



İSTANBUL
GELİŞİM
ÜNİVERSİTESİ

Ekolojik, Ekonomik ve Sosyal Sürdürülebilirlik İçin

İstanbul Gelişim Üniversitesi



Biyomekanik ve Kinezyoloji I

Dokuların Biyomekanik Özellikleri: Fasya

Öğr. Gör. Zeynep KAÇAR

zkacar@gelisim.edu.tr

f t gelisimedu @igugelisim

www.gelisim.edu.tr



Dokuların Biyomekanik Özellikleri: Fasya



Fasya

Fibröz bağ dokusu

Sinonimleri; Aponevroz, Yassı (flat) tendon

Kasları, organları ve diğer yumuşak dokuları örter

Üç boyutlu entegre bir sistem oluşturur.

Tüm vücudu kaplar

Baştan ayağa

İçten dışa (kaslardan deriye)

Doku katmanlarını

Birbirinden ayırır,

Bir arada tutar,

Korur ve

Bağımsız hareket etmelerine izin verir



Gerilimin arttığı noktalarda stresi dağıtırlar Kaslar arasında

**Etkileşimi sağlamada
Hareketin algılanmasında ve
Koordinasyonda önemli roller oynar.**

Mekanik kuvvetleri

**Yan bağlarla bay-pass eder,
Enerjiyi tamponlar ve
Hareketi destekler**

kuvvet aktarımını düzenler.

**Venöz ve lenfatik dönüşü sağlar
Ağrı etyolojisinde önemlidir**



Entegre bir sinyalizasyon sistemi gibi

Sinir sistemine benzer bir yapı olarak görev yapıyor olabilir (?)

Tüm vücutta kesintisiz devam etmesi

Fibroblastların birbirleri ile iletişim kurma yeteneği

Fasya bazı konuları anlamamanın anahtarı olabilir

Kas aksiyonu,

Kas - iskelet ağrılarını

Alternatif tedavilerin etki mekanizması



Fasyada

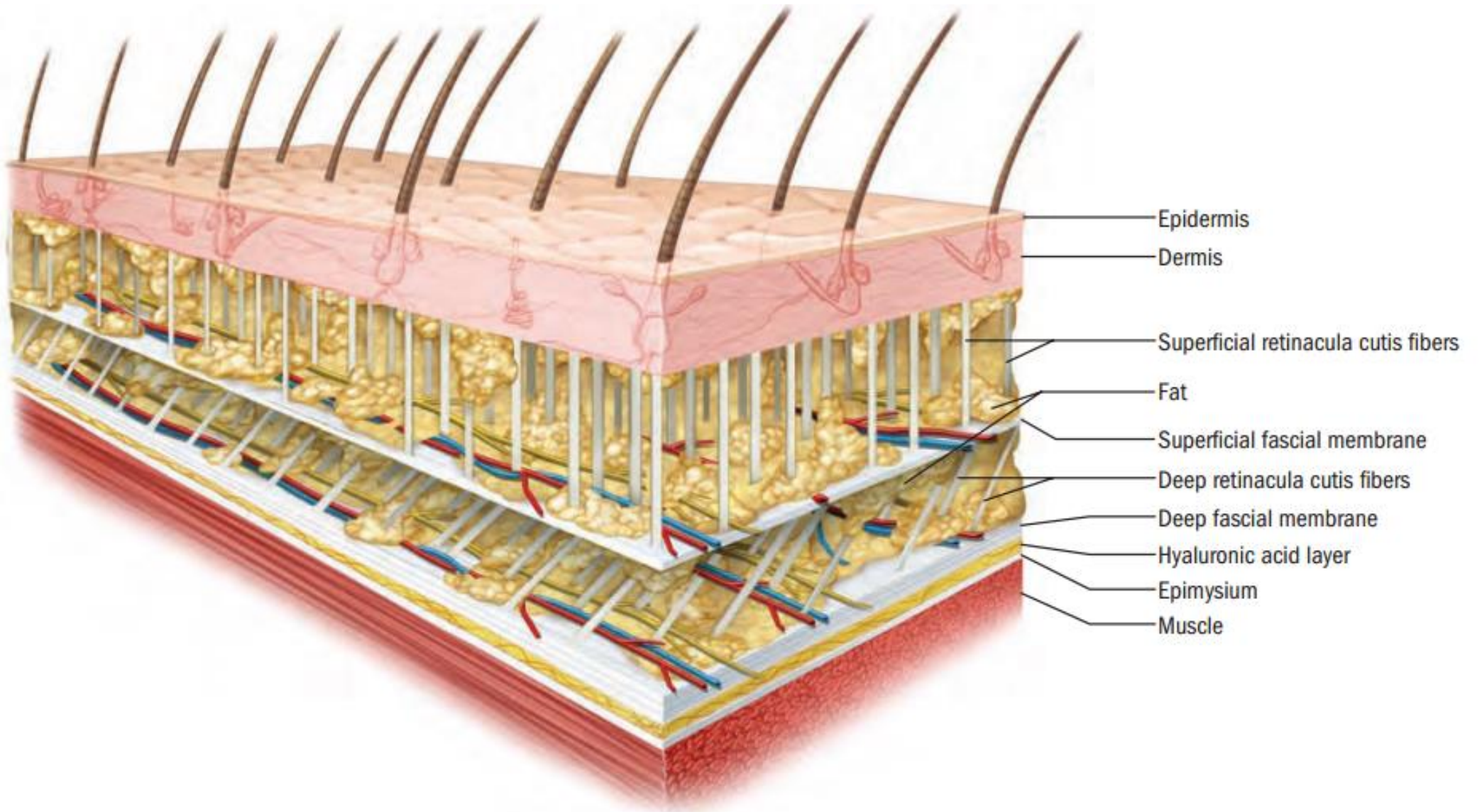
Fibroblastlar

Miyofibroblastlar

Kök hücre ve multipotent hücreler bulunur

Endomisyumdaki satellit hücreler

kas lifinin onarılmasında rol oynarlar.





