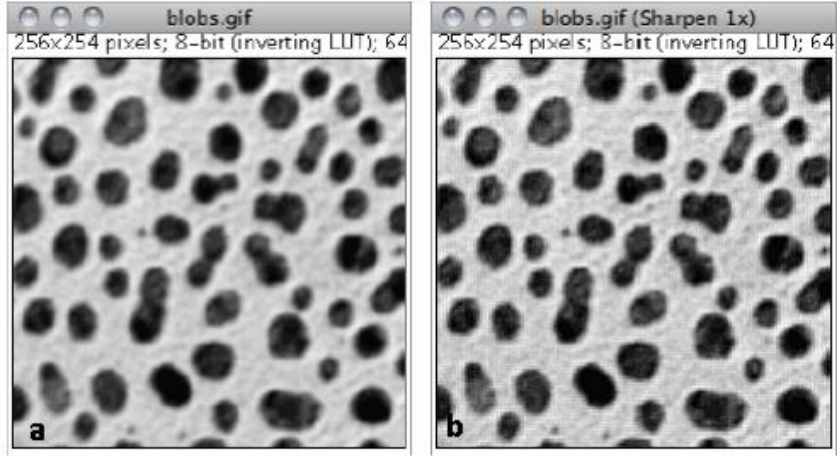
Bu fonksiyon her bir pikselin komularının de erlerinin ortalaması ile yer de i tirir (ekil 1.26).



ekil 1.26. a: Görüntünün orjinal hali. b: Yumu atma (Smooth) i lemi yapıldıktan sonraki hali.

1.3.3.4.2. Keskinle tir

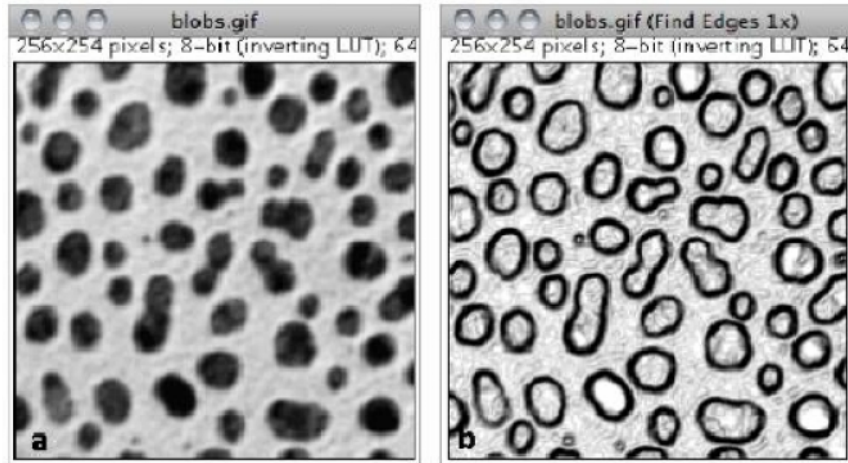
Bu filtre kullanılarak tüm pikselleri komularının de erlerinin a ırlıklı ortalamasıyla de i tirerek görüntüdeki veya seçimdeki detayları öne çıkarır (ekil 1.27).



ekil1.27. a:Görüntünün orjinal hali. **b:** Keskinle tirme (Sharpen) i lemi yapıldıktan sonraki hali.

1.3.3.4.3. Kenarları Bul

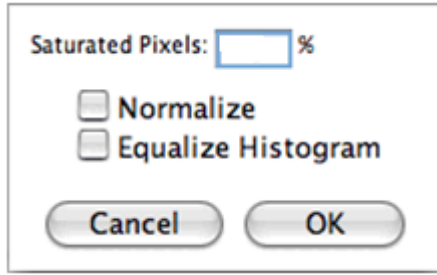
Görüntü veya görüntüden yapılan seçimin keskin de i imleri tespit ederek i aretler (ekil 1.28).



ekil 1.28. a: Görüntünün orjinal hali. **b:** Kenar tespit (Sobel) i lemi yapıldıktan sonraki hali.

1.3.3.4.4. Kontrastı Arttır

Bu fonksiyon kullanıldı ında ekil 1.29'daki ileti im penceresi açılır. Bu ileti im penceresi kontrast ayarları yapımında kullanıcıya yardımcı olur. Bu pencerede Normallize veya Equalize Histogram seçilmezse görüntünün piksel de erleri de i mez.

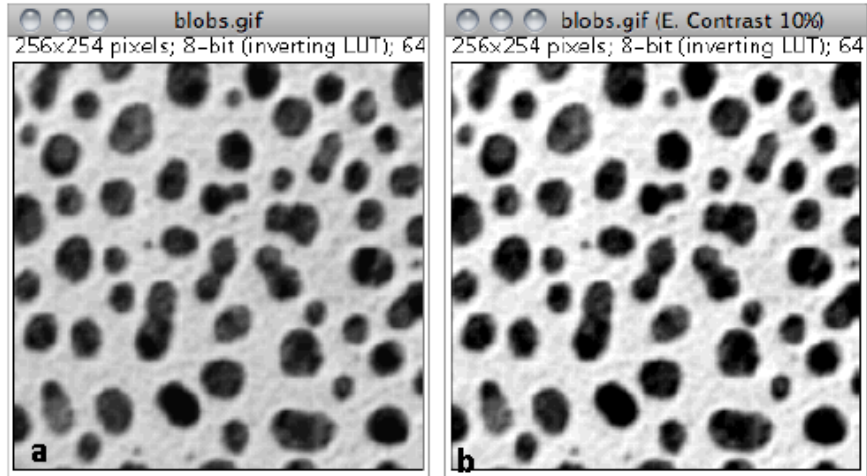


ekil 1.29. Kontrast ayarlarının yapıldı ı pencere.

Görüntüdeki doygun hale gelebilecek piksellerin sayısını Saturated Pixels de eri verir. Bu sayıyı arttırarak kontrastı arttırmı oluruz. Normalize seçene i ile ImageJ yazılımı piksel de erlerini tekrar uygun de er aralı ında hesaplayarak düzenler. Bu menü fonksiyonu ile düzenlenmi bir örnek ekil 1.30'da verilmi tir.

RGB görüntüler için normalizasyon desteklenmemektedir.

Histogramı e itle (Equalize Histogram) fonksiyonu bir seçim olu turup histogram esas alınarak e itlemenin yapılmasını sa layıp görüntüyü daha da geli tirir.



ekil 1.30.a:Görüntünün orjinal hali. b: Kontrast ayarı yapıldıktan sonraki hali.

1.3.3.4.5. Gürültü

Görüntüye gürültü eklemek için kullanılır. Eklenecek gürültünün özellikleri ve yo unlu u bu menünün alt menülerinde yer almaktadır.

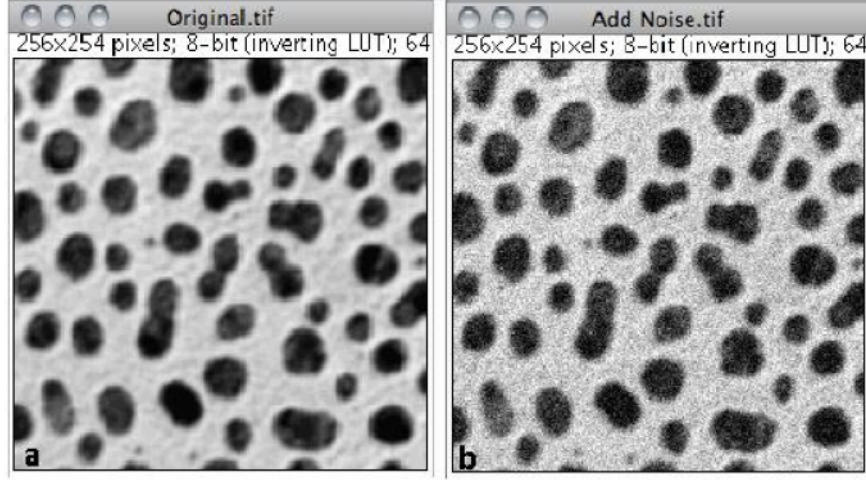
- **Gürültü Ekle**

Görüntüye veya bir seçime rastgele gürültü eklemek için kullanılır. Bu efektin standart sapması 25 tir.

- **Fazla Gürültü Ekle**

Gürültü ekle (Add Noise) efektinden biraz daha fazla gürültü eklemek için kullanılır. Bu efektin standart sapması 75'tir.

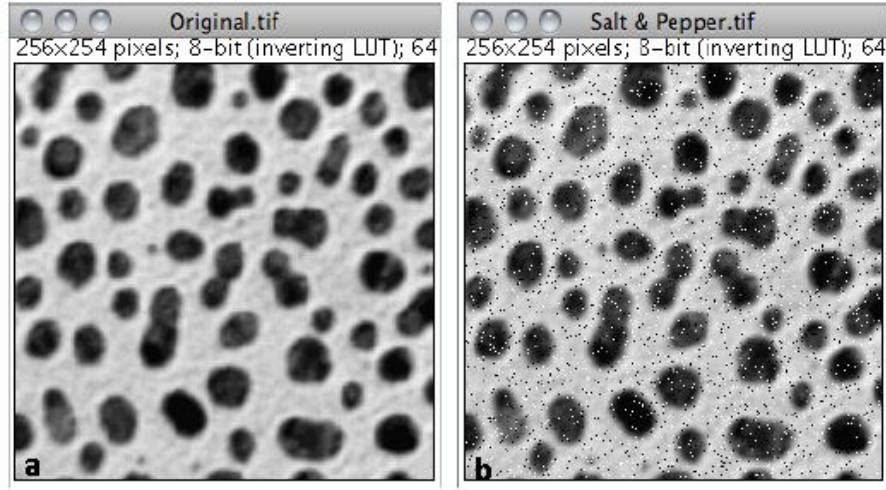
Fazla gürültü ekle fonksiyonu kullanılarak oluşturulan görüntüye örnek ekil 1.31'de verilmiştir.



ekil 1.31. a: Orjinal görüntü. b: Gürültü ekle (Add Noise) fonksiyonu kullanılarak gürültü eklenen görüntü.

- **Tuz ve Biber**

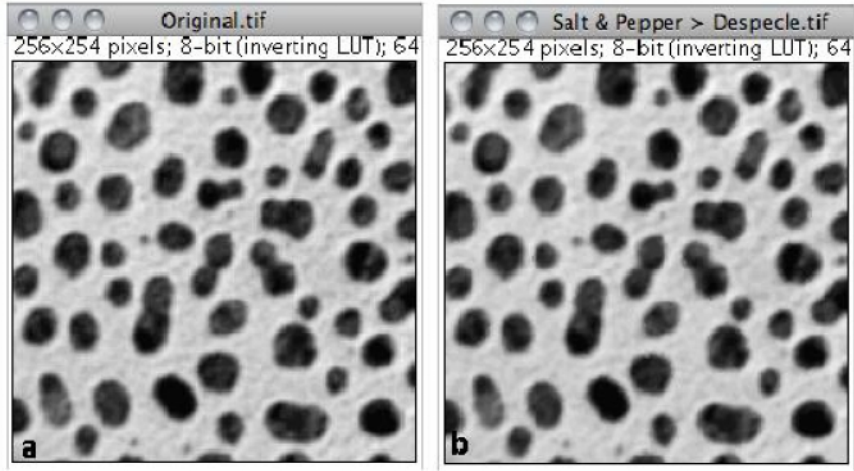
Görüntünün veya seçimdeki siyah piksellerin %2,5' ini beyaza, beyaz piksellerin %2,5' ini siyaha rastgele çevirerek görüntüye gürültü ekler. Bu fonksiyona örnek ekil 1.32'de verilmiştir.



ekil 1.32.a: Orjinal görüntü **b:** Tuz ve biber (Salt and Pepper) fonksiyonu kullanılarak gürültü eklenen görüntü.

- **Benekleri Giderme**

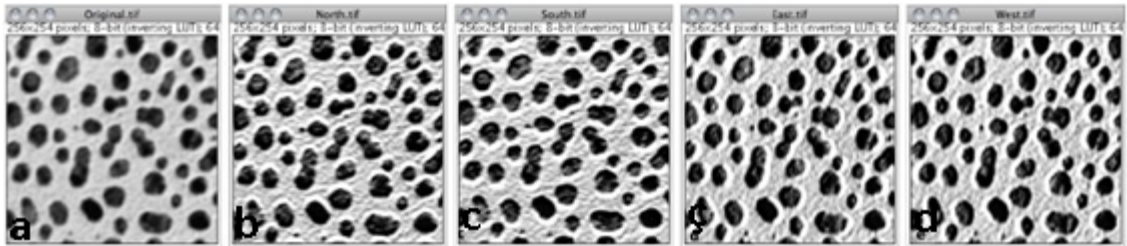
Bu menü fonksiyonu ile her pikselin 3x3 alanındaki 9 adet piksel değerlerinin ortalaması alınır ve bu ortalamaya her pikselin değeri atanır. Bu hesaplamalar çok yavaşdır. Tuz ve Biber (Salt and Pepper) filtresinde oluşan gürültüleri gidermede kullanılan bir filtredir (ekil 1.33).



ekil 1.33. a: Orjinal görüntü **b:** Salt and Pepper fonksiyonu kullanılarak gürültü eklenen görüntünün Despeckle fonksiyonu kullanılarak temizlenen hali.

1.3.3.4.6. Gölge

Görüntüye sa , sol, yukarı, a a ı vb. yönlerde gölge efekti vermek için kullanılır. Bu fonksiyona örnek ekil 1.34'de verilmi tir.

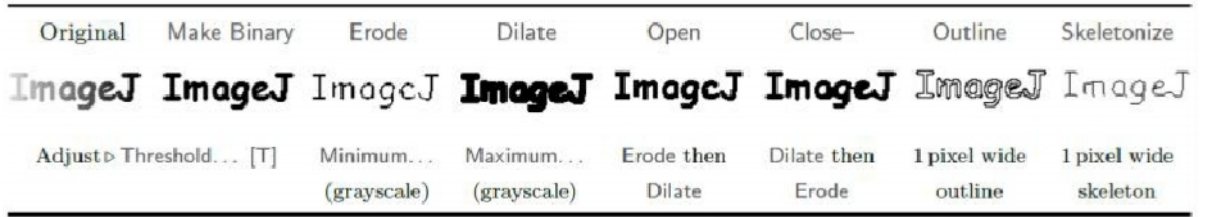


ekil 1. 34. a: Gölge efekti yok. **b:** Üste gölge efekti **c:** Alta gölge efekti **ç:**Sa a gölge efekti **d:** Sola gölge efekti.

1.3.3.4.7. Siyah ve Beyaz

Bu menü altında siyah beyaz görüntüleri işlemek için çeşitli komutlar vardır. Komutlar objeleri siyah arka fonuda beyaz kabul ederek işlem yapar.

Bu menü alt fonksiyonları kullanılarak ekil 1.35.'teki gibi de işik düzenlemeler yapılabilir.



ekil 1.35. Binary menüsü kullanılarak görüntülerde yapılan işiklikler.

1.3.3.4.8. Matematik

- Ekle

Görüntü kullanıcı tarafından tanımlanan bir sabit sayı ekler. 8 bit görüntülerden büyük değerler 255tir. 16 bit görüntülerden büyük değerler 65535tir.

- **Çıkar**

Görüntüden kullanıcı tarafından tanımlanan bir sabit sayı çıkarılır. Sonuç sıfırdan küçük olsa bile 8 ve 16 bit görüntülerin en küçük de eri sıfır oldu undan sonuç sıfır olacaktır.

- **Çarpma**

Görüntüyü kullanıcı tarafından tanımlanan bir sabit sayı ile çarpar. Çıkan sonuç 8 bit ve 16 bit görüntülerin en büyük de erinden daha büyük bir de erse sonuç görüntülerin alabilece i en büyük de er olur. 8 bit görüntülerde 255, 16 bit i aretli görüntülerde 65535'tir.

- **Bölme**

Görüntü kullanıcı tarafından tanımlanan bir sabit sayı ile bölünür. Sıfıra bölümler yoksayılr.

- **Ve**

Görüntüye ve kullanıcı tarafından belirtilen sabite Ve (AND) i lemi yaptırır.

- **Veya**

Görüntüye ve kullanıcı tarafından belirtilen sabite Veya (OR) işlemi yaptırır.

- **Veya**

Görüntüye ve kullanıcı tarafından belirtilen sabite Veya (XOR) işlemi yaptırır.

- **Min**

Kullanıcı tarafından belirtilen sabit değerden daha düşük değere sahip olan piksellerin değerleri sabit değer ile değiştirilir.

- **Max**

Kullanıcı tarafından belirtilen sabit değerden daha büyük değere sahip olan piksellerin değerleri sabit değer ile değiştirilir.

- **Gama**

Seçilen görüntü veya görüntüde (p) piksel değeri olmak üzere $0.1 \leq \textit{gamma} \leq 5.0$ artının sağlandığı zaman $f(p) = (p/255)^{\textit{gamma}} * 255$ fonksiyonunun her piksele uygulanması için kullanılır.

- **Log**

Seçilen görüntü 8 bit veya RGB ise (p) piksel değerlerini göstermek üzere $f(p) = \log(p) * 255/\log(255)$ fonksiyonu uygulanır.

16 bit görüntülerin 255 değeri yerine min ve max fonksiyonu uygulanır, kayar nokta görüntüler de ise herhangi bir ölçeklemeye yapılmaz.

