

OMURGANIN BIOMEKANIĞİ

Dr. Güngör Sami ÇAKIRGİL¹ Dr. Mehmet Derya DİNÇER² Dr. Sacit TURANLI³

Dr. M. Gürle OCAKLILAR³, Dr. H. Serdar BARLAS³

ÖZET:

Omurga vücudun dik durmasını sağladığı gibi, baştan itibaren gelen yükün iletilmesini, merkezi sinir sisteminin bir parçası olan omuriliğin korunmasını, göğüs ve karın organlarına destek sağlamak gibi önemli görevler görür. Gönülük yaşamımızda kompresyon, makaslama, gerilme, eğilme ve torsiyon tarzında değişik tipte birçok zorlanmalara maruz kalır. Buna rağmen intrinsik ve ekstrinsik stabiliteyi devam ettirir. Son yıllarda bütün dünyada artan bel ağrılarınun, omurga hastalıklarının ve travmalarının tedavilerini daha iyi değerlendirmek için omurga biomekaniğinin araştırılması gerekir.

OMURGANIN BIOMEKANIĞI

Belkemiği, columna vertebralis vücudun dik durmasını sağlayan bir çubuk vazifesi görür ve kompresyon, makaslama, gerilme, eğilme ve torsiyon tarzında değişik tipte birçok zorlanmalara maruz kalır. Bunlara rağmen vertebral kolon intrinsik ve ekstrinsik stabiliteyi devam ettirir. Intrinsik stabilite disk ve ligamentöz yapılarla, ekstrinsik stabilitede özellikle abdominal ve torasik adelelere bağlıdır.

SUMMARY:

BIOMECHANICS OF THE SPINE

The columna vertebralis performs the straight posture of the trunk. Also it transmits the weight of the body from the head to the pelvis, protects the spinal cord which is the part of the central nervous system and plays an important role like to support the chest and abdominal organs. In our daily life compression, shearing, distraction, bending and torsional forces effect the vertebral colon. But it performs the intrinsic and extrinsic stability. In order to understand the pathogenesis of low back pain, the diseases of the spinal colon and traumatology which are increasing all over the world, it is necessary to research the biomechanics of the spine.

OMURGANIN MAKRO ANATOMİSİ

Columna vertebralis 24 pre sakral vertebra, sakrum ve coxycx kemiklerinden oluşur. Pre sakral segmentler büyüklük itibariyle 1. sevrıkalden 5. lomber vertebraya doğru artma gösterir. Altında ise, 1. sakral vertebradan son coxycx segmentine doğru vertebralarda küçülme kaydedilir.

Her pre sakral vertebra 4 kısımdan oluşur.

- 1 A.Ü. Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Öğr. Üyesi ve Başkanı
2 A.Ü. Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Yardımcı Doçenti
3 A.Ü. Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi

1. Esas ağırlığın yüklendiği vertebra korpüsü,

2. Korpüsün uzantısı olup, spinal kanalı teşkil eden sağlı sollu pedikül ve arkada nöral arkus veya lamina,

3. Adale ve ligamentöz yapıların yapıldığı sağlı sollu transvers çıkıntılarla, geriye doğru tek bir spinöz çıkıntı,

4. Sağlı sollu fasetler veya posterior intervertebral mafsal çıkıntıları. Doğum sonrasında bebeğin bel kemiğinde sadece bir uzun eğrilik vardır. Yukarıdan aşağı uzayan ve bir konveksite şeklindeki bebek omurgasında önce servikal lordoz, ayağa kalktığında da lumbar lordoz gelişir. (Şekil 1,2)

Vertebral üç artikülasyonla mafsalanır: Önde, intervertebral disklerin yer aldığı, korpüsler arasındaki birleşme, arkada, sağlı sollu iki adet faset mafsalı ile birleşme. Faset mafsalı diartrodial tipte, yani diğer büyük mafsal gibi kıkırdak örtüsü, synovial ve mafsal kapsülüne sahiptir.

Vertebra korpüsleri, çok gergin olan longitudinal ligamentler yardımı ile birbirine tutunur. Bu longitudinal ligamentler iki gruptur:

1— Anterior ve posterior intervertebral ligamentler,

2— İnterspinöz, intertransvers, ilio-lumbar ligamentler ve ligamentum flavum.

Lamina

Superior articular process

Pedicle

Spinous process

Inferior articular process

Transverse process

Body

(Şekil 1)

Beşinci Lumbar Vertebra.



(Şekil 2)

Dört tipik eğriliğin yer aldığı bel kemiğinin lateral görünümü.