Sınıflandırma

Yüzeyel fasya

Derin fasya

Aponevrotik fasya

Epimisyal fasya

Kas kılıfları

Epimisyum

Perimisyum

Endomisyum

Bu üç tabaka

Birbirleri ile bağlantılı



Yüzeyel Fasya - 1

Fibroz bir membran

İç içe geçmiş kollajen paketlerinden oluşur.

Bol miktarda elastik lif içerir

Deriye paralel yerleşmiştir

Bal peteğine benzer.

Üstte yüzeyel retinakula kutis ve

Derinin dikey ligamentleri

Altta derin retinakula kutis ve

Derinin oblik ligamentleri



Yüzeyel Fasya - 2

Gövdede daha kalındır,
Ekstremitelerde

Distale doğru incelir.

Derin fasya ile birleşebilir

Avuç içinde

Ayak tabanında,

Yüzde,

Bazı kemik çıkıntılarında,

Bazı ligamentöz kıvrımlarda

Bazı bölgelerde kas lifi içerir.

Boyunda platizma kası

Yüzde yüzeyel muskulo-aponevrotik sistem

Anal bölgede eksternal anal sfinkter,

Skrotumda dartos

Memede areola

Bazı bölgelerde adipöz doku yok

Göz kapağı

Kulak kepçesi

Skrotum



Yüzeyel Fasya - 3

Cildin bütünlüğüne katılır

Cilt altı dokuları destekler

Özel geçiş yolları oluşturur

Sinir ve damarlar için

Spesifik kompartmanlar oluşturur

Ven ve lenflerin etrafında

Ana venler yüzeyel fasya içindedir.

Hipodermal arter ve ven pleksusları

Superfisyal fasya içinde yer alır

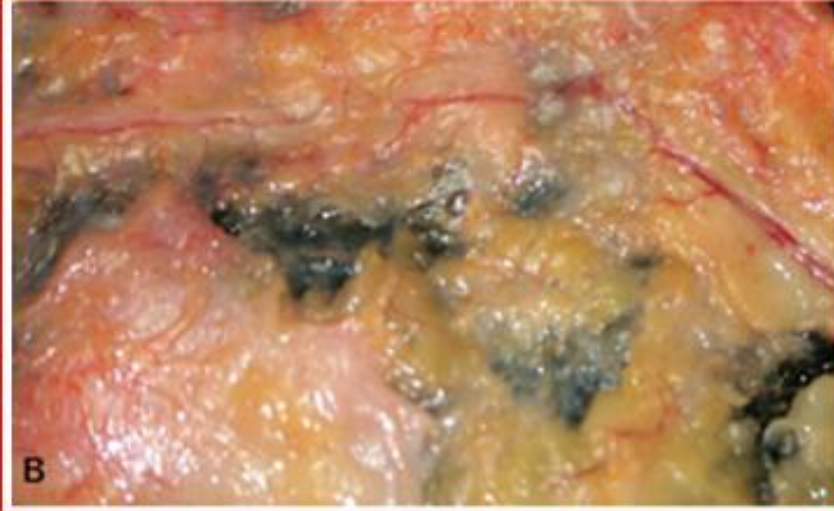
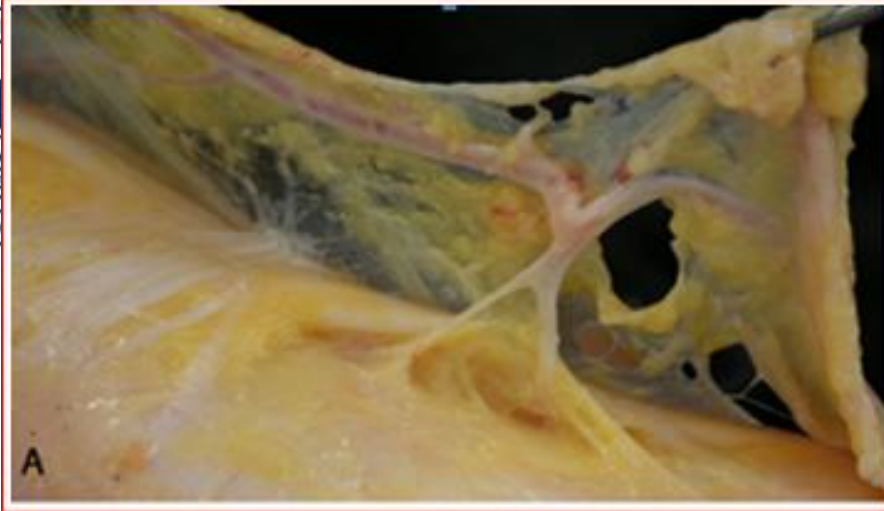
Arteriovenöz anastomozlar oluşturur

Deri kan akımını değiştirir

Vücut ısını kontrol eder

Sinir lifleri

Dokunma, ısı, ağrı duyularını algılar.



Yüzeyel fasya ve damarlar:

A.Bacağın yüzeyel fasyası derin tabakalardan ayrılıyor. Superfisyal fasya içinde gömülü safen ven ve adipöz dokuyu dik olarak geçen perforan venler.

B.İzole superfisyal fasya. İçinde hipodermal pleksus belli oluyor.



Subkutan Adipöz Doku

Deri ve derin fasya arasında bulunur
Yüzeyel fasya ile ikiye ayrılır

Yüzeyel adipöz doku

(Retinakula Kutis Superficialis)

Derin adipöz doku

(Retinakula Kutis Profundus)



Yüzeyel adipöz doku

Büyük yağ lobülleri

Tek sıra halinde dizilmiş tabakalar

Fibröz septalar (derinin ligamentleri)

Yüzeyel fasyayı deriye bağlarlar,

Yüzeye dik yerleşmişlerdir ve

Mekanik olarak güçlendirirler.