- **Karşıklı**

Sadece 32 bit kayar nokta görüntülerde kullanılan bu fonksiyon seçili görüntünün veya görüntünün karşıklı olduğunu tutur.

- **Arka Plan Değeri**

Elimde değeri verilmemiş 32 bit kayar nokta görüntülerde piksel değerlerini sayı olmayan bir değere dönüştürür.

- **Mutlak Değeri**

Sadece 32 bit kayar nokta görüntülerle çalışılan bu fonksiyon seçili görüntünün veya görüntünün mutlak değerini tutur.

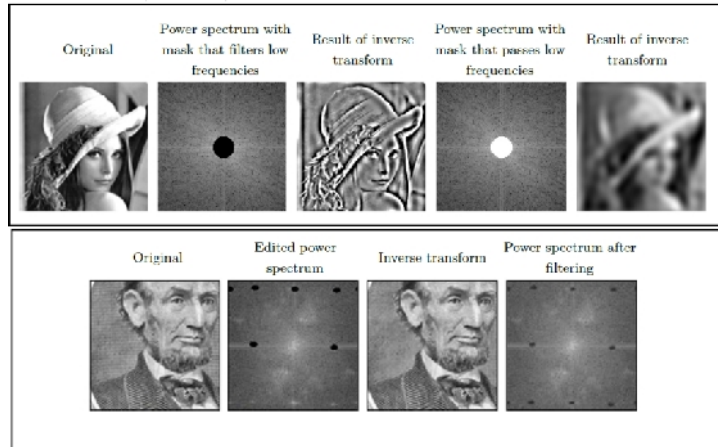
1.3.3.4.9. FFT

iki boyutlu Fast Hartley Transformla yürütülen bu fonksiyon düzenleme, i leme ve sıklık alan gösterimi i lemlerini içerir.

- **FFT**

Fourier Dönü üümü hesaplar ve güç spektrumu gösterir.

Aktif bir sıklık da ılım penceresi üzerine fare ile gelinirse, konum kutupsalkoordinatlar ile gösterilir. Aç ı derece cinsinden gösterilirken yarıçap piksel/deviolarak gösterilir. Dü ük frekans filtrelemeye örnekler ekil 1.36'da verilmi tir.



ekil 1.36. Dü ük frekans filtrelemeye örnekler.

- **Ters FFT**

Ters Fourier Dönüümü hesaplar. Dönü türülmü görüntüdesadece seçilen da ılımların oldu u ya da seçilen da ılımların yok edildi i bir görüntü üretilebilmek için dönü ümden sonra görüntü üzerindeki benekler filtrelenebilir ya da maskelenebilir

- **Tekrar Gösterilen Güç Spektrumu**

Bu menü fonksiyonu 8 bit güç spektrumunu düzenlerken olu an karı ıklıklarda sıklık da ılım görüntüyü kullanılarak güç spektrumunun yeniden hesaplanmasını sa lar.

- **Kanal Geçi Filtresi**

Hazır bir FFT filtre eklentisidir.

- **Ki isel Filtre**

Fourier filtreleme yapılmasını sa layan bir menü fonksiyonudur. Filtre olarak kullanıcının sa ladı ı görüntüler kullanır.

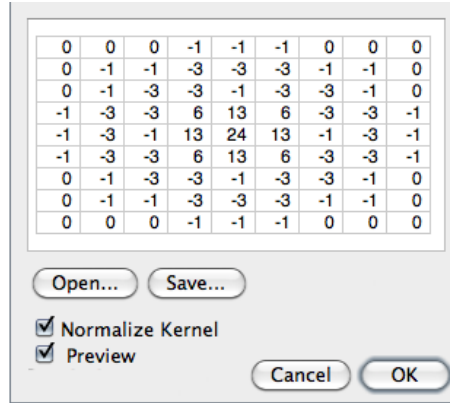
- **FD Matematik**

Bu menü fonksiyonu, görüntülerin sıklık dağılımlarının elementer çarpma, çarpma ve bölme ile çevrilerekiki görüntününkorelasyonu, öteleme ve ters öteleme işlemlerini yapar.

1.3.3.4.10. Filtreler

- **Öteleme**

Uzaysal öteleme yapan bir menü fonksiyonudur. Bu öteleme matrisi içinde bir çekirdek bilgisi doğrultusunda gerçekleştirilir. Bu matris kaynak pikselin kendisine ve diğer öteleme komşu piksellerine karşılık gelen bir çekirdek bilgisidir.



ekil 1.37. Çekirdek bilgisi içeren matris örneği.

- **Guassian Bulanıklık**

Mevcut görüntüyü yumuşak hale getirmek için kullanılır. Bunun için gaussian çekirdeği kullanılır. Çekirdeğin genişliği (r yarıçap olmak üzere) $2*r-1$ formülü ile hesaplanır.

- **Medyan**

Aktif görüntüdeki kirlilik efektini azaltmak için kullanılır. Bu işlem her pikselin komşu piksel değerlerinin medyanı alınarak yapılır.

- **Orta**

Aktif görüntüyü yumuşatır. Bu işlem her pikselin komşu piksel değerlerinin ortası bulunarak yapılır.

- **Minimum**

Bu menü fonksiyonu gri a zaltma işlemi yapmak için kullanılır.

- **Maksimum**

Bu menü fonksiyonu gri güçlendirme işlemi yapmak için kullanılır.

- **Keskin Olmayan Maske**

Mask Weight parametresi ile Gaussian bulanıklı ının çarpımının görüntüye uygulayarak orjinal görüntüden bulanıklı ı çıkararak kenarları keskin ve iyile tirilmi bir görüntü elde etmeye yarar.

- **Varyans**

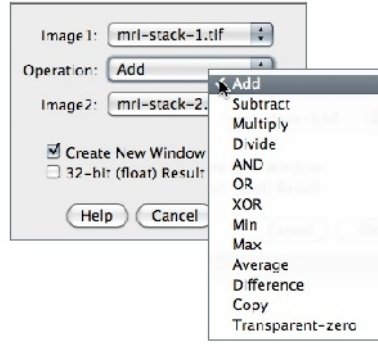
Kenarların i aretlenmesini sa layan menü fonksiyonudur.

- **Dairesel Maskeyi Göster**

Bu menü fonksiyonu yı ın içinde Medyan, Orta, Minimum, Maksimum ve Varyans filtrelerinin kullanıldı ı örnek maskeler olu turur.

1.3.3.4.11. Görüntü Hesap Makinesi

Bu menü fonksiyonu çalı tırıldı ında ekil 1.38'deki ileti im penceresi açılır ve buradan i lem (Operation) açılır menüsünden seçilen iki görüntü ile yapılacak i lem seçilerek iki i lemi bu seçim do rultusunda i leme koyar.



ekil 1.38. Image Calculator menüsü ileti im penceresi.

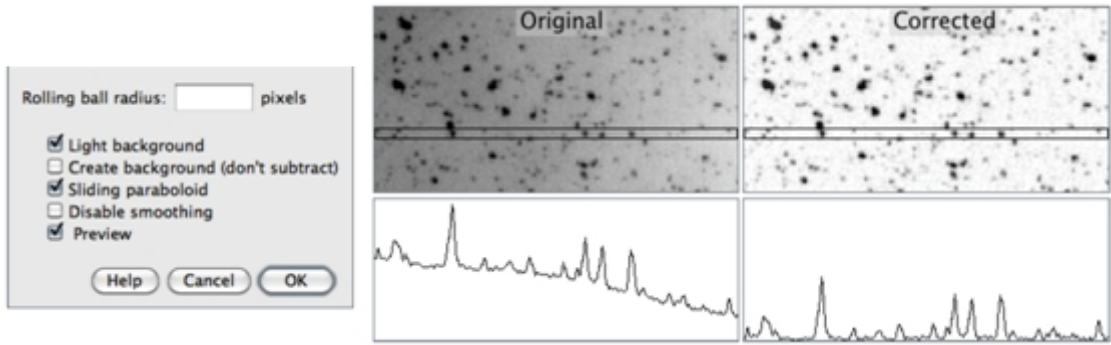
Seçilen iki görüntü ve bunlarla yapılan işlemler ve sonuç görüntülerine örnekler ekil 1.39.'daki gibidir.

Source image (<i>img1</i>):		Destination image (<i>img2</i>):	
Operator	Result	Operator	Result
Add: $img1 = img1 + img2$		Min: $img1 = \min(img1, img2)$	
Subtract: $img1 = img1 - img2$		Max: $img1 = \max(img1, img2)$	
Multiply: $img1 = img1 \times img2$		Average: $img1 = (img1 + img2)/2$	
Divide: $img1 = img1 \div img2$		Difference: $img1 = img1 - img2 $	
AND: $img1 = img1 \wedge img2$		Copy: $img1 = img2$	
OR: $img1 = img1 \vee img2$		Transparent zero	
XOR: $img1 = img1 \oplus img2$			

ekil 1.39. Görüntü hesap makinesi menüsünden yapılan işlemler sonucu elde edilen görüntülere örnek.

1.3.3.4.12. Arka Plan Çıkarma

Görüntüdeki arka plan, istenen ölçüler dışındaki görüntüleri görüntüden çıkarmak ve buna benzer işlemlerin yapılabileceği menü fonksiyonudur. Bu fonksiyona örnek ekil 1.40'da verilmiştir.



ekil 1.40. Arka plan çıkarma menüsü ile ilgili penceresi ve bu komut ile oluşturulan görüntüye örnek.

ile ilgili penceresindeki Rolling ball radius kısmına girilen değer parabolik eğri yarıçapıdır. Görüntüdeki bu değer altındaki görüntüler arka plan ile birlikte görüntüden çıkarılarak görüntüde incelenmek istenen boyutlarda görüntülerin kalmasına olanak sağlar.

ile ilgili penceresindeki Light background seçimi arka planı daha açık bir renk ve nesnelere daha koyu yapar.

ile ilgili penceresindeki Create background (Don't Subtract) seçimi görüntü olmayan arka plan üzerindeki görüntüleri görüntüden çıkarmak için kullanılır.

ile ilgili penceresindeki Sliding Paraboloid seçimi yuvarlak seçime benzeyen eğrileri (bozuk, deşiken ve parabol parçalarını) aynı eğri yarıçapına sahip bir parabol ile değiştirilerek görüntüyü yeniden oluşturur.

letim penceresindeki Disable Smoothing seçimi görüntüdeki toz gibi aykırı görüntüleri kaldırmak ve ortalama 3,3 piksellik derinlikten gürültüyü azaltmak için maksimum filtre işlemi yapar.

1.3.3.4.13. Tekrar Komutu

Görüntü üzerinde yapılan en son işlemi tekrar yapar.

1.3.3.5. Analiz

1.3.3.5.1. Ölçme

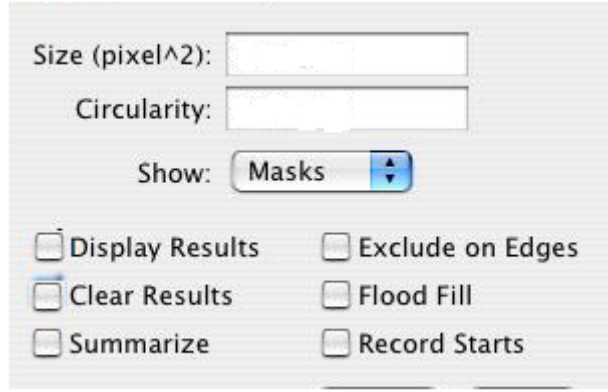
Görüntü üzerindeki seçimlere bağlı olarak istenen ölçümlerin yapıldığı menü fonksiyonudur.

Çizgi seçim aracı ile seçilmiş çizgi uzunluğu, açısı, ortalama, standart sapma, mod, minimum, maksimum, sınır dörtgen ölçümleri yapılabilir. Nokta seçme aracıyla bir veya daha fazla nokta seçilmişse bu noktalara ait koordinatlarda kaydedilebilir. Alan istatistikleri için Analyze/ Set Measurements menüsünden hangi alan istatistikleri kullanılacağı seçilebilir.

Ölçüm sonuçları açılan Results penceresinde gösterilir. Sonuçları kopyalamak için Results penceresinde Edit/Copy All, bir metin belgesine aktarmak için Results penceresindeki File/Save As alt menüleri kullanılır.

1.3.3.5.2. Parça Analizi

Bu menü fonksiyonu çalıştırıldığında ekil 1.41'deki iletişim penceresi açılır bu pencereden analiz için ayarlar yapılır.



ekil 1.41. Parça analizi ayarları iletişim penceresi.

İncelenmek istenen parçaların boyut aralığı girilir bu aralıktaki parçalar ihmal edilmez. Eğer ölçümde belirli bir derinin altındaki parçalar ölçüme dahil edilmeyecekse buraya o derin yazılır. Dairesellik (Circularity) bölümünde de benzer şekilde burada belirtilen derinler arasında olanlar ölçüme alınacaktır.

Göster (Show) menü seçeneğinden ölçüden sonra ölçüme giren parçaların nasıl görüneceğini numaralandırılıp numaralandırılmayacağı gibi ayarlar yapılır.

Sonuçları göster (Display Results) seçimi yapılırsa ölçülen her bir parçanın ölçümleri sonuçlar (Results) penceresinde gösterilir.

Sonuçları temizle (Clear Results) seçeneği seçili olursa her yapılan ölçümde bir önceki ölçümün sonuçları silinir.

Özetle (Summarize) seçeneği seçilirse parçacık sayısı, toplam parça alanı, ortalama parçacık sayısı ve alan dağılımı bilgilerini ayrı bir pencerede gösterir.

Kenarları dışarıda bırak (Exclude on Edges) seçeneği seçilirse görüntünün kenarlarına dokunan parçacıklar görüntüden çıkarılır.

Sel doldurma (Flood Fill) seçeneği işaretlenirse görüntüdeki her parçacık doldurulur.

1.3.3.5.3. Özetle

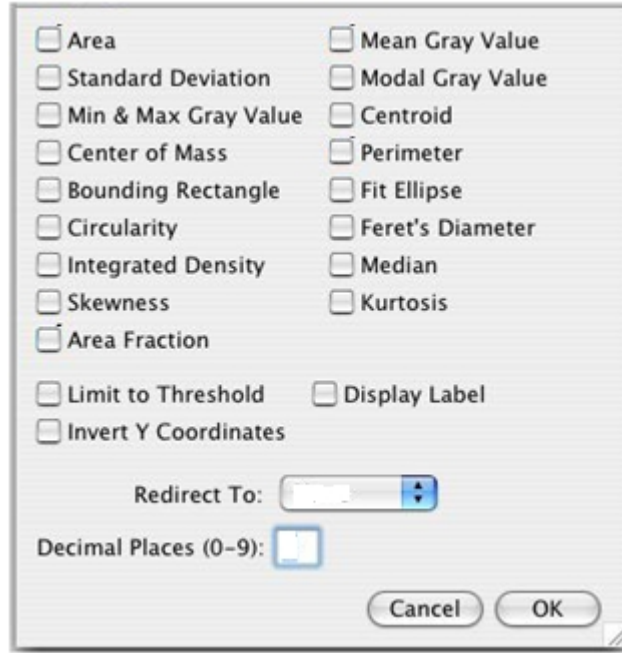
Görüntü üzerinde ölçümler yapıldıktan sonra sonuçlar tablosundaki verilerin ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerlerini hesaplar.

- **Sonuçları Temizle**

Ölçüm sonucu sonuçlar (Results) tablosunu temizler ve ölçüm sayacını sıfırlar.

1.3.3.5.4. Ölçümleri Ayarla

Görüntü üzerinde hangi ölçümlerin yapıлып kaydedileceğini ayarlamaya yarayan menüdür. Bu menü fonksiyonunun görünümü Şekil 1.42'deki gibidir.



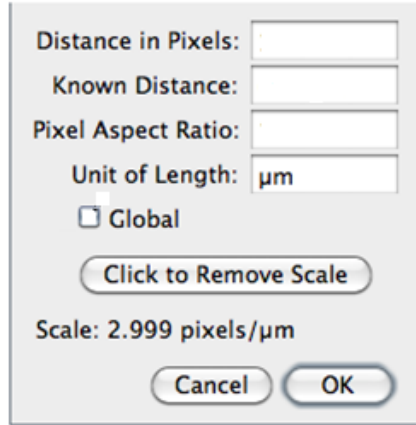
ekil 1.42. Ölçümleri Ayarla ileti im penceresi.

- Area alan ölçümü yapar. Ölçümler piksel² cinsindedir. Analyze/ Set Scale menüsünden kalibrasyon yapılarak birim dönü ümleri yapılabilir.
- Ortalama gri de er (Mean Grey Value) görüntüdeki gri de erlerin aritmetik ortalamasını alır.
- Standart sapma (Standard Deviation) gri de erlerin standart sapmasını hesaplar.
- Mod gri de er (Modal Gray Value) histogramlarda pik noktayı göstermeye yarayan bu fonksiyon sürekli tekrarlayan gri de eri verir.
- Min & Max gri de er (Min & Max Gray Level) görüntüdeki en büyük ve en küçük gri de erlerini bulur.
- Centroid görüntüdeki tüm piksellerin koordinatlarının ortalamasını alarak görüntünün merkez noktasını bulur.
- Kütle merkezi (Center of Mass) görüntü içindeki tüm piksellerin parlaklık de erleri ile koordinatlarının ortalamasını gösterir.