İNTERVERTEBRAL DİSK KOMPOZİSYONU ve STRÜKTÜRÜ

Belkemiğinin fleksibilitesini temin eden diskler üç kısımdır: Ortada disk hacminin % 60 teşkil eden Nucleus Pulposus, çevrede % 40 hacmi işgal eden Anulus Fibrosus ve vertebra korpüslerini disk'den tecrid eden, altlı üstlü iki adet kırkırdak doku plağı yer alır.

Ancak embryologic ve bazı fonksiyonel çalışmalar bu kırkırdak plaklarının vertebra korpüslerinin bir parçası olduğunu göstermiştir.

Nucleus pulposus diskin arka kısmına yakın yer alır. Bu oval, Jelatinöz kısımdaki nucleus, az diferansiye olmuş, polisaccheride-protein kompleksi ile çevrilmiş kollogen liflerin yaptığı oldukça sert bir inter selluler matrix içinde dağılmış, kondrosite benzer hücreleri ihtiva eder. Kollogen lifleri çevreleyen polysaccheride, bir chondroitin sulfatı'dır. Kondroitin sulfatın poler grupları (-OH) nedeniyle nucleus % 69 - % 88 oranında su tutar. Böylece nucleus üç buutlu gel sistemi teşkil eder. Anulus fibrosus, collogen fibrokartilaj dokunun tabakalarından oluşup vertebra cisminde çok sıkı yapışmıştır. Bu tabakalar içindeki lifler vertebra korpüsleri arasında oblik ve perpandiküler istikamette seyrederek ve diske elastisitesini verir. Lifler, hücreler arasında sement benzer bir madde ile sıkı sıkıya birbirine yapışır. Anulusun anterior ve lateral kısmı, posterior kısma nazaran iki misli kalındır. Posterior bölgede tabakalar sayıca az olur ve hacmi itibarıyla darlaşır ve paralel diziler teşkil eder. Bu kısımda yapıştıncı madde daha azdır. Bu yapı nedeniyle fitikleşmeler hemen daima posterior istikamette gelişir. Anulusun içteki lifler, nukleusun inter selluler matrixi ile birleşir. Bu nedenle nucleus ve anulusun arasında kısmi bir hudut yoktur.

İNTERVERTEBRAL MAFSALLARIN BİOMEKANİĞİ

Diarthrozis tipinde olan, yani kırkırdak, synovia ve kapsülü bulunan bu mafsallar 6 derecelik bir hareket serbestisine sahiptir. 3° rotasyon, 3° öne, arkaya, sağa ve sola hareket eder. Bu mafsallarda kompresyon, lateral eğilme, anterior-posterior eğilme, torsiyon hareketleri vardır.

AXİAL KOMPRESYON

Kadavrada yapılan tecrübeler göstermiştir ki, posterior fasetler kompresyon kuvvetinde müsbet bir rol oynar. Kompresyonu yüklenen esas yapı disklerdir.

nın kaybolabilmesi için, çok aşın bir zorlama gerekir. Gene kadavra üzerindeki tecrübeler göre, disklerin ezilmesinden önce vertebra korpüslerinde tahribat gerekir. Vertebra korpüslerini örten kartilaj plağı aşın kompresyon kompresyon altında çatlamalar gösterir ve çatlaklardan jelatine nucleus materiyali korpüslerin içine kayar. Bunun için 435-635 kg. bir basınç gerekir. Bunun üzerindeki bir kuvvet ise korpüsün parçalanmasına neden olur. Vertebra korpüsünü parçalayan kuvvet 589-1088 kg. arasında değişir.

MAFSALLARIN EĞİLMESİ

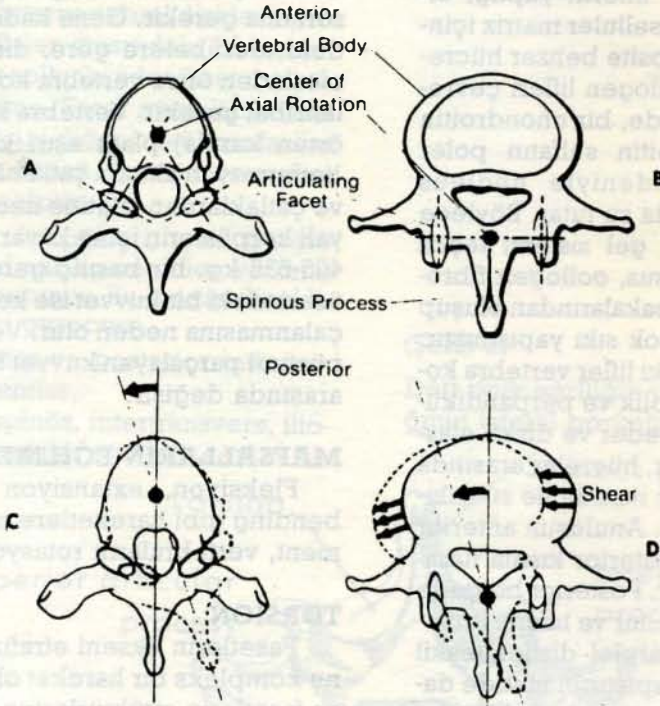
Fleksiyon, ekstansiyon ve lateral bending gibi hareketlere sahiptir. Moment, vertebraların rotasyonudur.