Derin adipöz doku

**Yüzeyel fasyayı derin fasyaya bağlar.
Fibröz septaları**

**Daha ince ve obliktir
Elastik özellikleri sınırlıdır.**

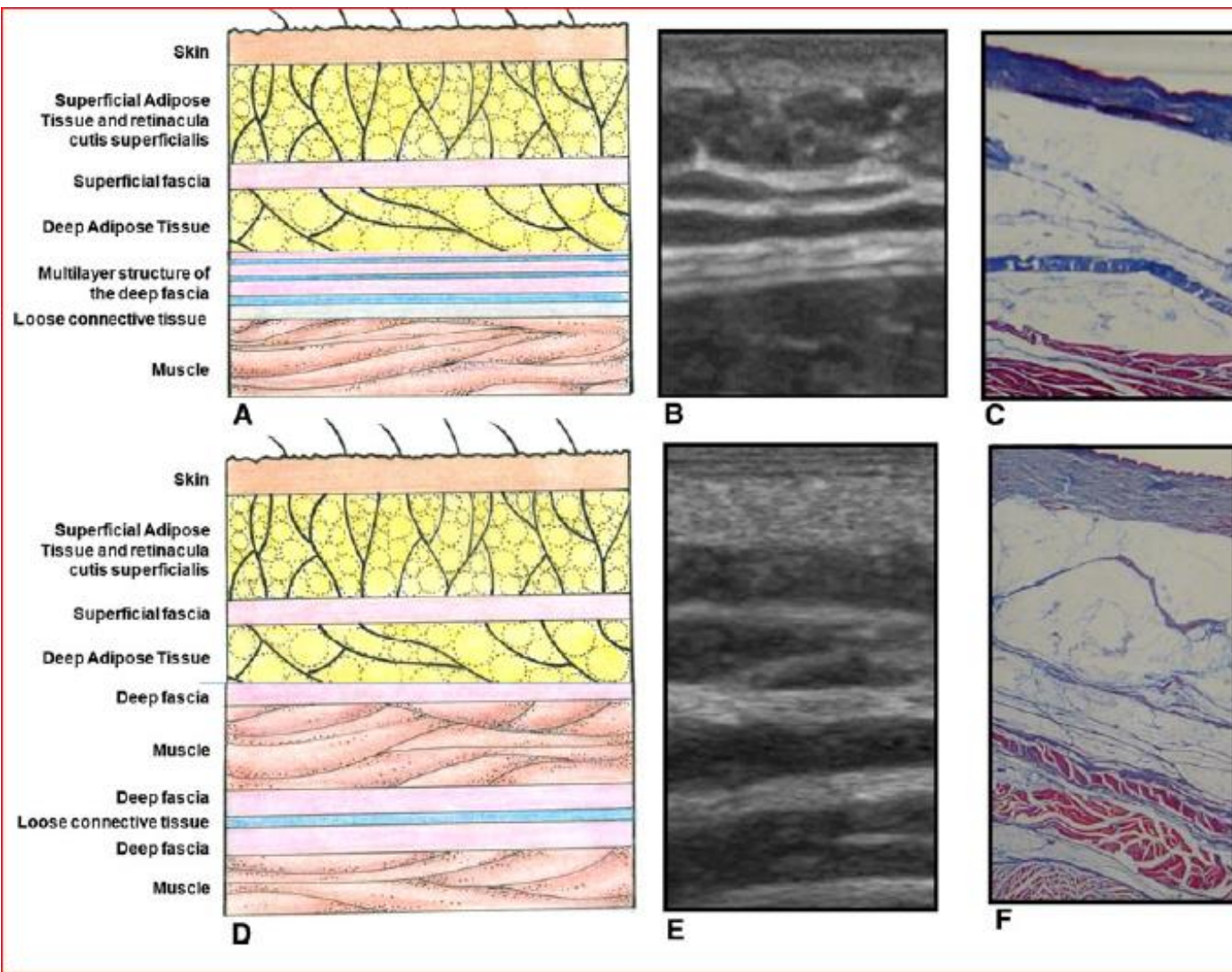


Fig. 1 Basic pattern (a, d) of organization of subcutaneous layers in the limbs (a–c) and in the trunk (d–f). These general models correspond well to ultrasound (b, e) and histological (c, f) images. The superficial fascia divides in all the body the subcutaneous tissue into two adipose layers, the SAT (superficial adipose tissue) and the DAT (deep adipose tissue) in the body. Fibrous septa connect the

superficial fascia to skin and to deep fascia, forming a three-dimensional network around fat lobules. The deep fascia shows different features according to the particular region: in the limbs it is formed by two or three fibrous sublayers separated by HA, in the trunk the deep fascia is thinner consisting of only one fibrous layer



Derin Fasya - 1

Sıkı düzenli bağ dokusu

Beyazımsı ve yarı saydam renktedir

Kollajen lifleri iyi organize olmuştur.

Kas kütlesini kuşatır

İki gruba ayrılır

Aponevrotik fasya

Epimisyal fasya



Derin Fasya - 2

Aponevrotik fasya

Ekstremitelerde
Gövdede

torakolomber fasya,
rektus abdominus fasyası,
servikal fasya,
klavipektoral fasya
fasya lata,
plantar ve palmar fasya

Epimisyal fasya

Gövdede

Pektoralis majör,
Trapezium,
Deltoid,
Gluteus maximus



Derin Fasya - 3

Kalınlığı değişir

Aponevrotik fasya ortalama 1mm,

Epimisyal fasya bunun 1/3'ü kadar

Abdominal bölgede daha kalın

Torakal bölgede daha ince

Proksimalden distale doğru kalınlaşır

El ve ayak bölgelerinde

Retinakula ve

Fibröz pulleyler oluşturur.