- Çevre (Perimeter) görüntüdeki nesnelerin dış sınırlarının uzunluğunu bulur.
- Sınır dikdörtgen (Bounding Rectangle) seçimdeki en küçük dikdörtgeni bulur.
- Elipse uydur (Fit Ellipse) elipsin birinci ve ikinci eksenlerini majör ve minör olarak, birinci eksen ile x eksenindeki açı değeri de açı olarak ifade etmek üzere görüntüdeki elipsleri gösterir.
- Dairesellik (Circularity) $4 \times (\text{alan}/\text{çevre}^2)$ ifadesinin değeri 1,0 olması mükemmel daireyi göstermek üzere görüntüdeki daireselliği gösterir.
- Feret çapı (Feret's Diameter) seçimde en uzak mesafeyi gösterir.
- Tümüyle yoğunluk (Integrated Density) seçimdeki piksellerin değerlerinin toplamını verir.
- Medyan (Median) seçimdeki piksel değerlerinin ortalamasını verir.
- Alan dağınıklığı (Area Fraction) kırmızı olarak işaretlenmiş piksellerin tüm piksellere oranını verir.
- Başlıklarını göster (Display Label) sonuçlar tablosunda görüntü adı ve kesit numarasını gösterir.
- Y koordinatlarını çevir (Invert Y Coordinates) yazılımda koordinat düzleminin başlangıç noktası görüntünün sol alt köşesi olarak tanımlıdır. Bu komut ile y'nin maksimum değerini başlangıç noktası olarak tanımlar.
- Yönlendir (Redirect To) daha önceden başka bir görüntüdeki seçim ve ölçümleri görüntü üzerinde yeniden yapar.
- Ondalık Basamaklar (Decimal Places) ölçüm sonuçlarında virgülden sonra kaç basamak olacağını ayarlar.

1.3.3.5.5. Ölçek Belirle

Uzunlukları kalibre edip ölçüm sonuçlarını gerçek ölçü birimlerinde almayı sağlar. Bu menü fonksiyonu kullanıldığında ekil 1.43'deki iletişim penceresi açılır.



ekil 1.43. Ölçek belirle iletişim penceresi.

Bilinen Uzaklık (Known Distance) bölümüne bilinen uzaklık, uzunluk birimi (Unit of Length) bölümüne yazıldıktan sonra ImageJ otomatik piksel mesafesi (Distance in Pixel) kısmını hesaplayıp dolduracaktır.

1.3.3.5.6. Kalibrasyon

Yoğunluk standartlarının (radyoaktif izotop standartları, optik yoğunluk adım tableti vb.) kalibrasyonunda kullanılır.

1.3.3.5.7. Histogram

X eksenini gri de erleri, y eksenini de her bir gri de erin piksel miktarını göstermek üzere görüntüde bulunan gri de erlerin dağılımını hesaplayarak gösterir.

1.3.3.5.8. Yazdırma Profili

Görüntü üzerinde çizilen bir çizgi seçiminin, x eksenini çizgi uzunluğu, y eksenini çizilen çizgi üzerindeki piksel yoğunluğunu göstermek üzere çizgi uzunluğuna bağlı piksel yoğunluğunu hesaplar.

1.3.3.5.9. Yüzey Yazdırma

Görüntünün üç boyutlu grafiğini piksel yoğunluğuna bağlı olarak çizer.

1.3.3.5.10. Araçlar

- **X-Y Koordinatlarını Kaydet**

Arka plan dışındaki piksellerin de erlerini x-y koordinatları ile birlikte metin belgesine kaydeder. Bu de erler renkli ve gri görüntüler için farklıdır. Renkli görüntüler için x-y koordinatı ve RGB de erleri, gri görüntüler için x-y de erleri ve piksel de erleridir.

- **Kutu Say**

Bir objenin etrafını çevreleyen bir piksellik kutuları sayar.

- **Çizgi Grafi i Analizi**

Çizgi grafikleri ImageJ yazılımı içinde sayısal koordinatlara çevirip analiz etmeye yarar.

- **ROI Yöneticisi**

Görüntü üzerinde farklı bölgelerdeki seçimler ile i lem yapmaya yarar.

- **Kalibrasyon Çubu u**

Geçerli görüntünün RGB kopyasını olu turur ve bunun üzerine bir etiketli kalibrasyon çubu u görüntüler. Bu menü fonksiyonu çalı tırılncailleti im penceresi açılır. Buradan kalibrasyon çubu u ayarları yapılır.

1.3.3.6. Eklentiler

Java programlama dilinde yazılımı ve class dosyası olarak derlenmi eklentilerin, ImageJ yazılımına ekleyerek ImageJ' yi geli tirmeye yarayan menüdür.

1.3.3.7. Pencere

Bu menü açık olan görüntülerin listesini gösterir. Aktif görüntünün yanında bir onay i areti vardır. Ba ka bir görüntüyü aktif hale getirmek için bu menüden de seçim yapılabilir.

1.3.3.7.1. Hepsini Göster

ImageJ ile ilgili tüm pencereleri görünür yapmak için kullanılır.

1.3.3.7.2. Öne Getir

Tab tu unu kullanarak açık görüntü pencereleri arasında gezinmeyi sa lar.

1.3.3.7.3. Kademeli Diz

Açık olan pencereleri ekranın sol üst kö esinden ba layarak kademeli olarak arka arkaya dizer.

1.3.3.7.4. Dö eme

Açık olan pencereleri ekrana aralarında bo luk olmadan ve üst üste binmeden getirmek için kullanılır.

1. 4. Literatür Özeti

Sıkı tırlımı eklem kıkırdakta kondrositlerin morfolojik olarak de iimleri polarize ı ık mikroskobu kullanılarak incelenmi tir (Çiçek ve di ., 2010).

Sıkı tırlımı eklem kıkırda ın moleküler ve morfolojik yapısı polarize ı ık mikroskobu ve fourier - transform infrared spektroskopi ile incelenmi tir (Xia ve di ., 2008).

Eklem kıkırda a haricen uygulanan baskı ile hücre dı ı matristeki deformasyonu polarize ı ık mikroskobu ile incelenmi tir (Alhadlaq ve di ., 2007).

nsan eklem kıkırda ındaki matris hasarı manyetik rezonans görüntüleme ve polarize ı ık mikroskobu ile Williams ve ark. tarafından incelenmi tir.(Williams ve di ., 2010).

Kıkırdak kaybı olan diz osteoartriti hastalı ında manyetik rezonans görüntüleme ile menüsküslerdeki de i iklikler ara tırlımı tir (Hunter ve di ., 2006).

Osteoartritli diz eklemlerinde menisküsüteki a ınma elektron mikroskobu ile incelenmi tir (Kaya ve di ., 2009).

Farklı bölgelerdeki eklem kıkırdak dokusunun ekilsel ve biyomekaniksel özellikleri incelenmi tir. Her eklem o bölgedeki fonksiyona ba lı olarak farklı mekanik özellikler göstermektedir (Wong ve Carter, 2003).

Brand ve arkadaşları osteoartrit hastalı ının sebeplerini ara tırmı lardır. Obeziteye ba lı olarak mekanik zorlanmaların bu hastalı ın ba lıca sebeplerinden biri oldu unu söylemi lerdir (Brandt ve di ., 2008).

Dieppe osteoartrit hastalı ının geli imini ara tırmı tir. Bu hastalı ın ortaya çıkmasında genetik etkenler, ya , cinsiyet gibi sistematik sebeplerin yanı sıra obezite ve eklem yaralanması gibi mekanik zorlanmalarda sebep olmaktadır (Dieppe, 2011).

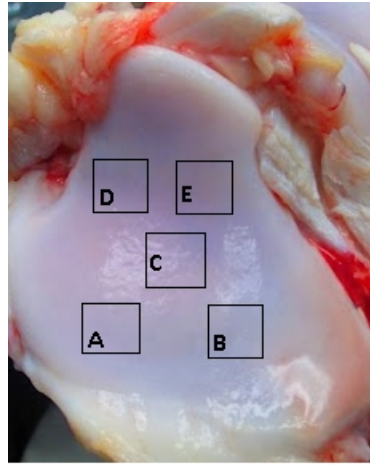
Mow ve Sugalski (2001) sinovial sıvı ve eklem kıkırdak fizyolojisi üzerine yaptıkları çalı mada, dokunun i levine uyumunu geli tirecek ekilde, hücrelerin matris

metabolizmasını devam ettirmeleri için fizyolojik düzeyde yüklenmelerin gerekli oldu unu söylemi lerdir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalı mada materyal olarak kullanılan kıkırdak doku örnekleri 12-18 aylık Black Angus cinsi büyük ba hayvanların diz ekleminden alınmı tır.

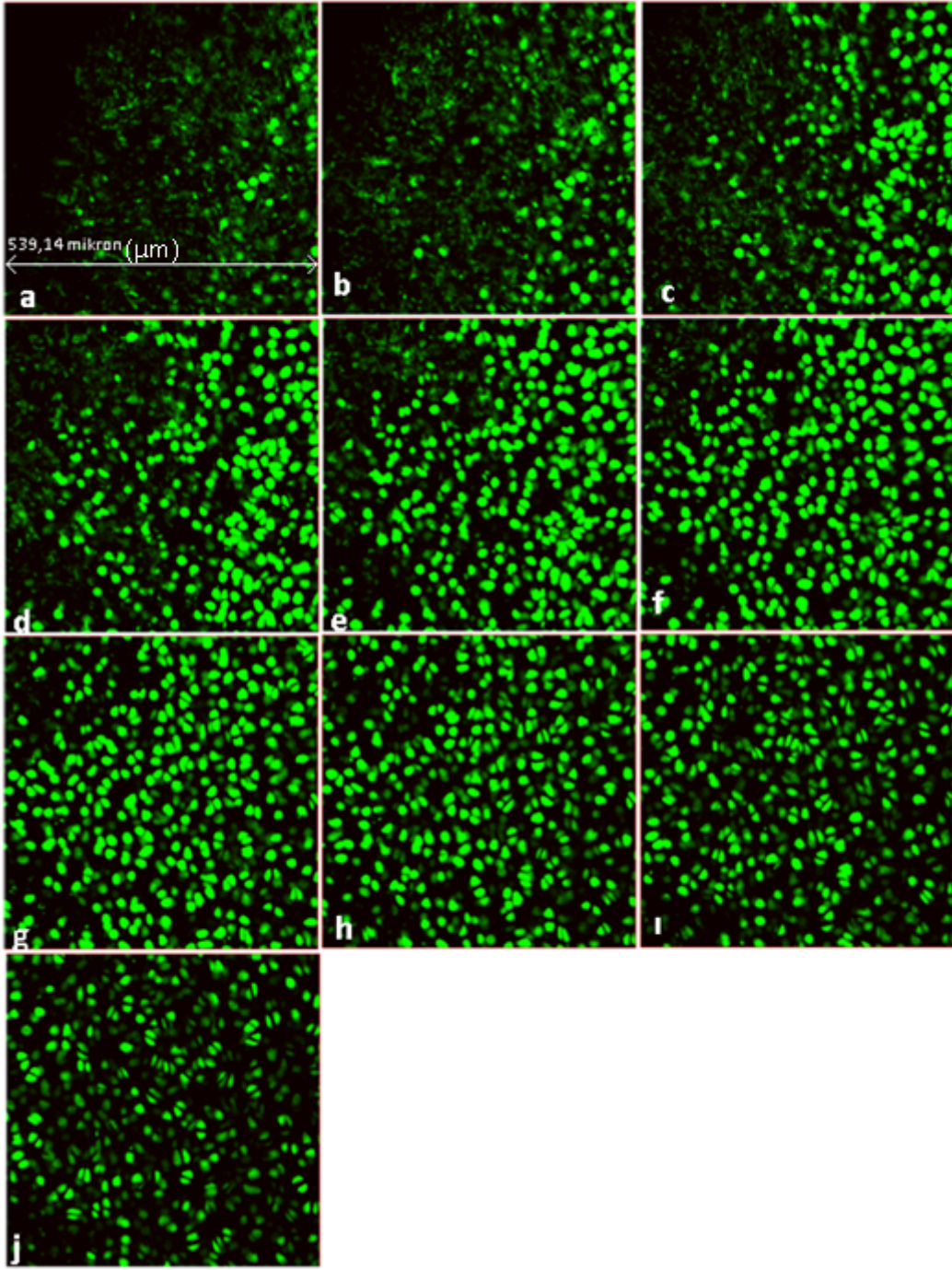
ncelenecek numuneler ekil 2.1.'de gösterilen bölgelerden 2cm x 2cm geni li inde alınmı tır.



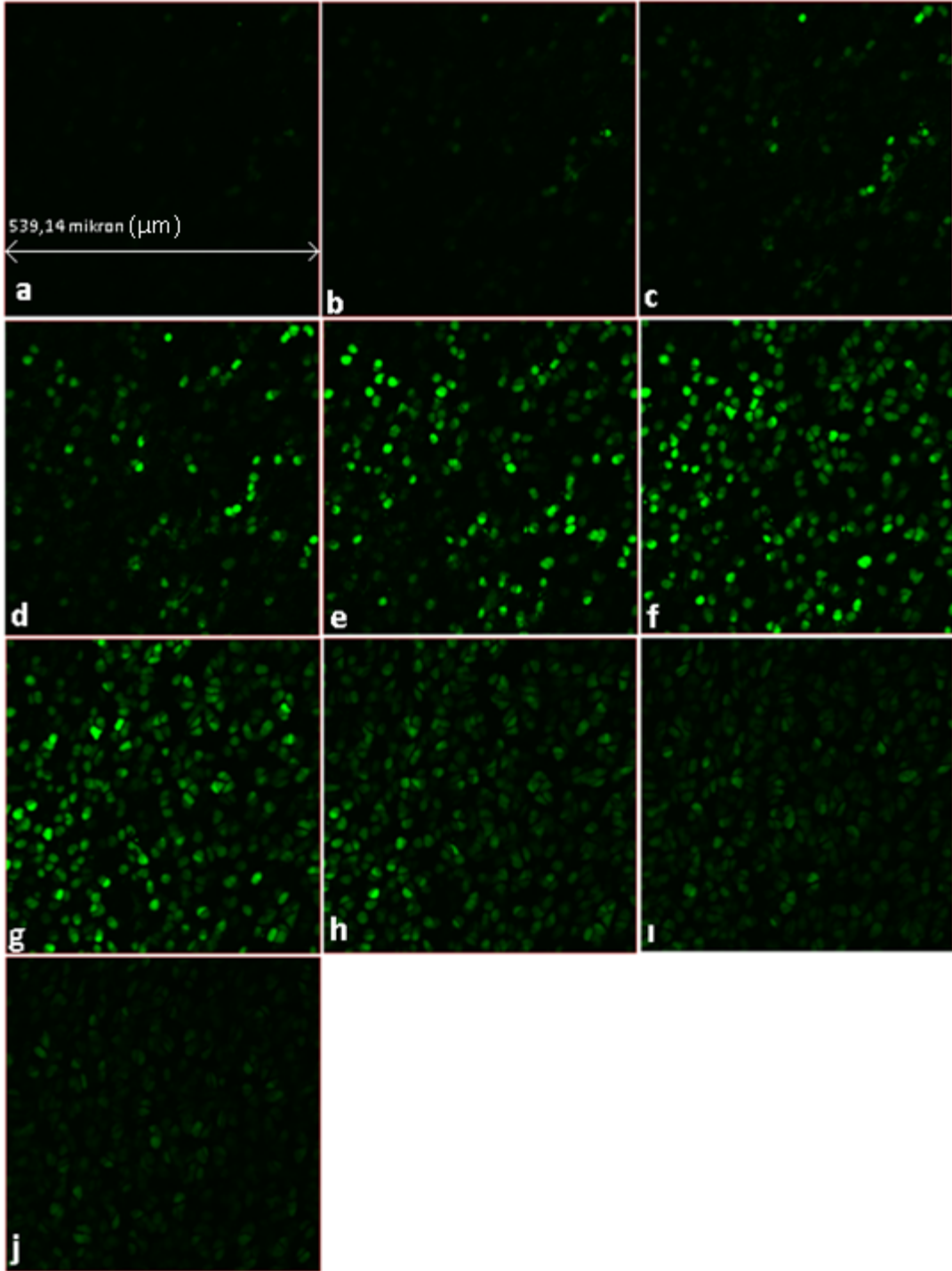
ekil 2.1. Eklem yüzeyinden alınan örneklerin bölgeleri.

Alınan her doku örneklerinin farklı derinliklerinden Biorad 1024 marka lazer taramalı konfokal mikroskopta 20X ile görüntüler alındı. Her örnek için de iki sayılarda optik kesitlerden görüntüler alındı. Alınan görüntülerin geni li i ve yüksekli i 1024 pikseldir. Bu ölçüler gerçek dünya boyutlarında 539,14 μm 'ye kar ılıklı gelmektedir (1 piksel=0,527 μm).