Derin Fasya - 4

Tüm kasları kaplar

Kasların olmadığı bölgelerde periostu

Kasları birbirinden ayırır

Damar ve sinirlerin etrafında kılıflar oluşturur

Nörovasküler paket

Eklem çevresi yapıları destekler

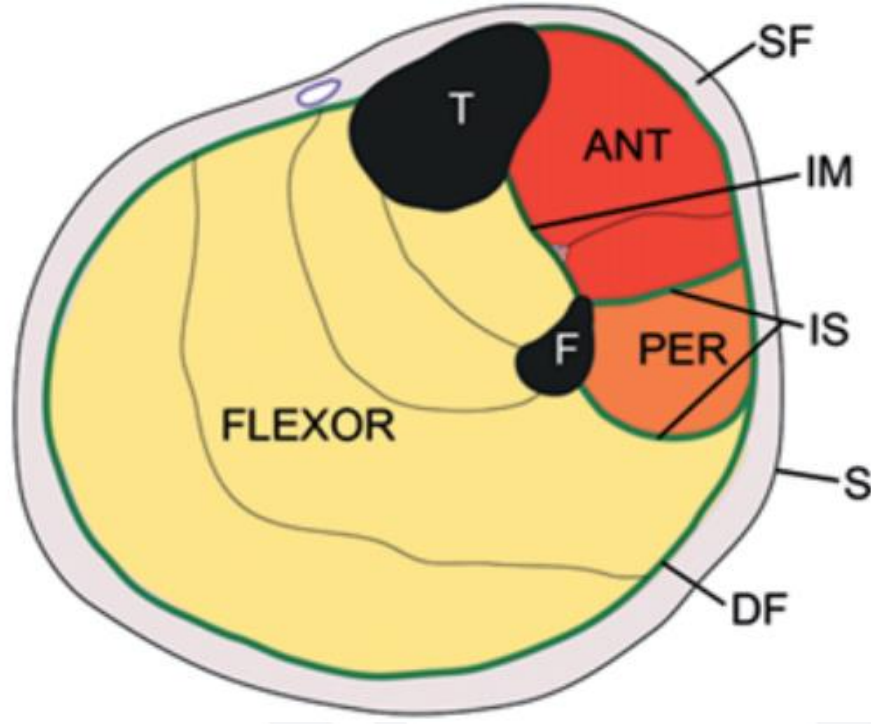
Ligamentleri ve tendonları

Tüm yapıları birbirine bağlar.

İntermusküler septalar oluştururlar

Osteofibröz kompartmanlar oluşur

Sinerjistik kas grupları ayrılır



Bacak üst kısmının transvers kesiti. Yüzeyel (SF) ve derin fasyanın (DF) deri (S) ve kaslara göre konumları görülüyor. Derin fasya; tibia (T), fibula (F) ve intramusküler septalarla (IS) birlikte içinde ekstansör, peroneal (PER) ve fleksör kasları barındıran osteofasyal kompartmanlar oluşturuyor. ANT; anterior kompartman, IM; interosseöz membran.



Derin Fasya - 5

Üstte yüzeysel fasyaya bağlanır

Derin adipöz dokunun septaları ile

Altta epimisyuma bağlanır

Gevşek bir bağ dokusu ile.

Hyaluronik asitten zengin

Kas kolayca hareket eder.



Derin Fasya - 6

Damarlar

Yüzeyel fasyadan bağımsız

Sinirler

İyi innerve olur. Sinir uçları

nosiseptör (ağrı),
proprioseptör (hareket),
mekanoseptör (basınç, vibrasyon),
kemoreseptör ve
termoreseptör olarak görev yapar.



Derin Fasya - 7

Duyusal inputlara yanıt verir

**Kasılarak,
Gevşeyerek veya
Fasial remodelingle**

Yoğunluğunu artırır
azaltır

Uzun süreli mekanik stresle

**Mibroblastlar miyofibroblastlara dönüşebilir
Miyofibroblastlar düz kaslar gibi kasılabilirler.**



Derin Fasya - 8

Tüm vücut boyunca uzanır

Kaslarla sıkı bağlantılıdır. Bu nedenle;

Bazal bir gerilim altındadır.

Bu gerilim komşu alanlara iletilir.

Çevredeki proprioseptörleri uyarır.

Kas kontraksiyonu fasyaları etkiler

Karın kısmındaki hacim artışı kompresyona

Boylarının kısılması (tensil kuvvet) gerilmeye neden olur.

Kuvvetin %30-40'ı fasyalara iletilir



Derin Fasya - 9

Fasyalardaki gerilim;

Mekanik etkileri

Agonist ve antagonist kasları koordine eder

Refleks etkileri

Proprioseptif refleksleri uyarır

Postürün korunmasına ve

Koordinasyona yardımcı olur.



Derin Fasya - 10

Miyofasyal uzantılarla alttaki kaslara bağlanır

Ancak kastan kolayca ayrılabilir

Ayrıca spesifik miyofasial uzantılarla

Komşu kaslarla bağlantılar kurarlar

Ör: Lesertus fibrozus

Ekstremitelerin derin fasyaları

Hyaluronik asit salgılayan hücreler içerirler.

Eklem kapsülü gibi davranırlar

Düzgün ve kaygan bir yüzey oluştururlar

Fibroelastik özellik gösterirler.



Üst kolun arka bölgesi.

LD: Latissimus dorsi kası,

BF: Brakial fasya

E: Miyofasiyal uzantı (expansion).



Aponevrotik Fasya

Kaslara bazı miyofasyal uzantılarla bağlanır.

Kastan kolayca ayrılabilir

Eklem çevresinde daha belirgin;

1 mm kalınlığında fibröz bir örtü

2-3 tabakadan oluşur.

250-300 μ m kalınlığında

Tabakalar arasında gevşek bağ dokusu bulunur

44 μ m kalınlığında

tabakaların bağımsız hareketine izin verir.

Her bir tabakanın kollajen lifleri

kendi içinde birbirine paralel

komşuya göre 75-80°'lik açı ile

Mekanik dirençli olmasını sağlar



Aponevrotik fasya

Üst ektremitelerde daha ince,
Alt ektremitelerde daha kalın,
Eklem çevresinde daha belirgindir.

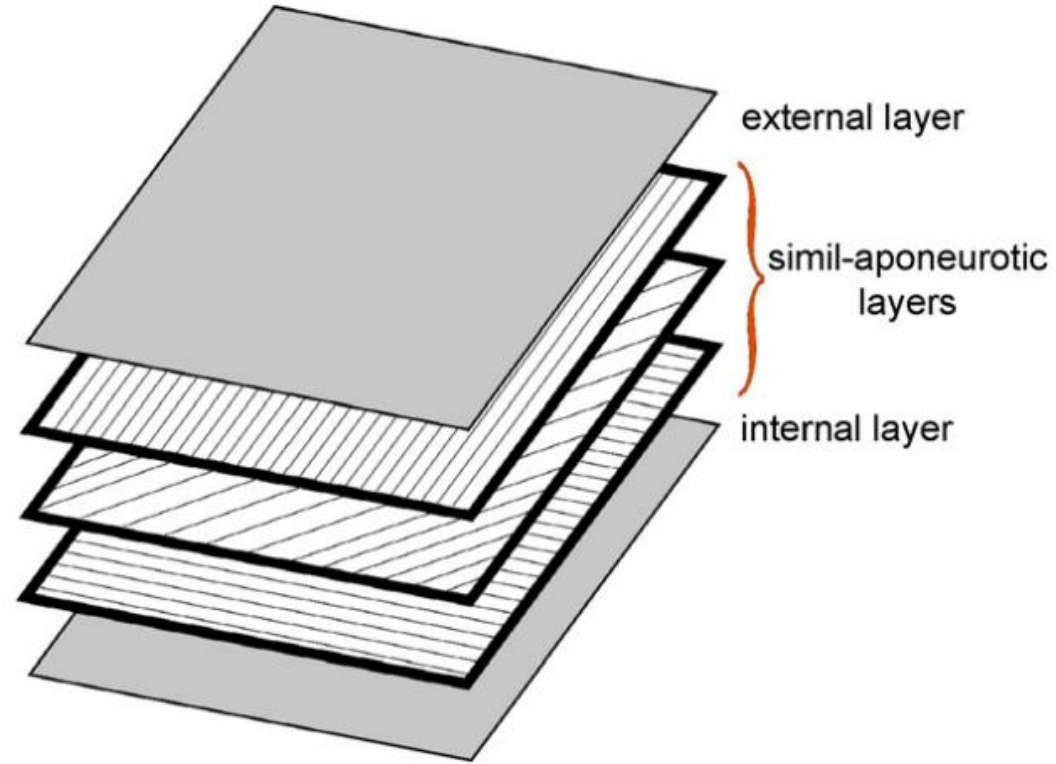
%18'i kollajen,
%1'den azı elastik iflerden oluşur.

Fazla elastik değil

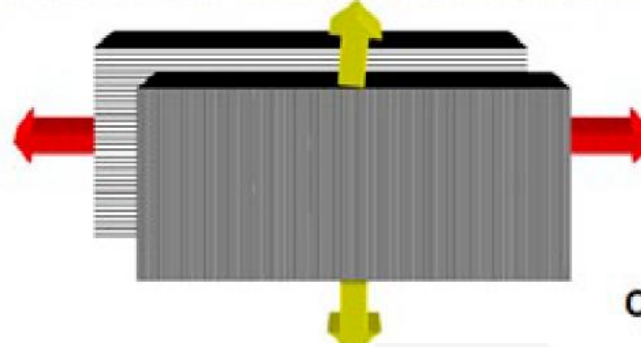
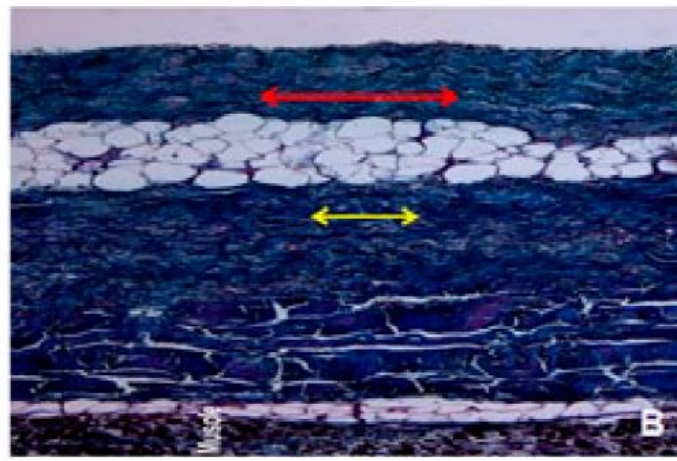
Kasların doğurduğu gerilimi mükemmel iletir

Bir çok eklemi ve segmenti kateden geniş mesafelere taşır

Elastik lif oranı üst ektremitede biraz daha fazla



Aponevrotik fasyanın şematik görünümü



Dirsek medial bölgesinde aponevrotik derin fasya.

A: İki kollajen tabakasında liflerinin yönü kırmızı ve sarı oklarla gösteriliyor.

B: Aynı fasyanın histolojik görünümü. İki kollajen tabaka arasında bulunan gevşek bağ dokusu lokal kaymaya imkan tanır ve böylece mekanik açıdan her bir tabaka bağımsız bir yapı gibi düşünülebilir.