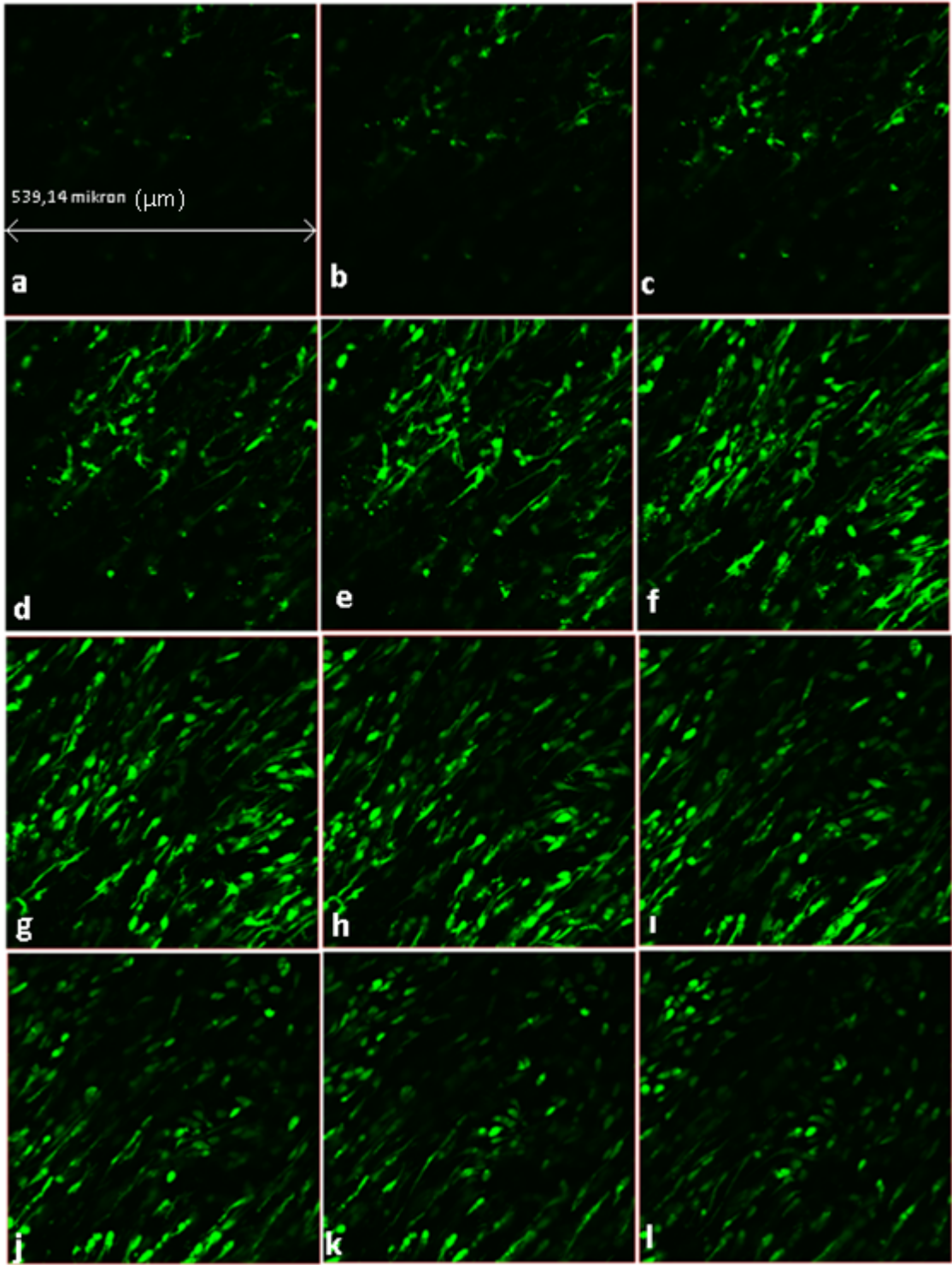
Numunelerden elde edilen görüntüler A bölgesi için ekil2.2, B bölgesi için ekil 2.3, C bölgesi için ekil 2.4, D bölgesi için ekil 2.5, E bölgesi için ekil 2.6'da gösterilmi tir.



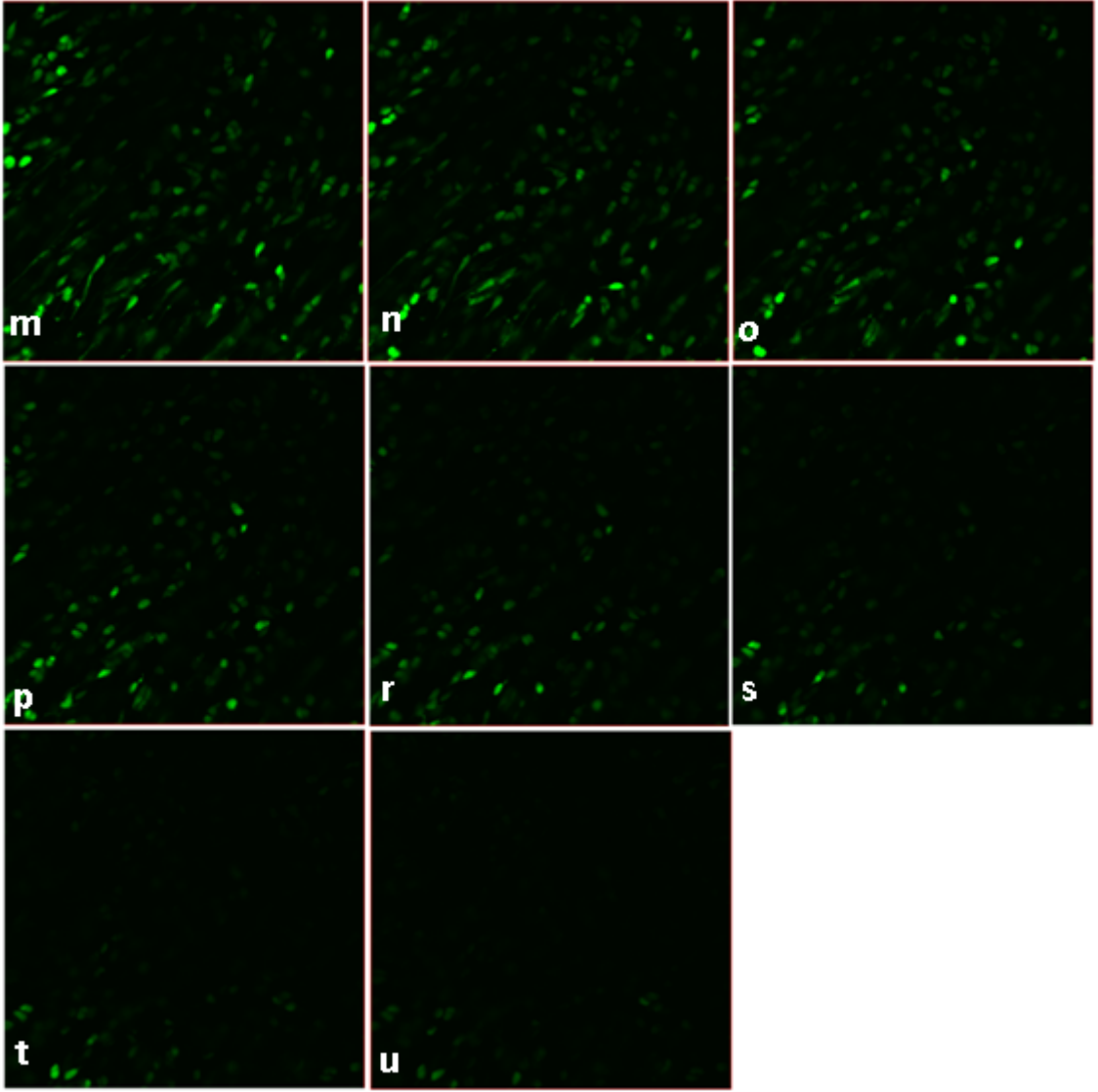
ekil 2.2. A bölgesinden alınan örnekten, a'dan j'ye farklı derinliklerden elde edilen görüntüler.(a'dan j'ye derinlik artmaktadır.)



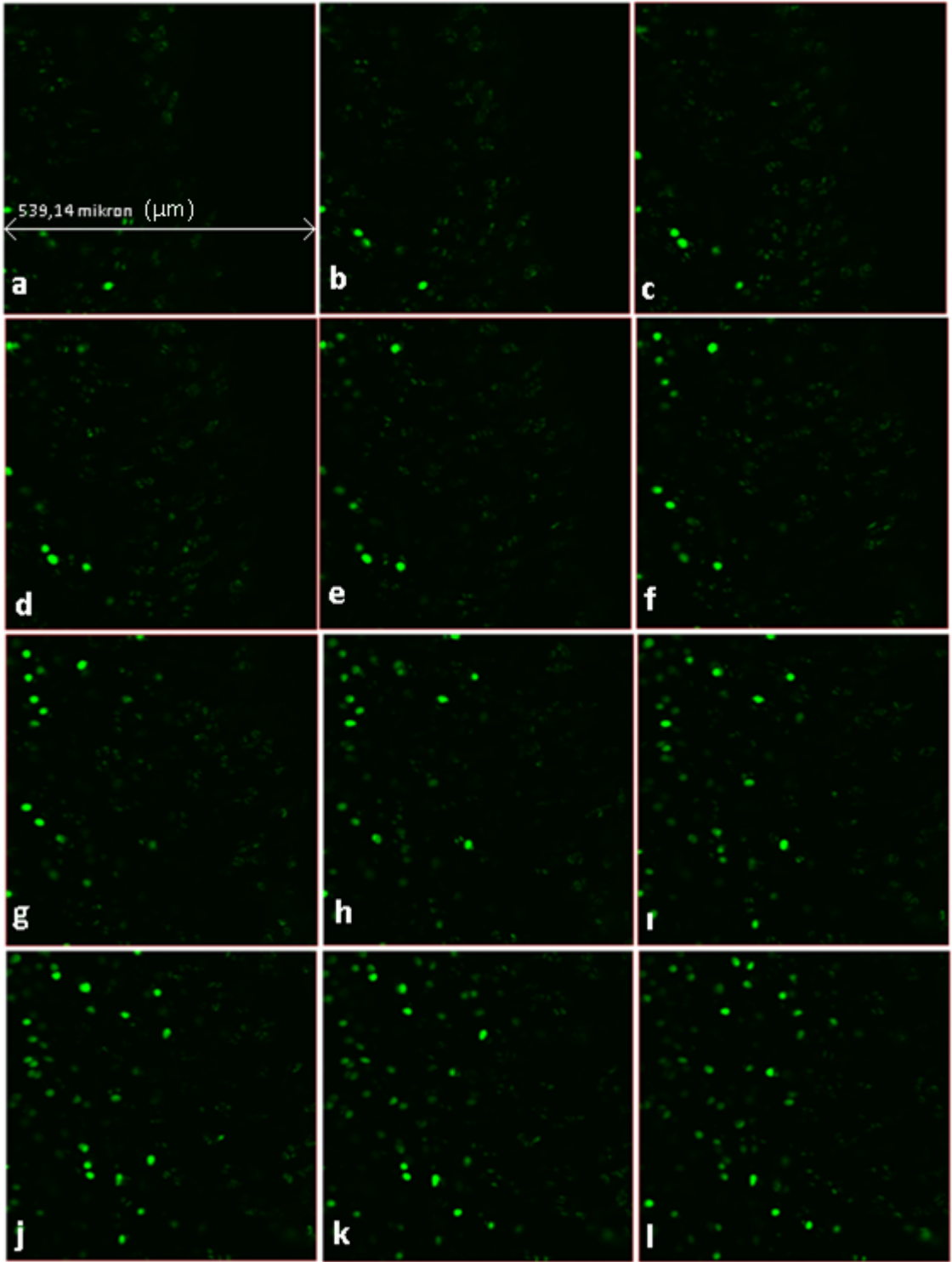
ekil 2.3. B bölgesinden alınan örnekten, a'dan j'ye farklı derinliklerden elde edilen görüntüler. (a'dan j'ye derinlik artmaktadır.)



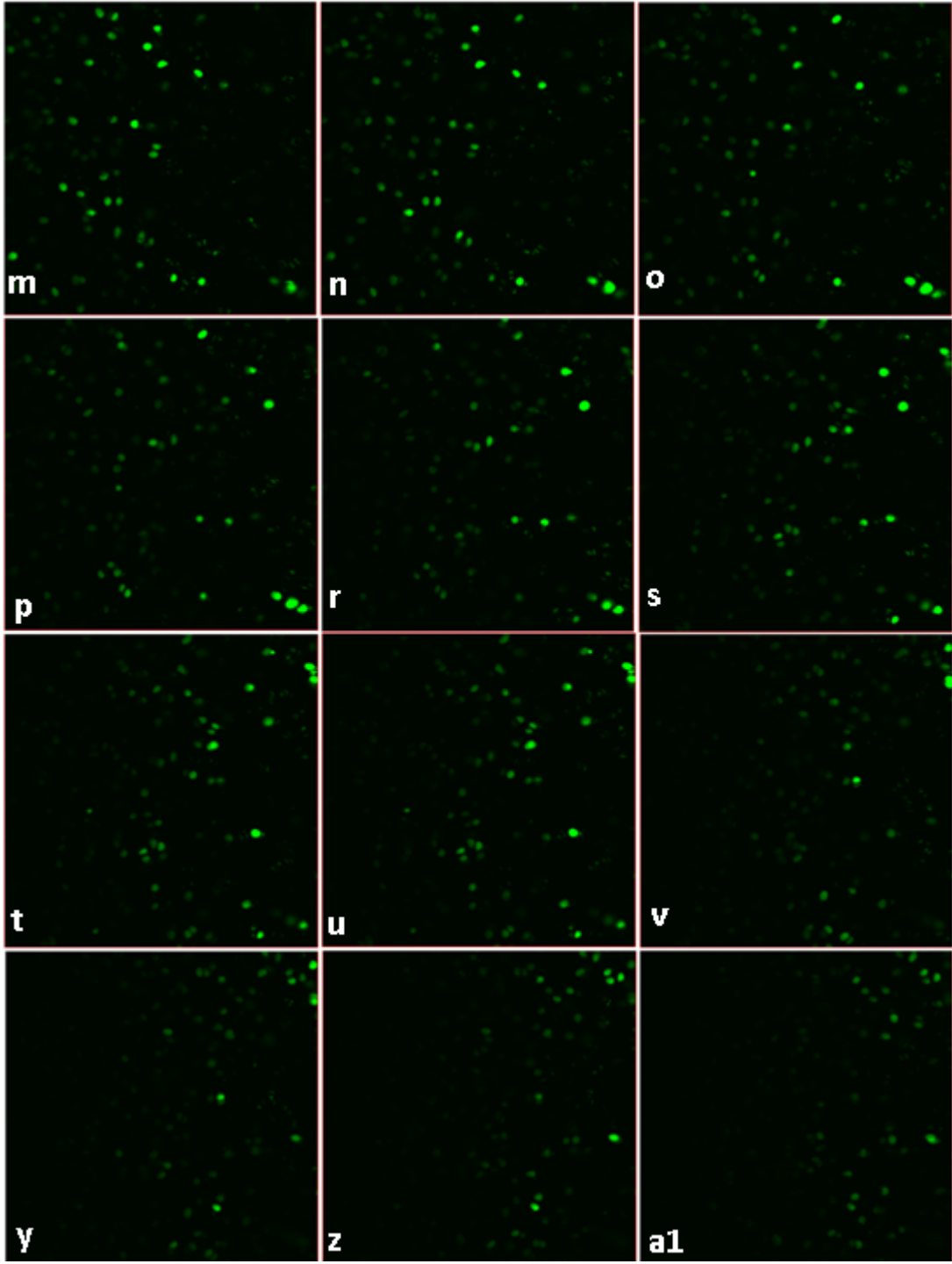
ekil 2.4.1. C bölgesinden alınan örnekten, a'dan l'ye farklı derinliklerden elde edilen görüntüler. (a'dan l'ye derinlik artmaktadır.)



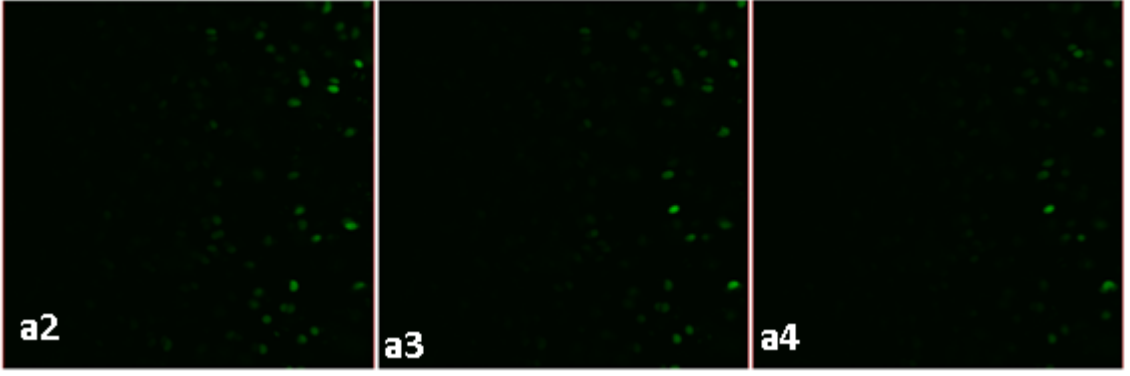
ekil 2.4.2.C bölgesinden alınan örnekten, m'den u'ya farklı derinliklerden elde edilen görüntüler. (m'den u'ya derinlik artmaktadır.)