C: Derin fasya davranışlarının şematizasyonu. Çok tabakalı yapı derin fasyanın farklı yönlerde bile gerilmeye karşı çok dirençli olmasını sağlar.



Epimisyal Fasya

İnce bir bağ dokusu tabakası

150-200 μ m kalınlığında

Aponevrotik fasyanın bir tabakası gibi

Elastik lif sayısı fazladır (yaklaşık %15)

Fibröz septalarla kaslara sıkıca bağlanır

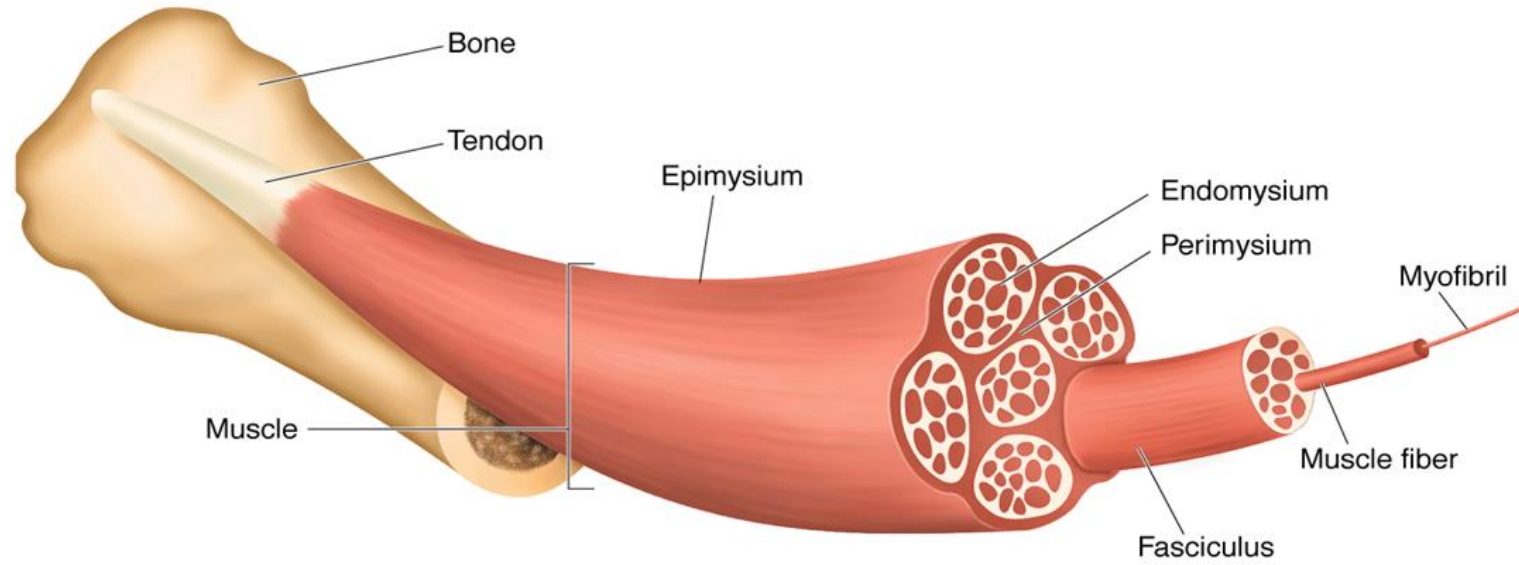
Septalar fasyanın iç yüzeyinden çıkar

Kaslara penetre olur

Alttaki kastan ayırmak mümkün olmaz

Kas ile fasya arasında epimisyum farkedilemez.

Bazı kas lifleri epimisyal fasyadan başlayabilir





Intramusküler bağ dokuları – 1 : Epimisyum

Kalın bir lamina şaklindedir

**Tüm kas kitlesini örter ve
Her bir kasın volümünü belirler.**

Gerilmeye karşı dirençli

Pasif uzamaya ve Ortogonal tensil güçlere karşı

Perimisyumla birlikte kuvvetleri iletir

Tendonlara ve Miyofasial uzantılara

Ekstrasellüler matriksi hyaluronik asitten zengindir.

Kollajen liflerin az sürtünmesini azaltır

Kısmen çevre dokulardan bağımsız mobilite sağlar.



İntramusküler bağ dokuları – 2 : Perimisyum

Kasları fasiküllere ayırır

Fasikül boyutları farklıdır

Primer fasiküller,

Primer perimisyumla kaplıdırlar

Endomisyumla kaplı kas liflerinden oluşur

Sekonder fasiküller,

Sekonder epimisyumla kaplıdırlar ve

Primer fasiküllerden oluşurlar.

Tendonlarla ve epimisyumla devam eder.

Kesintiye uğramazlar



İntramusküler bağ dokuları – 2 : Perimisyum

Tendonlara bağlanırlar

Kasın doğurduğu gerilimi kemiğe iletirler

Fasiküllerdeki kas liflerini

Organize ederler,

Bir arada tutar

Sinerjistik kas liflerini aynı tendona bağlarlar.

Fasiküllerin, kısmen bağımsız çalışmasına izin verirler.



İntramusküler bağ dokuları – 3 : Endomisyum

İnce mebran şeklinde fibröz bağ dokusu

Sarkolemma ile direkt temas halindedir,

Kas lifini (kas hücrelerini) tamamen örter.

Sarkolemma ile arasında bazal membran vardır

Hücre içi konnektif yapılarla bağlanır.

Sarkolemmayı geçen proteinlerle

Distrofin, İntegrin

Kas lifi kasıldığında kuvvet endomisyuma iletilir.



İntramusküler bağ dokuları – 3 : Endomisyum

Kollajen lifleri,

Kas lifine göre oblik yerleşmişlerdir

Dalgalı (ondüler) yapıdadırlar.