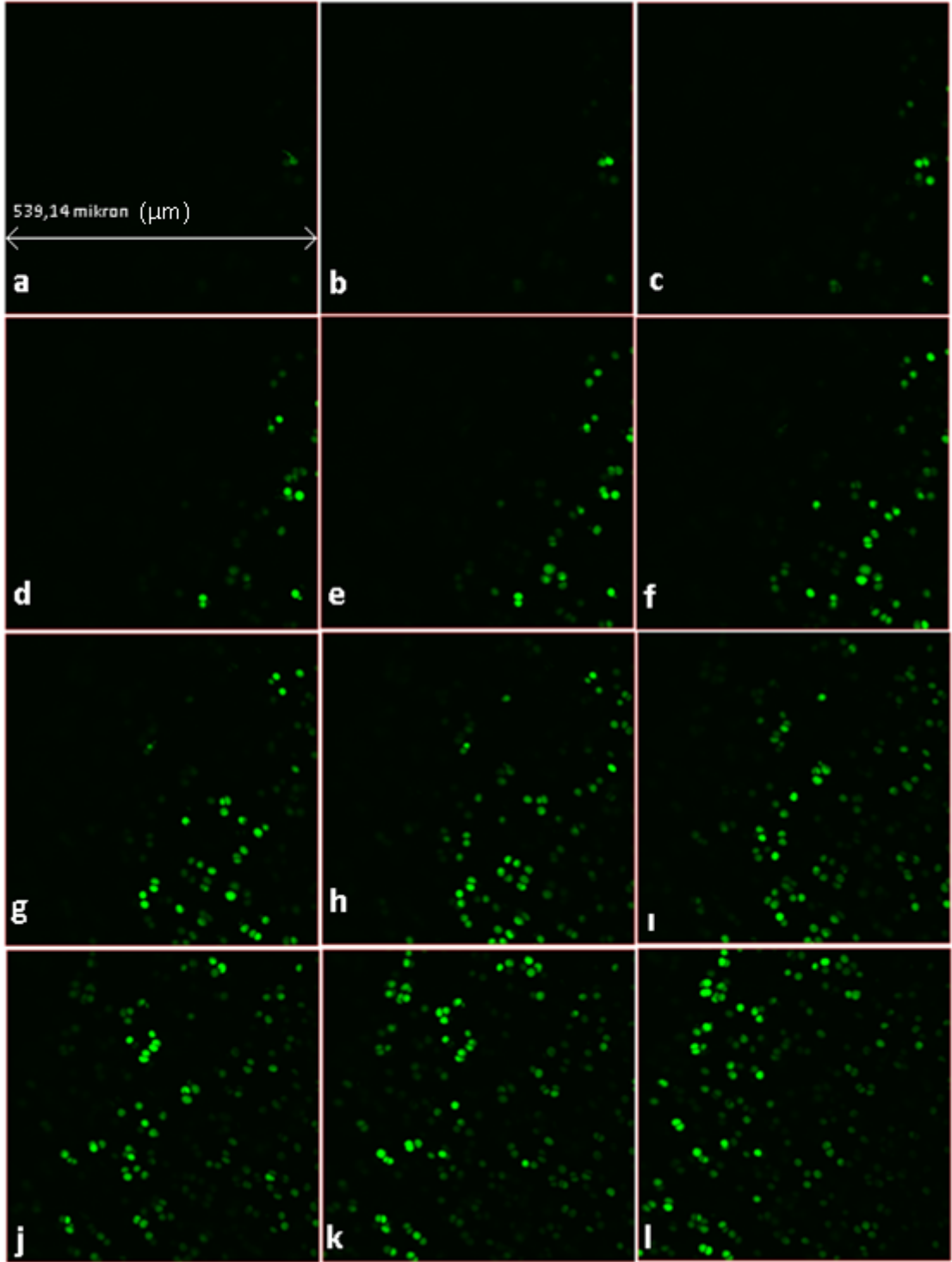
ekil 2.5.1. D bölgesinden alınan örnekten, a'dan l'ye farklı derinliklerden elde edilen görüntüler. (a'dan l'ye derinlik artmaktadır.)



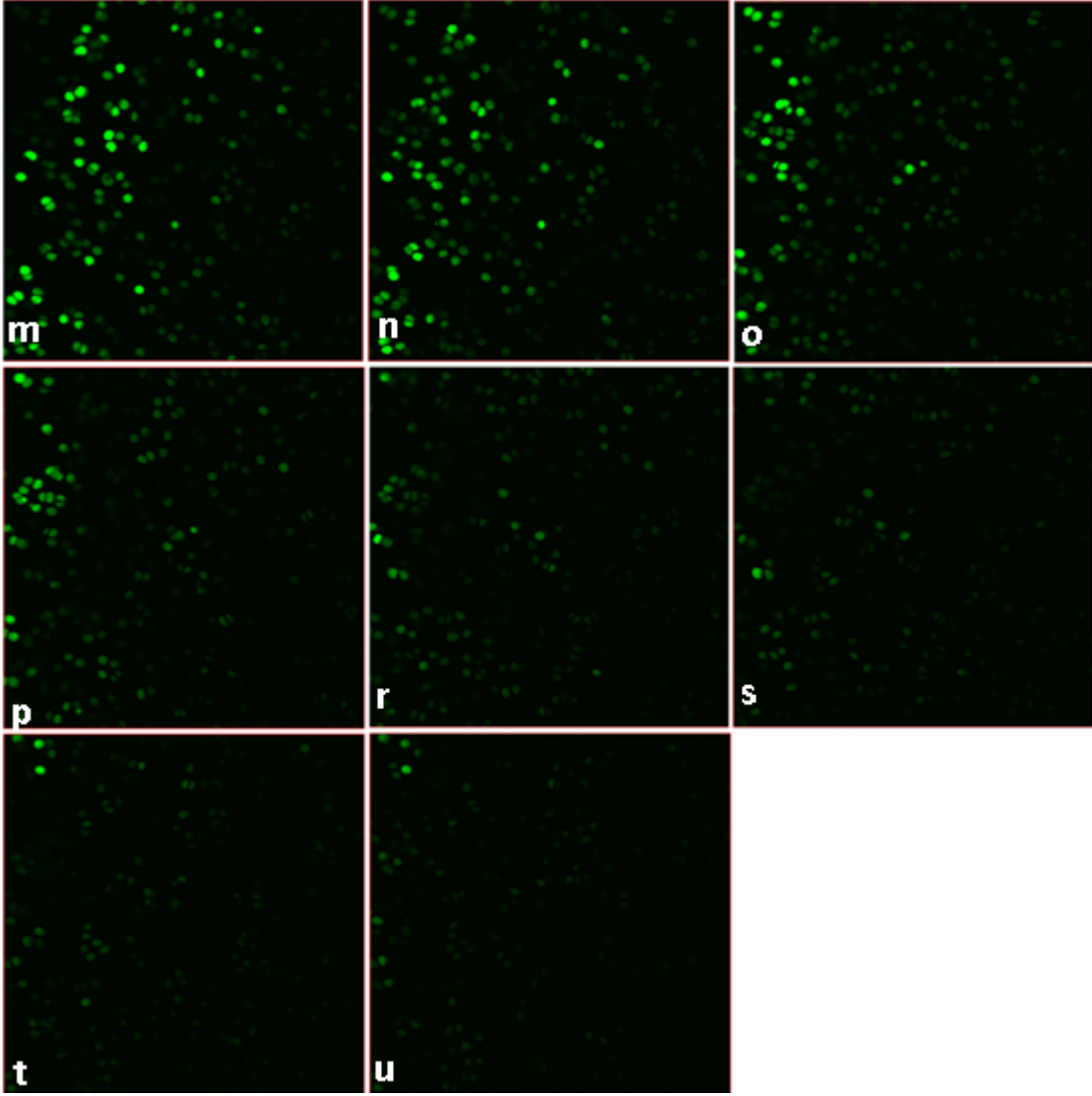
ekil 2.5.2. D bölgesinden alınan örnekten, m'den a1'e farklı derinliklerden elde edilen görüntüler. (m'den a1'e derinlik artmaktadır.)



ekil 2.5.3.D bölgesinden alınan örnekten, a2'den a4'e farklı derinliklerden elde edilen görüntüler.
(a2'den a4'e derinlik artmaktadır.)



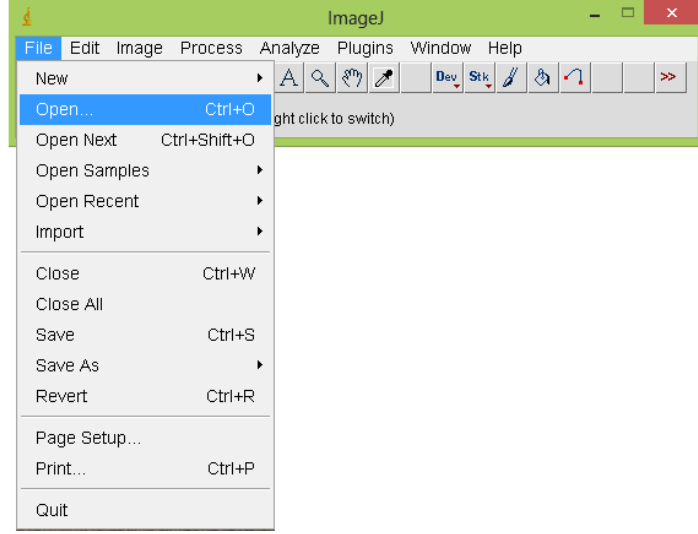
ekil 2.6.1. E bölgesinden alınan örnekten, a'dan l'ye farklı derinliklerden elde edilen görüntüler. (a'dan l'ye derinlik artmaktadır.)



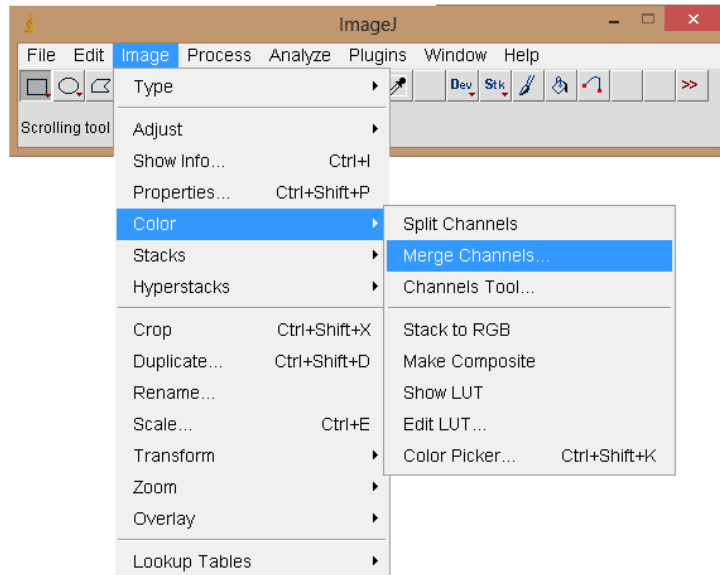
ekil 2.6.2. E bölgesinden alınan örnekte, m'den u'ya farklı derinliklerden elde edilen görüntüler. (m'den u'ya derinlik artmaktadır.)

ImageJ yazılımından File - Open menüsü (ekil 2.7.) kullanılarak görüntüler açıldı. Görüntülerin daha belirgin ve anlaşılabilir olması için Image - Color - Merge Channels menüsünden (ekil 2.8.) açılan iletişim penceresinden (ekil 2.9) ayarlar yapılarak görüntü renklendirildi. Ölçümleri yapmadan önce Image - Adjust - Threshold menüsünden (ekil 2.10.) gerekli ayarlar (ekil 2.11.) yapılarak görüntü siyah beyaz hale getirildi. Hangi ölçümlerin yapılacağını Analyze - Set Measurements menüsünden (ekil 2.12.) açılan iletişim penceresinden (ekil 2.13.) seçildi. Bu ayarlamalar bittikten

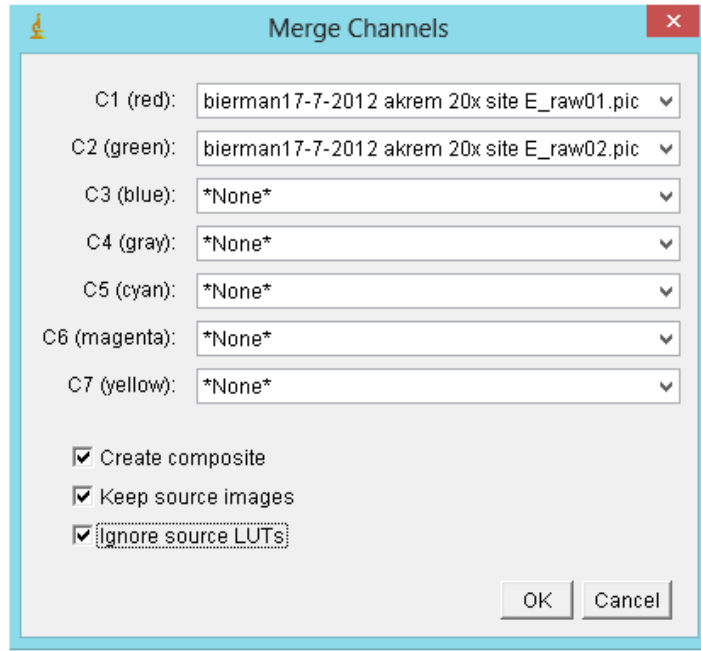
sonra Analyze -Analyze Particle menüsünden (ekil 2.14.) açılan ileti im penceresinden (ekil 2.15.) istenen ayarlar yapıлып ölçümler bir tablo halinde alındı.



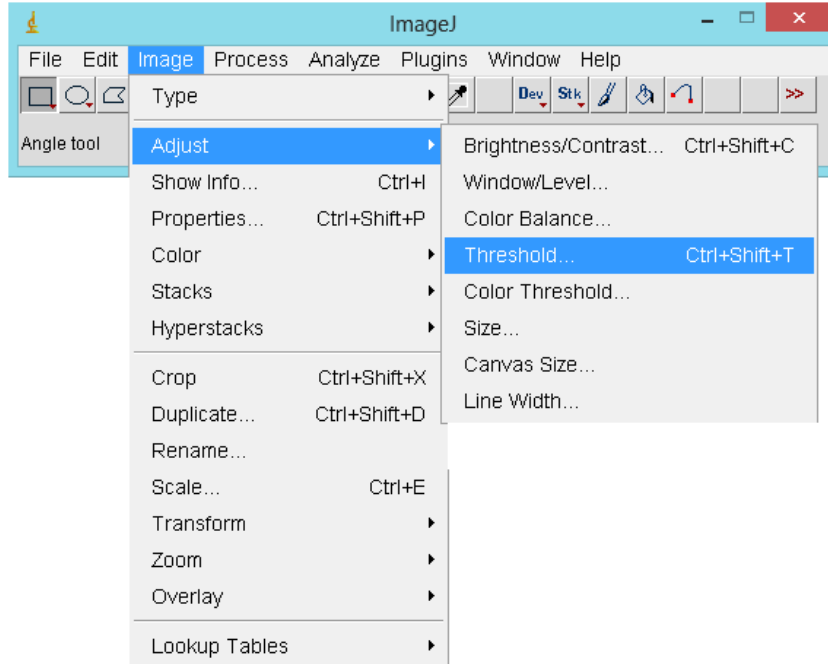
ekil 2.7. Görüntüleri açmak için kullanılan menü.



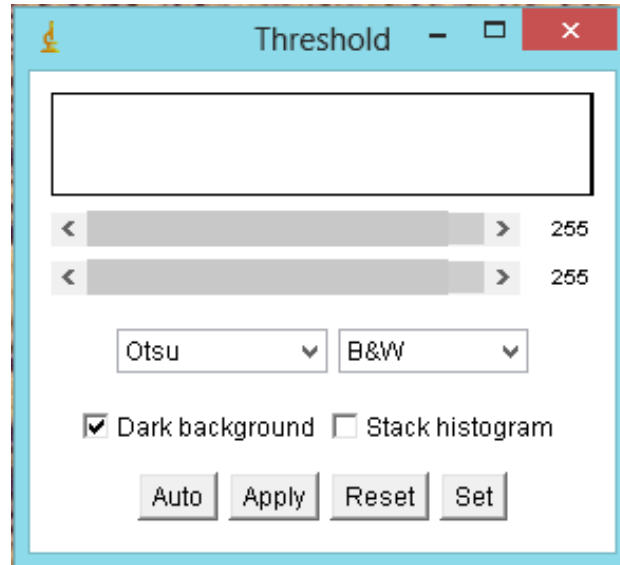
ekil 2.8. Görüntüyü renklendirmek için kullanılan menü.



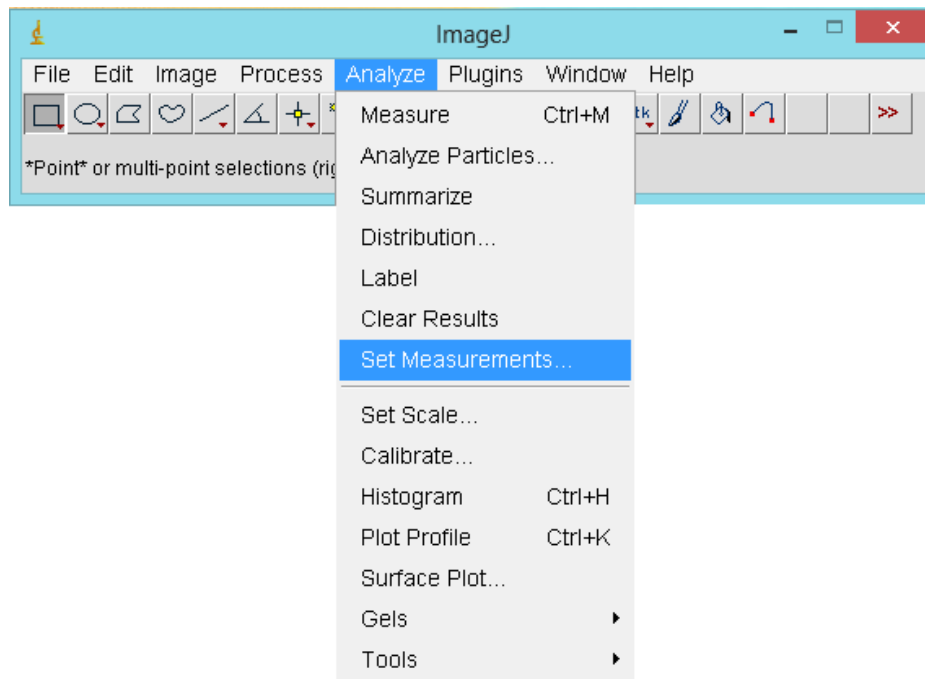
ekil 2.9. Marge Channels ileti im penceresi.



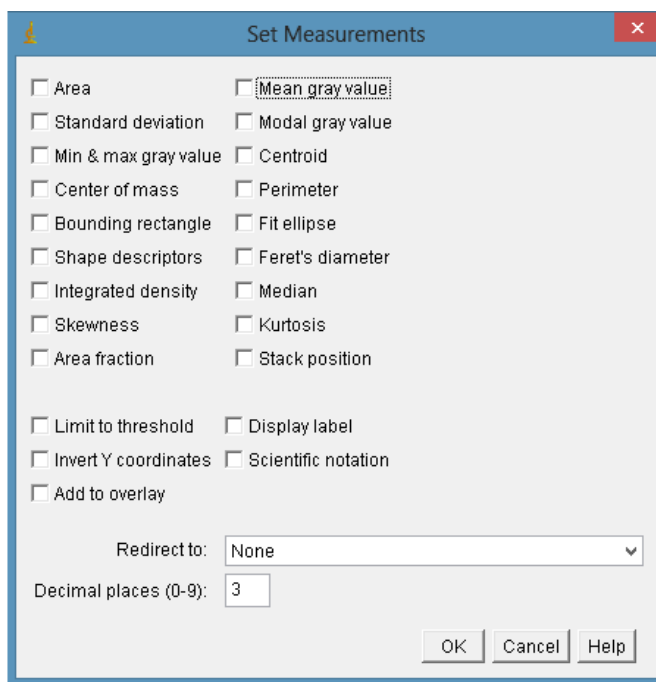
ekil 2.10. Görüntüyü siyah beyaz yapmak için kullanılan menü.



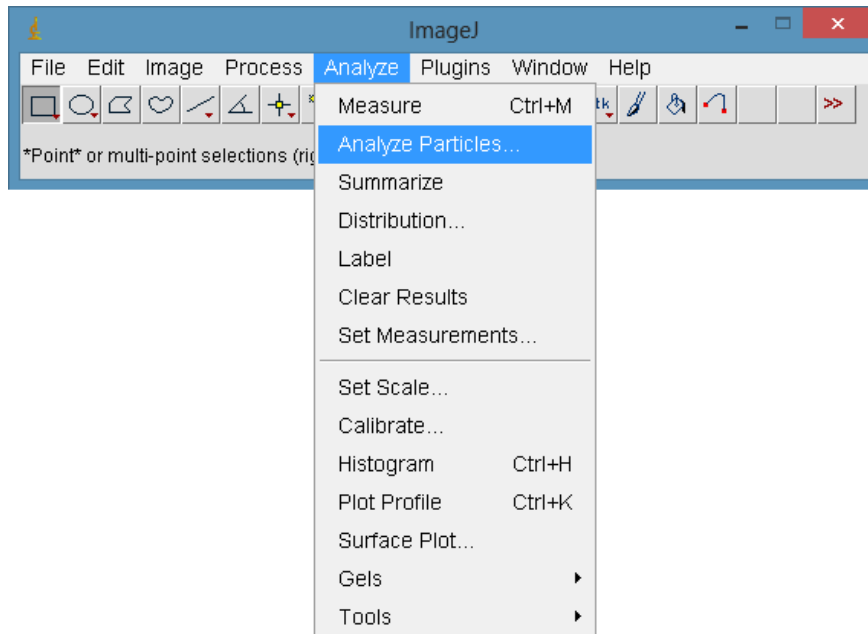
ekil 2.11. Image - Adjust - Threshold menüsü ileti im penceresi.



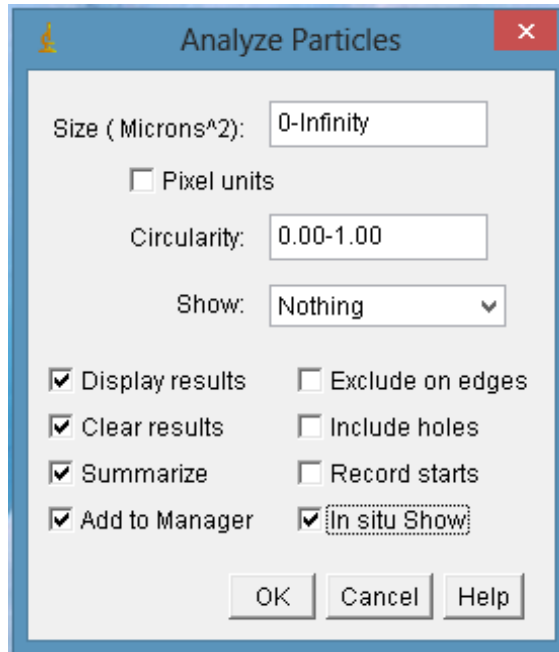
ekil 2.12. Analyze Set Measurements menüsü.



ekil 2.13. Analyze Set Measurements menüsü ileti im penceresi.



ekil 2.14.Analyze - Analyze Particle menüsü.



ekil 2.15. Analyze - Analyze Particle menüsü ileti im penceresi.

3. ARA TIRMA BULGULARI

Yapılan ölçümler her optik kesitte bulunan hücrelerden ölçülen Alan (Area), Uzun Kenar (Major), Kısa Kenar (Minor), Açık (Angle). Dairesellik (Circ.), Uzun Kenarın Kısa Kenara Oranı (AR) de erlerinden olu maktadır.

Her bölgenin optik kesitlerinden alınan ölçümler, her bölge için ayrı ortalamalar hesaplandı. Bu de erler ile farklı bölgelerdeki hücrelerin yönelim, ekil ve dairesellikleri hakkında genel bir bilgi elde edilir. Bu bilgilerin do rultusunda hangi bölgelerdeki hasarın daha çok oldu u anla ılacaktır.

Numunelerden alınan optik kesitler üzerinde yapılan ölçüm sonuçları A bölgesi için Çizelge 3.1.'de, B bölgesi için Çizelge 3.2.'de, C bölgesi için Çizelge 3.3.'te, D bölgesi için Çizelge 3.4.'de, E bölgesi için Çizelge 3.5.'de verilmi tir. Tablolarda verilen de erler ortalama de er \pm standart sapma eklindedir.

Çizelge 3.1.A bölgesinden alınan ölçüm sonuçları (1 piksel=0,527 μ m).

Kesit	Adet	Alan (piksel ²)	Uzun Eksen (piksel)	Kısa Eksen (piksel)	Açık (derece)	Dairesellik
1	6	146,917 \pm 29,272	15,088 \pm 0,958	12,312 \pm 1,777	110,83 \pm 69,431	0,613 \pm 0,24
2	20	163,813 \pm 47,515	16,487 \pm 2,811	12,495 \pm 1,897	92,725 \pm 48,297	0,618 \pm 0,174
3	58	168,434 \pm 47,863	16,935 \pm 2,771	12,487 \pm 1,933	98,733 \pm 38,538	0,582 \pm 0,202
4	105	173,067 \pm 53,718	17,411 \pm 3,751	12,528 \pm 2,11	94,964 \pm 43,246	0,579 \pm 0,19
5	121	172,782 \pm 64,172	17,305 \pm 4,213	12,548 \pm 2,132	96,431 \pm 47,27	0,57 \pm 0,187
6	122	161,584 \pm 43,789	16,572 \pm 2,504	12,287 \pm 1,902	98,877 \pm 44,77	0,538 \pm 0,166
7	80	151,844 \pm 37,614	16,266 \pm 2,718	11,817 \pm 1,651	88,703 \pm 40,717	0,495 \pm 0,173
8	46	139,867 \pm 33,677	15,943 \pm 2,986	11,173 \pm 1,597	92,061 \pm 48,175	0,416 \pm 0,167
9	7	143,036 \pm 33,468	16,303 \pm 2,098	11,16 \pm 1,903	47,785 \pm 39,959	0,337 \pm 0,156

Çizelge 3.2.B bölgesinden alınan ölçüm sonuçları (1 piksel=0,527 µm).

Kesit	Adet	Alan (piksel ²)	Uzun Eksen (piksel)	Kısa Eksen (piksel)	Açı (derece)	Dairesellik
1	8	162,371±54,701	17,713±4,767	11,607±2,025	58,513±19,839	0,673±0,189
2	25	194,596±91,706	19,126±6,76	12,69±1,904	66,067±38,048	0,645±0,191
3	70	184,498±62,311	18,091±3,005	12,777±2,391	73,655±35,369	0,702±0,178
4	106	173,142±51,356	17,371±2,888	12,521±2,097	76,529±39,715	0,655±0,172
5	78	179,83±65,883	18,38±4,106	12,281±2,575	78,522±45,411	0,571±0,179
6	16	168,227±50,899	17,738±2,171	11,952±2,625	90,079±53,218	0,657±0,132
7	2	121,83±13,525	14,115±0,473	11,016±1,59	103,892±83,038	0,293±0,049

Çizelge 3.3.C bölgesinden alınan ölçüm sonuçları (1 piksel=0,527 µm).

Kesit	Adet	Alan (piksel ²)	Uzun Eksen (piksel)	Kısa Eksen (piksel)	Açı (derece)	Dairesellik
1	1	101,733	12,608	10,274	127,112	0,365
2	5	182,676±45,989	23,545±5,313	10,318±3,111	37,059±17,665	0,337±0,167
3	14	232,434±136,512	24,511±9,396	11,701±3,343	71,616±54	0,381±0,184
4	32	232,928±124,408	28,934±15,197	10,54±2,66	71,053±43,764	0,395±0,211
5	57	285,946±199,213	30,559±14,205	11,794±5,131	74,58±46,609	0,345±0,198
6	76	352,572±329,588	34,44±19,314	12,025±4,687	52,026±28,705	0,336±0,2
7	96	286,841±210,818	30,885±13,076	11,489±4,85	50,633±30,901	0,384±0,172
8	71	290,465±236,508	32,133±15,002	10,849±4,46	59,315±39,661	0,369±0,195
9	61	280,274±321,653	31,811±21,328	10,633±3,414	55,432±35,358	0,402±0,202
10	52	237,083±153,202	30,625±12,438	9,818±2,971	51,497±31,021	0,415±0,196
11	42	211,307±106,379	28,934±14,046	9,495±2,158	48,914±30,015	0,482±0,174
12	34	180,1±69,596	23,526±7,773	10,067±3,25	49,856±36,302	0,529±0,205
13	20	170,66±47,954	20,956±7,71	10,717±2,435	64,445±30,942	0,617±0,189
14	16	151,63±44,643	19,867±4,332	9,766±2,314	60,112±38,616	0,578±0,151
15	16	157,572±45,169	19,864±4,483	10,264±2,473	61,042±47,528	0,583±0,195
16	13	153,634±34,127	19,426±3,667	10,143±1,842	58,615±46,399	0,617±0,165
17	4	125,434±20,458	16,931±3,09	9,473±1,073	86,82±57,14	0,721±0,034
18	4	125,711±43,44	17,449±3,651	9,214±1,683	109,659±20,034	0,62±0,13
19	2	183,508±29,793	21,257±0,005	10,991±1,782	58,245±33,386	0,727±0,063

Çizelge 3.4.D bölgesinden alınan ölçüm sonuçları (1 piksel=0,527 µm).

Kesit	Adet	Alan (piksel ²)	Uzun Eksen (piksel)	Kısa Eksen (piksel)	Açı (derece)	Dairesellik
1	2	153,431±41,358	16,84±2,765	11,499±1,239	12,885±14,411	0,701±0,054
2	4	142,413±23,058	15,37±1,762	11,753±0,743	91,361±64,823	0,814±0,048
3	5	159,059±47,817	16,611±2,3	12,133±2,627	130,95±55,5	0,743±0,16
4	5	193,543±57,354	17,772±3,813	13,709±1,537	99,522±58,762	0,724±0,213
5	6	162,856±49,868	15,564±2,483	13,084±2,105	124,793±59,015	0,76±0,092
6	8	157,486±38,152	15,58±2,179	12,742±1,584	93,704±70,647	0,779±0,094
7	11	146,842±31,41	15,427±1,89	12,06±1,589	100,907±78,598	0,812±0,098
8	13	142,631±34,063	15,507±2,455	11,638±1,517	113,814±59,301	0,797±0,096
9	13	161,374±37,034	16,664±2,307	12,286±1,791	87,735±71,168	0,774±0,078
10	21	152,052±44,028	16,202±3,119	11,846±1,767	74,867±60,682	0,764±0,155
11	12	144,723±38,932	15,6±2,429	11,696±1,744	85,973±56,633	0,828±0,075
12	15	136,199±22,213	15,066±1,655	11,502±1,273	67,457±59,683	0,842±0,059
13	20	141,955±19,98	15,373±1,361	11,621±1,207	96,741±58,986	0,814±0,096
14	16	151,11±45,674	15,724±2,449	11,919±1,788	80,596±58,76	0,838±0,047
15	9	184,031±104,033	16,998±3,798	13,344±3,851	64,429±60,423	0,817±0,098
16	12	164,774±70,3	15,927±3,448	12,72±2,583	63,507±65,284	0,797±0,115
17	9	170,911±59,243	16,587±2,904	12,872±2,666	86,581±66,849	0,782±0,118
18	13	156,321±43,837	16,219±2,637	12,161±2,156	96,54±70,255	0,785±0,16
19	11	176,679±91,996	17,654±7,075	12,429±1,735	62,852±61,839	0,742±0,171
20	9	161,671±48,264	16,554±2,484	12,263±2,113	90,288±59,027	0,707±0,215
21	5	165,213±70,659	16,179±3,676	12,664±2,536	52,474±47,423	0,82±0,08
22	6	141,974±48,985	15,346±2,979	11,554±1,902	81,212±62,332	0,831±0,084
23	5	139,266±26,625	15,54±1,832	11,352±0,827	123,134±62,851	0,88±0,03
24	5	136,55±10,558	15,723±1,468	10,914±0,794	90,283±44,359	0,711±0,191
25	3	123,355±51,695	15,307±2,708	10,271±1,894	146,793±14,717	0,771±0,055
26	2	124,602±1,764	15,54±0,817	10,209±0,41	20,909±50,255	0,841±0
27	2	114,069±15,681	15,015±0,748	9,659±0,837	21,758±4,331	0,681±0,118

Çizelge 3.5.E bölgesinden alınan ölçüm sonuçları (1 piksel=0,527 µm).

Kesit	Adet	Alan (piksel ²)	Uzun Eksen (piksel)	Kısa Eksen (piksel)	Açı (derece)	Dairesellik
1	1	131,394	14,968	11,177	129,876	0,789
2	1	316,842	27,886	14,466	10,148	0,595
3	3	211,69±100,107	18,468±6,984	14,264±1,885	81,156±64,802	0,793±0,213
4	7	176,38±69,738	17,203±5,139	12,763±1,983	104,046±19,963	0,783±0,16
5	16	183,854±64,563	17,486±4,474	13,149±1,909	112,785±53,142	0,783±0,137
6	24	160,916±48,484	15,964±3,022	12,655±1,717	106,48±37,666	0,816±0,104
7	25	160,179±41,31	15,924±2,586	12,679±1,514	124,001±38,488	0,82±0,141
8	34	144,537±33,16	15,37±2,971	11,924±1,096	104,957±50,834	0,851±0,106
9	35	145,523±39,023	15,481±3,084	11,878±1,352	120,74±44,614	0,783±0,145
10	39	156,434±63,362	15,795±4,067	12,305±1,865	108,474±46,992	0,799±0,15
11	40	171,373±64,645	16,76±4,665	12,773±1,515	93,541±52,891	0,797±0,15
12	47	167,743±64,414	16,599±4,452	12,603±1,641	104,189±57,205	0,822±0,127
13	60	155,977±56,014	15,771±3,394	12,342±1,839	111,858±55,542	0,838±0,117
14	55	155,037±50,552	15,862±3,481	12,262±1,511	100,69±59,856	0,829±0,118
15	33	161,878±51,776	16,471±3,479	12,361±1,62	112,601±63,567	0,8±0,138
16	24	158,236±72,749	15,889±4,738	12,308±1,644	106,875±58,012	0,817±0,107
17	8	134,859±26,8	14,325±1,41	11,904±1,326	103,727±64,542	0,857±0,074
18	2	148,858±60,764	15,528±1,329	12,037±3,952	110,768±5,906	0,756±0,187
19	3	155,141±15,31	15,889±0,388	12,456±1,52	61,017±88,791	0,9±0,047
20	5	122,745±22,161	14,169±0,942	10,976±1,347	125,775±69,519	0,818±0,105

Her bölge için tablolardaki değerlerin ortalamaları hesaplandı (Çizelge 3.6.).