Z hattında

Bazal membrana dik

Sarkomerin miyofibrillerine dik

Sarkolemmaya invajinasyonlar yapar

Bazal membran ile birlikte

Kesintiye uğramadan, perimisyumla devam eder



Intramusküler bağ dokuları – 3 : Endomisyum

Longitudinal deformasyona direnç göstermez.

Lifin boyu %150'ye ulaşincaya kadar

Transvers yöndeki tensil güçlere karşı dirençlidir.

Endomisyumda kök hücreler bulunur

Kasların rejenerasyonundan sorumlu

Endomisyumdaki fibroblas sayısı azaldığında

Kök hücre sayısı ve

Kasların rejenerasyon kapasitesi azalır.



Biyomekanik: Fibroelastik özellikler

Kuvvet-uzama eğrisi

Taban (toe) ilk %4

Kıvrımlı yapının düzleşmesi

Direnç düşük

Deformasyon fazla

Lineer bölüm %4-8 (yaklaşık)

Kollajen liflerin esnemesi

Non linear bölüm %8-12

Kollajen liflerde kopmalar

Plastik (irreversible) deformasyon

Kopma noktası

Nominal strain %12'yi aştığında



Diğer viskoelastik özellikler

Sünme (creep),

Stresin relaksasyonu

Histerezis

Aponevrotik fasyanın sertliđi değişir

Krural fasyanın ön bölümünde daha sert

Arka bölümünde daha elastik

Anterior kompartman sendromu ?





Fasyalar yay gibi çalışır. Elastik enerjiyi;

Depolar

Boşaltır

Kaslar izometrik kasılmayla fasyayı desteklerler.

Yürüme, koşma, zıplama gibi hareketlerde

Kangurular bu mekanizmadan yararlanırlar.

İnsanda torakolomber fasya

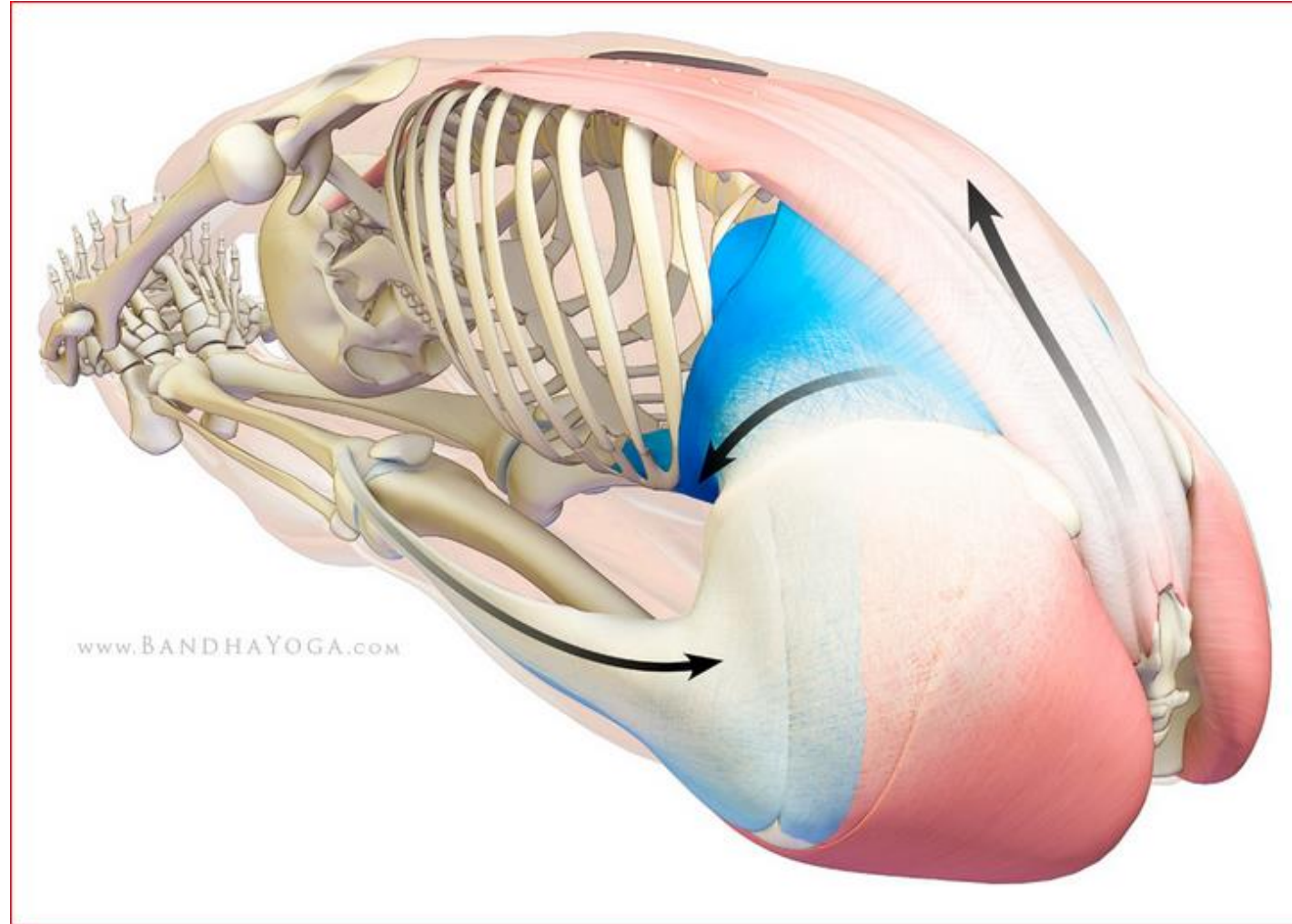
Her adımda enerji depolar ve boşaltır

Spinal stabiliteye yardımcı olur

Dorsal fasya aynı şekilde

Öne eğilince gerilir

Yükün önemli bir bölümünü alır.