Çizelge 3.6. Tüm bölgeler için ortalama değerler (1 piksel=0,527 µm).

	Area	Major	Minor	Angle	Circ.	AR
A	163,365 ± 50,474	16,805±3,291	12,244±1,972	94,891±44,699	0,542±0,187	1,396
B	178,3401±61,858	17,945±3,735	12,468±2,304	75,938±40,884	0,641±0,183	1,471
C	258,327±218,983	29,286±15,027	10,853±3,958	57,737±37,456	0,419±0,207	3,049
D	153,637±49,928	15,988±2,874	12,051±1,969	86,094±62,406	0,791±0,119	1,342
E	158,992±55,613	16,057±3,757	12,387±1,635	107,422±53,333	0,815±0,129	1,298

4.TARTI MA ve SONUÇ

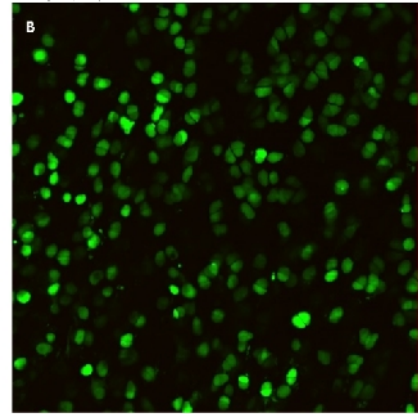
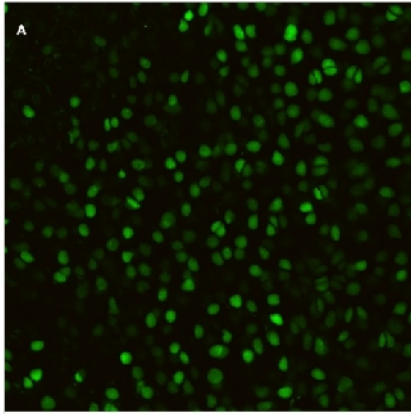
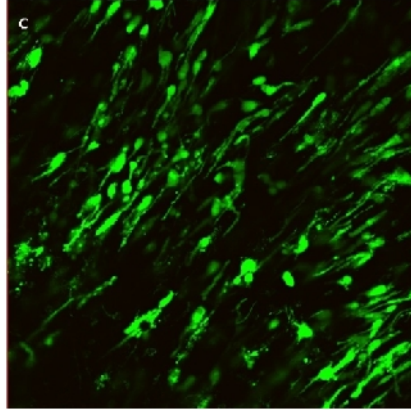
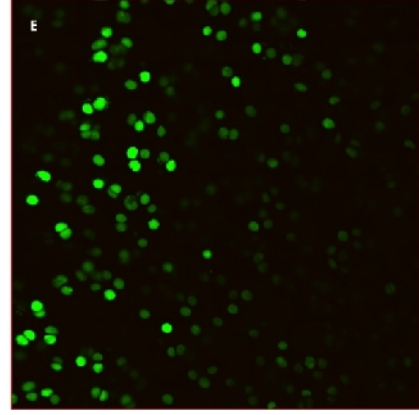
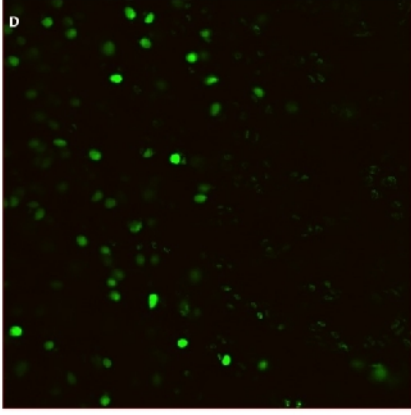
Eklemlerdeki dejenerasyonun en erken fark edilen bulgusu yüzeysel tabakasındaki kollajen matrisin yıkılması ve yeniden ekillenmesidir (Doral ve di ., 2007).

Osteoartrit, eklemlerde bulunan kıkırdak dokunun anormal bir ölçüde yıpranması, yok olması veya eklemleri kayganla tıran sinovial sıvının azalmasıyla tanımlanan, eklemlerde a rıya yol açan bir hastalıktır. Bu hastalı n ilerleyen evrelerinde kıkırdak dokunun kaybolması durumunda eklem bölgesinde kemiklerin birbirine sürtünme durumuna kadar daralma olur. Bunların sonucu olarak eklemde iddetli a rı, fonksiyon kısıtlılı ı, eklemde kilitlenme ekinde sorunlarla kar ıla ılır (Haugh, 1993).

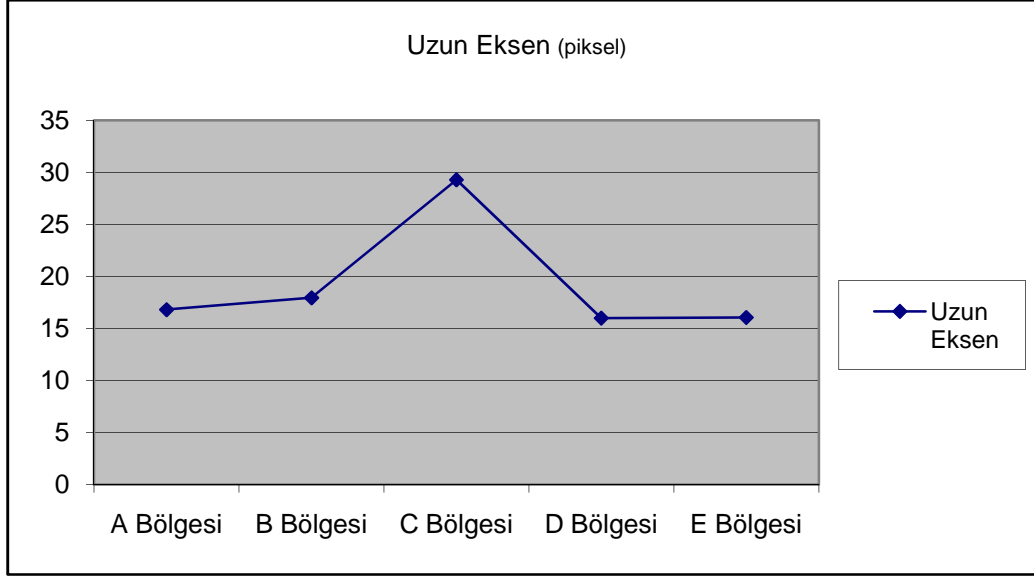
Osteoartrit hastalı nda kıkırdak doku bile enlerinin kaybına ba lı olarak kıkırdak yumu ayarak direnci azalır. Kollajen yapıda bozuldu undan doku düzensizle iz ve dikey yırtıklar olu ur (Haugh, 1993).

Haugh' un dedi i gibi dikey yırtıklar ekil 4.1'de C bölgesinin görüntüsünden ve ekil 2.4.'de C bölgesinden alınan görüntülerden net bir ekilde görünmektedir.

Görüntüler üzerinden yapılan ölçümler do rultusunda çizilen grafiklerden de görüldü ü gibi (ekil 4.2, ekil 4.3, ekil 4.4, ekil 4.5, ekil 4.6, ekil 4.7) C bölgesindeki keskin ini ve çıkı lar bu bölgede di er bölgelere nispeten daha çok hasar oldu u anla ılmaktadır. Bozulmanın en fazla oldu u C bölgesinde kondrositlerin ekillerinde bozulma, uzun eksen de erlerinde artı , kısa eksen de erlerinde azalma tespit edilmi tir.



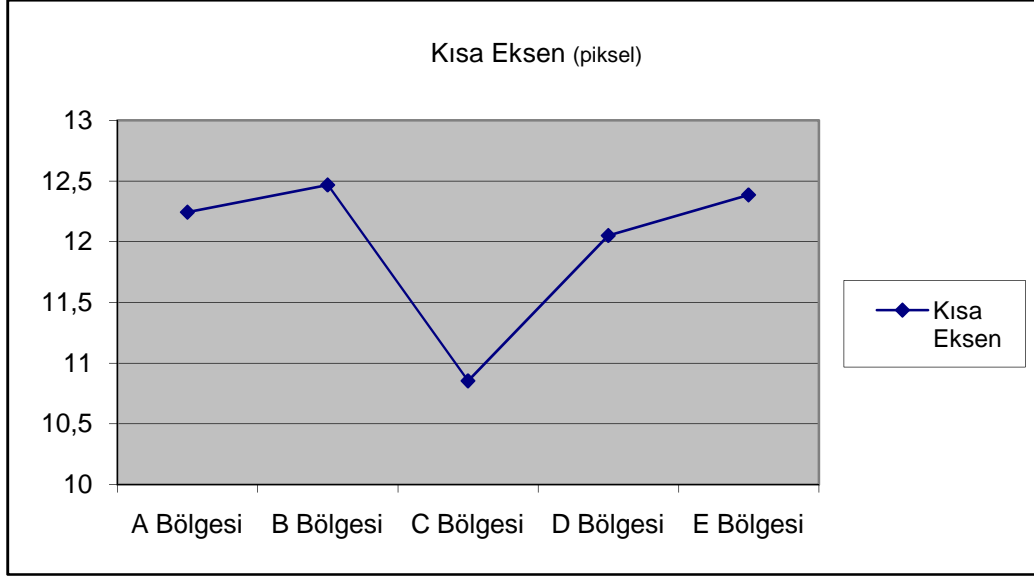
ekil 4.1.A, B, C, D ve E bölgenin farklı kesitlerinden alınan görüntüler.



ekil 4.2. Yapılan ölçümlerdeki uzun eksen (Major) de erlerine ait grafik.

Ölçüm sonucunda elde edilen uzun eksen (Major) de erleri ile çizilen grafikte A, B, D, E bölgelerindeki ortalama de erler birbirine yakınken C bölgesi için yapılan ölçüm de erlerinin ortalaması di er bölgelerdeki de erlerden çok yüksektir. Bu sonuç do rultusunda C bölgesindeki mekanik baskının di er bölgelerden daha fazla oldu u anla ılmaktadır.

Uzun eksen (Major) de erinin artmasının bir sonucu olarak kısa eksen (Minor) de erinin azalması bu sonucu desteklemektedir (ekil 4.3.).

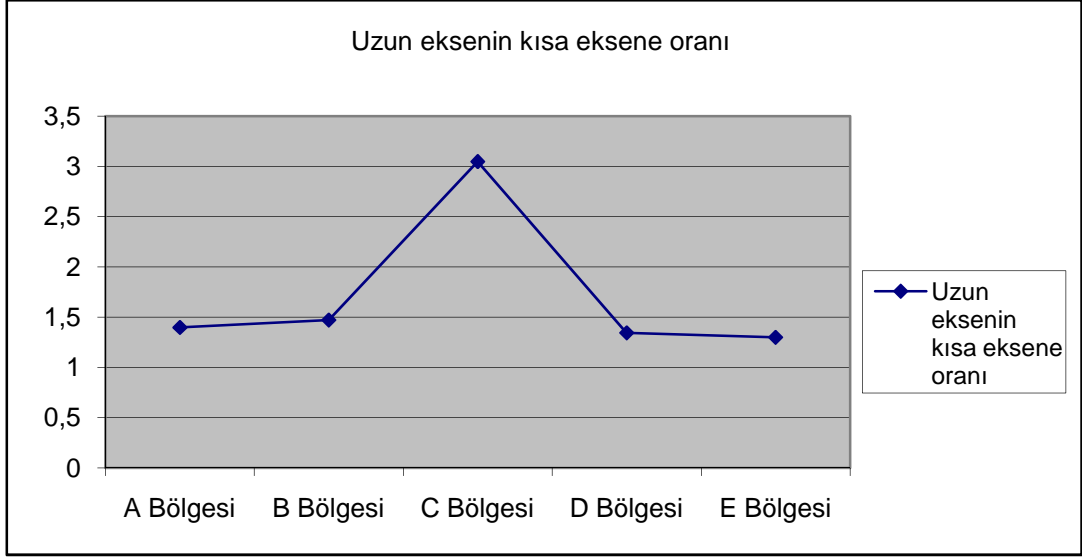


ekil 4.3. Yapılan ölçümlerdeki kısa eksen (Minor) de erlerine ait grafik.

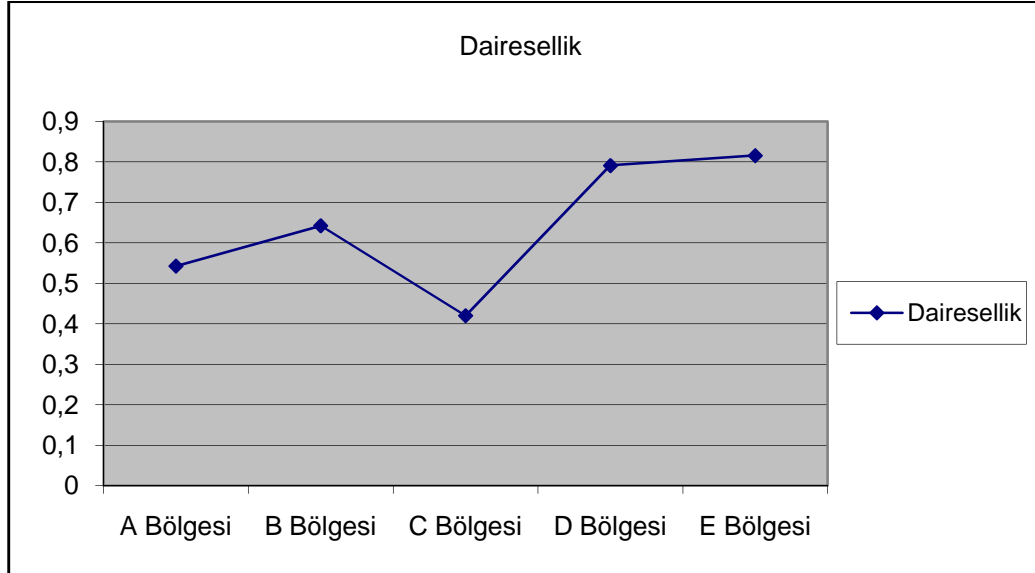
Uzun eksen ve kısa eksen de erleri tüm bölgeler için dikkate alındı ında kondrositler genel olarak tam daire de il elipse daha yakın bir ekildedir. C bölgesindeki kondrositlerin di er bölgelere göre daha çok yassıla ması bu bölgedeki baskının daha fazla oldu unu göstermektedir.

Uzun eksenin kısa eksene oranı ile elde edilen sonuçlarla çizilen grafikten de (ekil 4.4.) aynı sonuçlara varılır. Tam daire olması durumunda beklenmesi gereken sonuç tüm de erlerin bütün bölgeler için aynı ve 1 olmasıdır. Sonuçlar gösteriyor ki kondrositler elipse yakın ve C bölgesindekiler baskı sonucu daha yassıla mı tır. Bu sonucu açı ve alan de erleri de (ekil 4.6. ve ekil 4.7.) desteklemektedir.

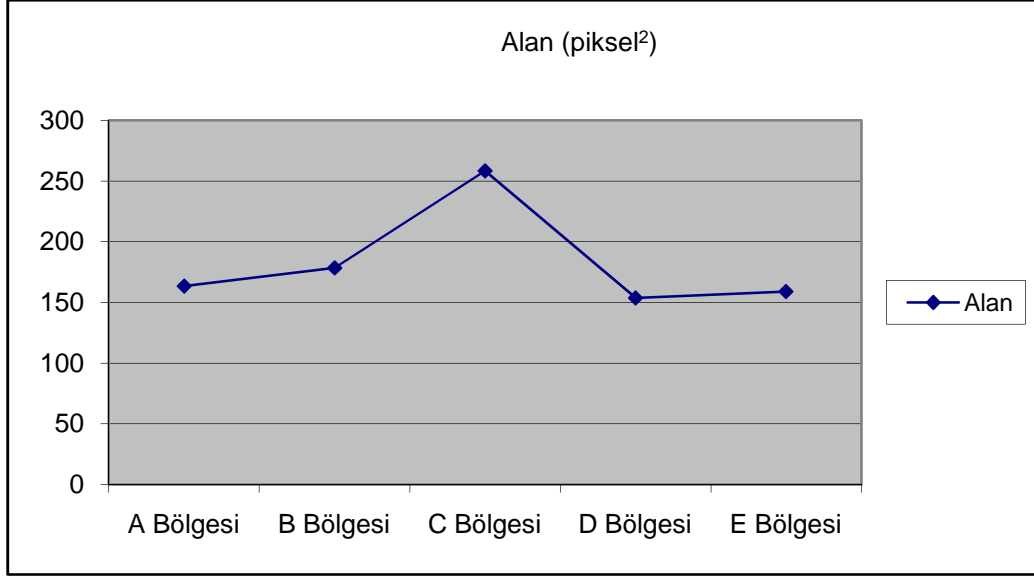
Dairesellik de eri için en iyi de er 1'dir. Bu dikkate alınarak Çizelge 3.6.'dan Dairesellik (Circ) de eri, dairesellik de erlerinin grafi inden (ekil 4.5.) ve bu bölgeden elde edilen görüntüler (ekil 2.4.) incelendi inde bu bölgenin matrisindeki çatlaklardan C bölgesindeki ekil bozuklu u ve hasarın en fazla oldu u gözlenmi tir.



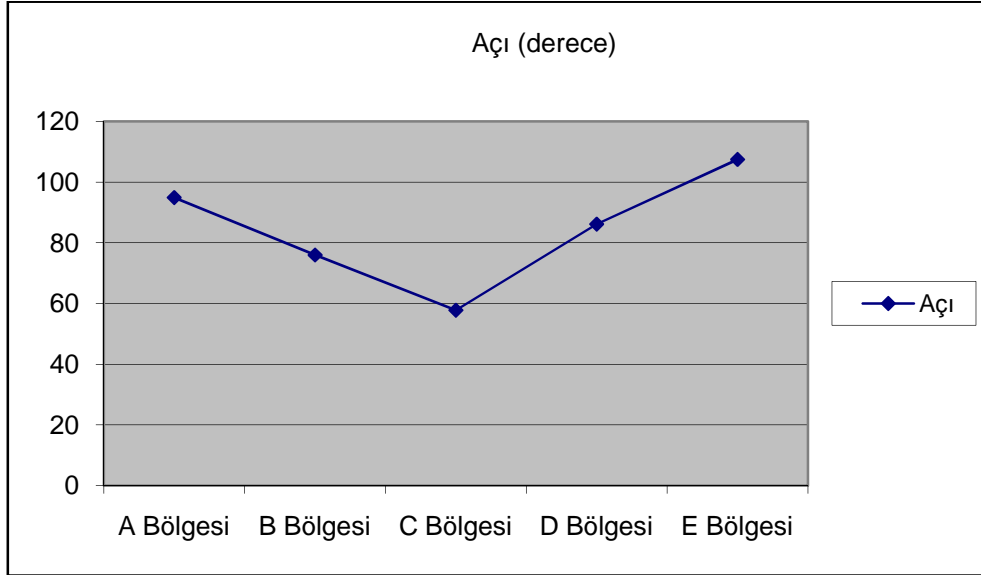
ekil 4.4. Yapılan ölçümlerdeki uzun eksenin kısa eksene oranı değerlerine ait grafik.



ekil 4.5. Yapılan ölçümlerdeki dairesellik değerlerine ait grafik.



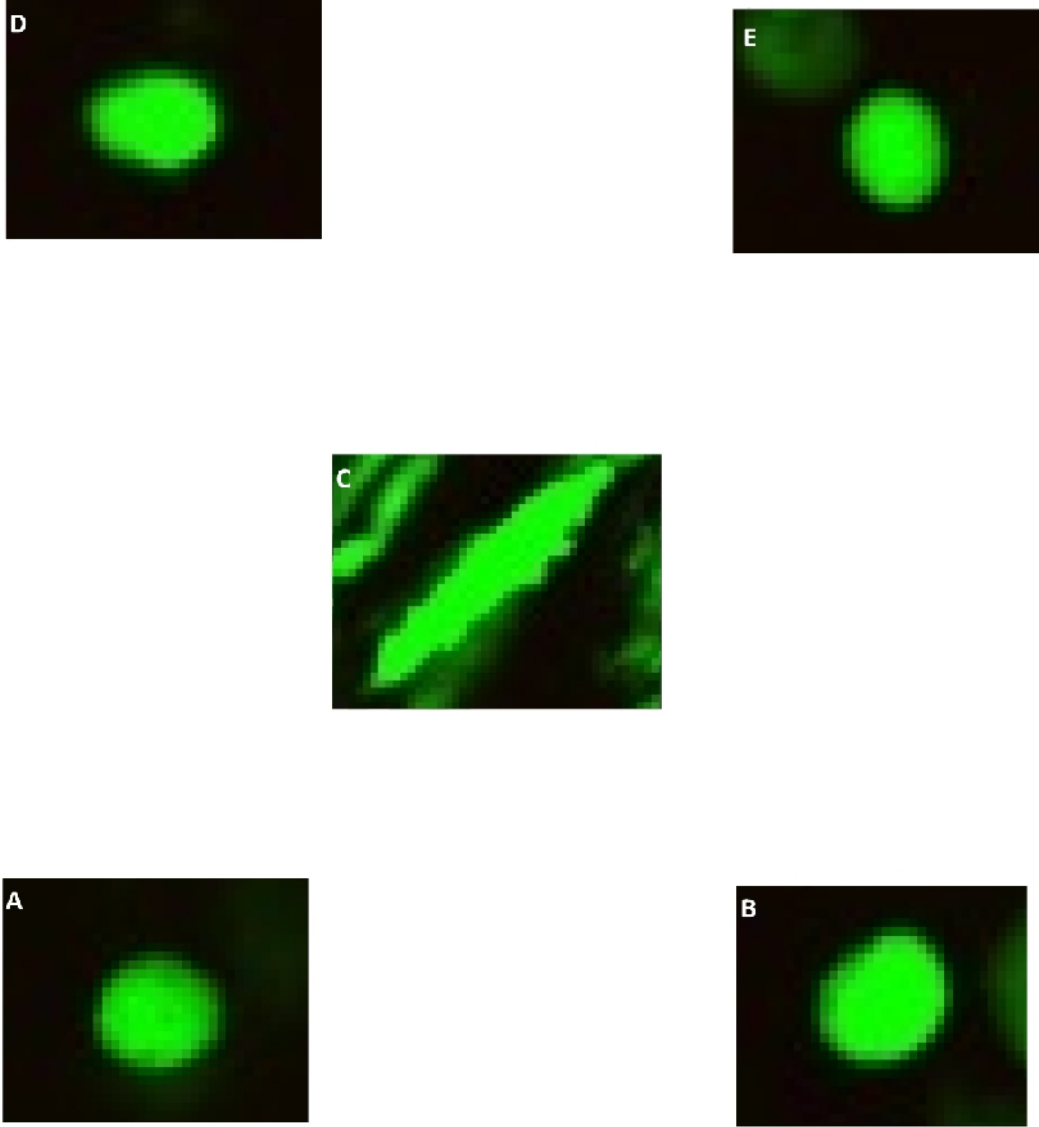
ekil 4.6. Yapılan ölçümlerdeki alan de erlerine ait grafik.



ekil 4.7. Yapılan ölçümlerdeki açı de erlerine ait grafik.

Alınan görüntülerde bu sonuçları görsel olarak desteklemektedir. A, B, D ve E bölgelerindeki hücrelere bakıldığında yuvarla a yakın ekillerde olduğu görülmektedir (ekil 4.8). Bu bölgelerdeki görüntülerle C bölgesindeki hücrelerin ekilleri di er

bölgelere göre çok daha yassıdır (ekil 4.8.). Bir ba ka dikkat çeken fark, bu bölgenin matrisinde de bozulmalar meydana gelmi tir. Bozulma ekil 4.1'de açıkça görölmektedir.



ekil 4.8. A, B, C, D ve E bölgelerindeki hücrelerin ekileri.

Eklem yüzeyine uygulanan yükün büyük bir kısmı A, B ve C bölgeleri tarafından karşılanır. D ve E bölgeleri eklem yüzeyinde konum olarak daha dik olduğu için bu bölgelere diğer bölgelerden daha az yük etmektedir. Bu sebepten dolayı D ve E bölgelerinde hasar az olmaktadır. A ve B bölgelerinde hasarın az olması da bu bölgelerin menisküs dokusuna karşılık gelmesidir.

Femur kemiği ile kaval kemiği arasında iki yarım ay ekinde (ekil 4.9) olup esneklik sağlayarak eklem bölgesinde hasar olmasını engeller (Mu rabi, 2013).



ekil 4.9. Menisküs dokusu (Mu rabi, 2013).

Menisküs ne kıkırdak kadar sert nede tendonlar kadar yumu aktır. Bu bölgeye menisküsler hareket için gerekli kayganlığı sağlayarak harekete destek olurlar. Bu bakımdan menisküs dokusu oldukça önemlidir(A ık, 2013).

Geçmiş tarihlerde menisküs yırtılmaları ve bu dokunun hasar görmesi durumunda bu doku ekleminden çıkarılırdı. Zaman içerisinde bu dokunun eksikliği ile eklem yüzeyindeki dejenerasyon artışı anlamı tır. Menisküs dokusu diz eklemi içerisinde gerekli bir doku olduğundan bu dokunun korunması gerekir.

Yapılan çalışmada bunu destekleyen sonuçlar elde edilmiştir. C bölgesindeki hasarın A,B,D ve E bölgelerinden daha çok olması menisküs dokusunun bu bölgede olmaması ve yüklenmeye dik do rultuda direkt maruz kalmasıdır.

KAYNAKLAR

- Anonim, (n.d.), <http://bioweb.usu.edu/microscopy/LSCM.htm>
- Akay, T. 2006. *Genel Histoloji*. Palme Yayıncılık, ISBN 975-7477-92-3, Ankara, 262s
- Akkan, C.K. 2009. Diyet lazer ile etkile en biyolojik hücrelerin incelenmesi için lazer taramalı konfokal mikroskop dizaynı (Yüksek Lisans Tezi). Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- Akkan, C.K., Genc, B., Akman, E., Kacar, E. ve Demir, A. 2007. Information About Laser Scanning Confocal Microscopy and Development of a 10X Magnifier Objective. *Fifth International Student Conference of the Balkan Physical Union Oral Presentation*.
- Alemdar, C. 2010. Ratlarda deneysel osteokondral defektlerde intraartiküler IGF-1 ve hyalüronik asid uygulamalarının karılaştırılması (Uzmanlık Tezi). Düzce Üniversitesi. Düzce.
- Akık, M. (b.t.). *Menisküsler Ne E Yarar?* 11 Ocak 2013, <http://www.medikalekran.com/video/Meniskusler-Ne-Ise-Yarar--981.html>
- Benninghoff, A. 1925. Form und bau der gelenkknorpel in ihren beziehungen zur funktion. *Zeitschrift fur Zellforschung*, 2:783-862.
- Bilge, O. 2009. Sinoviyal dokunun "in-vivo" kırıldak kültüründeki etkisi (Uzmanlık Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Brandt, K.D., Dieppe, P. ve Radin, E.L. 2008. The etiopathogenesis of osteoarthritis. *Rheum Dis Clin N Am*, 34, 531-9.
- Browne, J.E. ve Branch, T.P. 2000. Surgical alternative for treatment of articular cartilage lesions. *J Am Acad Orthop Surg*, 8:180-189.
- Buckwalter, J.A., Martin, J.A. ve Brown, T.D. 2006. Perspectives on chondrocyte mechanobiology and osteoarthritis. *Biorheology*, 43:603-9.
- Bullough, P. ve Goodfellow, J. 1968. The significance of the fine structure of articular cartilage. *J Bone Joint Surg Br*, 50(4):852-7.
- Chen, A.C., Bae, W.C., Schinagl, R.M. ve Sah, R.L. 2001. Depth- and straindependent mechanical and electromechanical properties of full-thickness bovine articular cartilage in confined compression. *J Biomech*, 34(1):1-12.
- Çiçek, E., Badar, F., Li, J., Tian, X. ve Xia, Y. 2010. Morphological changes of chondrocytes in compressed articular cartilage using polarized light microscopy. *The 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*, Chengdu, China, Jun. 18-20, (Conference Proceeding)
- Claxton, N.S., Fellers, T.J. ve Davidson, M.W. 2005. Laser scanning confocal microscopy. Florida State University, 37 p
- Dieppe, P. 2011. Developments in osteoarthritis. *Rheumatology*, 50:245-7.

- Doral, M.N., Dönmez, G., Atay, Ö.A., Bozkurt, M., Leblebicio lu, G., Üzümcügil, A. ve Aydo , T. 2007. Dejeneratif eklem hastalıkları. *Türk Ortopedi ve Travmatoloji Birli i Derne i Dergisi*, 6: 56-65.
- Hall, A., Horwitz, E. ve Wilkins, R. 1996. The cellular physiology of articular cartilage. *Exp Physiol*, 81: 535-545
- Haugh, A.J. 1993. *Pathology of osteoarthritis*. Lea&Febiger, Philadelphia, p1699
- Hunter, W. 1743. Of The Structure and Diseases Of Articular Cartilages. *Philos Trans R Soc. London*, 42: 514-521
- Hunter, D.J., Zhang, Y.Q., Niu, J.B., Tu, X., Amin, S. ve Clancy, M. 2006. The association of meniscal pathologic changes with cartilage loss in symptomatic knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum*, 54: 795-801.
- Huselstein, C., Netter, P. ve Isla N. 2008. Mechanobiology, chondrocyte and cartilage. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 18:213-20.
- Hunziker, E.B., Quinn, T.M. ve Hauselmann, H.J. 2002. Quantitative structural organization of normal adult human articular cartilage. *Osteoarthritis and Cartilage*, 10:564-72.
- Junqueira, L.C., Carneiro J., 2005, *Basic Histology Text & Atlas, McGra - Hill Medical*; 11th edition ISBN 978-0071440912, USA, 502p.
- Kaab, M.J., Gwynn, I.A. ve Notzli, H.P. 1998. Collagen fibre arrangement in the tibial plateau articular cartilage of man and other mammalian species. *J Anat.*, 193(Pt 1):23-34.
- Kaya, A., Kılıço lu, S.S., Güçlü, B., Erdemli, E. ve Benli, .T., 2009. Osteoartritli diz ekleminde menisküs histolojisinin ince yapı düzeyinde de erlendirilmesi. *Turk J Rheumatol*, 24: 118-122.
- Lee, J.H., Kisiday, J. ve Grodzinsky, A.J. 2003. Tissue-engineered versus native cartilage: linkage between cellular mechano-transduction and biomechanical properties. In: Bock G, Groode J (Eds): *Tissue Engineering of Cartilage and Bone*. Wiley, Chichester (*Novartis Foundation Symposium 249*),p 52-69.
- Miller, M.D. 2008. Review Of Orthopaedics. *Fifth Edition Saunders Elsevier*, 39p.
- Minsky, M.1988. Memoir on inventing the confocal scanning microscope. *Scanning*, 10:128-138.
- Mow, V.C. ve Sugalski, M.T. 2001. Physiology of synovial joints and articular cartilage. In: Gonzales Eg, Myers SJ, Edelman JE, Lieberman JS, Downey JA (Eds): *Physiological Basis of Rehabilitation Medicine*. 3rd ed. Butterworth- Heinemann, Woburn, p 133-68.
- Mu rabi, S. (b.t.). Menisküs Nedir? 9 Ocak 2013, <http://www.saglikliveo.com/meniskus-nedir-meniskus-yirtigi-nedir#more-1588>.
- Murathano lu, O. 1996. *Histoloji*. stanbul Üniversitesi Yayinevi, stanbul. 75-82.
- Schenk, R.K., Eggli, P.S. ve Hunziker, E.B. 1986. *Articular cartilage morphology*. In: Kuettner K, Schleyerbach R, Hascall VC, Eds. *Articular cartilage biochemistry*. New York, Raven Press; 3-22.
- Shepperd, C.J.R. ve Shotton, D.M. 1997. *Confocal Laser Scanning Microscopy*, BIOS Scientific Publishers, London.
- Stockwell, R.A. 1991. Cartilaga Failure in Osteoarthritis: Relevance Of Normal Structure and Function. *Clinical Anatomy*, 4: 161-191
- Tı lı, R.S. 2009. Kıkırdak doku rejenerasyonunda kitosan doku iskelesi destekli biyoreaktör performansının incelenmesi (Doktora Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

- Tune, N. 1994. *Romatizmal Hastalıklar*. Hacettepe Ta Yayıncılık, 3. baskı, Ankara.
- Uçak, Ü.V. 2008. Gözenekli partiküllerde kütle aktarımının konfokal taramalı lazer mikroskopisi ile incelenmesi ve difüzyon katsayısının saptanması (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Williams, A., Qian, Y., Bear, D. ve Chu, C.R. 2010. Assessing degeneration of human articular cartilage with ultra-short echo time (UTE) T2* mapping. *Osteoarthritis and Cartilage*, 18: 539-546
- Wollheim, F.A. 2003. Pathogenesis of osteoarthritis, *Rheumatology*, Mosby.
- Wong, M. ve Carter, D.R. 2003 Articular cartilage functional histomorphology and mechanobiology: a research perspective. *Bone*, 33:1-13.
- Xia, Y., Moody, J., Alhadlaq, H. ve Hu, J.N. 2003. Imaging the physical and morphological properties of a multi-zone young articular cartilage at microscopic resolution. *J Magn Reson Imaging*, 17:365-74.
- Xia, Y., Alhadlaq, H., Ramakrishnan, N., Bidthanapally, A., Badar, F. ve Lu, M. 2008. Molecular and Morphological Adaptations in Compressed Articular Cartilage by Polarized Light Microscopy and Fourier-Transform Infrared Imaging. *J Struct Biol*, 164:88-95

ÖZGEÇM



Adı Soyadı : Ali ARIKANO LU

Do um Yeri ve Yılı : Kayseri / Yahyalı 1985

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E ğitim Durumu

Lise : Burdur Cumhuriyet Lisesi Fen (2001-2004)

Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü (2004-2009)

Yüksek Lisans : Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı (2009-)