Fasyanın harekete katkısı hıza bağımlı;

Düşük hızlarda fasyanın,

Yüksek hızlarda tendonun elastik enerjisi kullanılır.

Aşil tendonu elastik bir yay gibi davranır

Kinetik enerjiyi emer, depolar ve serbest bırakır

Yürürken triseps surea neredeyse izometrik kasılır.

Ana uzama ve kısalma fasya aracılığıyla olur,

Hareketin frekansı artınca tendonun elastik enerjisi ön plana çıkar;



Fasya çekme kuvvetlerini tüm vücuda iletebilir.

Vücut stabilitesinin çoğu fasya tarafından sağlanır

Tensegrity modeli; Tensil kuvvetlerin yapıları uygun postürde tutması

Mesela gluteus maximusun kasıldığında

Fasia lata gerilir ve

Kuvvet iliotibial banda iletilir

Dizin ön retinakulumu ve

Krural fasyanın anterolateral bölümünün gerilmesini sağlar

Bu şekilde kalça, diz ve ayak bileği arasındaki bağlantı güçlenir.



Miyofasial kuvvet iletimi

Kontraksiyon esnasında kasların

Boyuna kısalır

Çapı artar

Yanlara doğru kuvvet uygular

Dışa (fasyaya) doğru olan kuvvet

Işınsaldır

Tüm kas boyunca etki eder.

Kaslar ayrıca fasyal uzantıları sayesinde,

boyları kısalırken derin fasyayı gererler.

Böylece kuvvetin %30-40'ı yanlara (fasyaya) doğru iletilir.

Miyofasial kuvvet iletimi

(Myofascial force transmission)



Kaslarla derin faysa arasındaki ilişki

Süreklidir,

Kusursuz bir organizasyona sahiptir.

Kasların aktivasyonu ile derin fasyanın

Bazı bölgeleri gerilir,

Bazı bölgeleri gevşer.

Tüm ekstremiteler boyunca görülür

Fasya geçiş köprüsü gibi hareket eder,

İki komşu eklem arasında ve

Sinerjistik/agonist kas grupları arasında

Algı ve yönle ilgili devamlılığı garanti altına alır

Muhtemelen miyokinetik zincirin anatomik temelini oluşturur.



Mekanik strese aktif yanıt

Fasyal sistem bir proprioseptif duyu/iletişim organı olabilir (?)

Zengin duyu sinirlerinde sahip

Refleks mekanizamalarla

postürün korunmasına,
sinerjistik/agonist kas aktivasyonuna
ve antagonist kasların inhibisyonuna yardımcı (?).

Fasyal dokunun kendisi de kasılabilir (?).

Tehlike anında geçici olarak kasılabilir ?

Kaslara olağanüstü bir güç ve hız kazandırabilir ?

Aktif kasılabilen miyofibroblastlar aracılığı ile

Fasyalarda bir miktar miyofibroblast bulunur

Fibroblastlar miyofibroblastlara dönüşebilir



Adhezyon

Yüzeyel ve derin fasyanın birbirini üzerine kayar

Adipöz dokular yesinde

Vertikal septalar (derinin ligamentleri)

Kalınlaşabilir

Deri ve fasyayı birbirine yapıştırabilir

Kayma yeteneği azalır.

Basınç, doğrudan fasyaya iletilir.

Ağrıya neden olabilir.

Fibromiyaljideki hassas noktalar gibi



Fibrozis - 1

Doku hasarı olduğunda

**enflamasyon,
proliferasyon ve
remodeling'e onarılır.**

Enflamasyon esnasında salınan moleküller

**Fibroblastların hasar bölgesinde toplanmasını uyarır
Miyofibroblastlara dönüşümü tetikler.**



Fibrozis - 2

Kronik enflamasyon;

Miyofibroblast birikimine

Aşırı kollajen ve fibronektin salınmasına,

Sonuçta skar (fibrozis) gelişmesine neden olur.

Manuel miyofasial tedaviler,

Spesifik fasyal hareket terapisi olarak;

Matriks remodeling sürecini düzeltebilirler

Adhezyon ve fibrozisi azaltabilir.



Ağrı

Miyofasial ağrılar bir segmentten diğerine geçebilir
Romatizma terimi muhtemelen bu nedenle verilmiştir.

Akupunktur meridyenleri de

Muhtemelen fasyalarla ilgilidir

İnter- ve intamusküler bağ doku planları ile örtüşüyor olabilir.

Hipermobilite sendromlarında

Fibromiyalji sık görülür.

Kinezyofobi vardır.

Sinir sıkışma sendromları

Her zaman fasyal patolojilerle ilgilidir.



Hamlama (delayed onset muscle soreness)

Kas ağrıları

Patogenezinde epimisyum santral rol oynar.

Nonspesifik kronik bel ağrılarında

Torakolomber fasyada yırtılmalar,

Kas fıtıkları,

Mikrolezyonlar veya

Mekanik irritasyonlar söz konusu olabilir.

Fasya kalınlığı %25 kadar artmış olabilir.



Kronik boyun ağrısı

**Nöromusküler disfonksiyondan ziyade
Miyofasial patolojilere bağlıdır**

**Bu hastalarda fasya kalınlığı artmıştır
Aktif ve pasif ROM kısıtlanmıştır.**

Manipülatif tedavi ile

**Fasya kalınlığı belirgin azalır,
ROM artar
Ağrı azalır**



Santral sinir sistemi

Fasyal informasyona oldukça duyarlı

Fasya dokunun irritasyonuna bağlı ağrı

dayanılmaz,
tüketen,

yoran,
işkence gibi

Kasın irritasyonuna bağlı ağrı

uyuşma,
zonklama şeklinde

sızlama,



İSTANBUL
GELİŞİM
ÜNİVERSİTESİ

Katılımınız İçin
Teşekkür Ederiz.