TORSİYON

Fasetlerin eksenine etrafında torsiyonu kompleks bir hareket olup, posterior fasetlerin strüktürlerine tabidir. Torasik ve lumbal mafsallarda torsiyon mekaniği, fasetlerin konumundaki farklılıklar nedeniyle oldukça farklıdır. Torakal vertebralarda torsiyonel rotasyon merkezi nucleus içinde yer alıp, disk

rotasyon zorlamalara maruz kalır. Lumbal bölgede ise axial rotasyon merkezi diskin gerisinde, faset mafsallara yakındır. (Şekil-3) Böylece disk, geçici makaslama zorlamalarına maruz kalır. Omurganın eğilmesinde momente cevap, direnç karakterindedir. Posterior fasetlerin nöral arkustan kesilerek çıkarılmasında, torasik bölgede torsiyonel durum çok az fark gösterir. Zira torasik bölgede faset yüzleri horizontal plandadır ve torsiyon zorlamalarında çok az bir

direnç gösterir. Buna mukabil lumbal fasetler vertikal plandadır. Bu nedenle torsiyonel zorlamalarda birbirine sürterek direnç gösterir. Böylece torsiyonel zorlamalara mukavimdir. Şöyleki Fortan tarafından yapılan torsiyonel testlerde direnç hududu 9.99 kg-metredir. Fortan'a göre torsiyonel direncin % 40-50 diskler, % 50-60 da posterior faset kapsülleri ile karşılanır. Direnç hududu olan 8.99 kg-metre aşınca, dejeneratif disklerde torsiyonel zorlamalara karşı direnç azalır.



(Şekil 3) Torasik (A-C) ve lumbal (B-D) vertebra lann axial rotasyonu mekanizması.

LİGAMENTÖZ SPİNE

Columna vertebralisin intrinsik stabilitesi, herhangi bir desteğe gerek kalmadan adale ve ligamentlerle sağlanır. 2 kg. kadar bir kompresyon kuvvetinin tepeden aşağı tazyikli, columna vertebralisini yana doğru eğilmesi için yeterlidir.

Spinal kolon büyüklük itibariyle uniform olmadığından, eğilme ve kompresyon zorlamalarına karşı direnç, torakolomber bölgede sabittir. Şöyleki geniş bir disk sahına ve yüksekliğine sahip lumbar bölgelerde direnç ve flexibilitate fazladır. Alt lumbar mafsallar torasik mafsallardan daha dirençli olduğundan, torsiyonel direnç uniform değildir. Bu nedenle spinal kanal içinde torsiyonel yaralanmalara karşı potansiyel zayıflık torasik bölgede fazladır. T₁₀ üzerindeki vertebralar göğüs kafesiyle mafsallanır. Bu nedenle torsiyonel zorlamalara karşı mukavemetleri fazladır. Böylece torasik vertebralar göğüs kafesiyle birlikte rijit bir ünite teşkil eder. Lumbar vertebralar, yüksek torsiyonel dirençleri nedeniyle bu bölgede mukavemeti fazla strüktürel bir ünite oluşturur. Arada kalan T₁₀ T₁₂ torasik vertebralar arasındaki diskler, intermedial elastik elementleri teşkil ederler. Böylece ani bir torsiyonel zorlamada T₁₀ T₁₂ seviyesinde rotasyonlar en fazla olacağından, bu aradaki diskler enerjinin büyük bir kısmını absorbe eder. Bu nedenle T₁₂ disk, torsiyonel yaralanmalara en çok maruz kalanıdır.

OMURGANIN AXİAL ROTASYONU

Gregersen ve Lucas, vücudun sağ sola rotasyonu sırasında axial rotasyon meselesini incelemişlerdir. Spinöz çıkıntılara lokal anesteziyle Steinman çivileri sokularak, çeşitli vertebra seviyelerinde anguler deplasman ve rotasyonları özel metodlarla incelemişlerdir. Gö-

ğüsün sağa sola rotasyonunda T₁ T₁₂ vertebralar arasında 70° bir rotasyon vuku bulur. T₁ sakrum arasındaki vasa-ti kumulatif rotasyon ise 102°'dir.

Yürüyüş sırasında elde edilen ölçümlere göre:

1— Pelvis ve lumbar vertebralar fonksiyonel bir ünite olarak rotasyon yapar.

2— Alt torasik vertebralarda rotasyon T₇ kadar tedricen azalma gösterir.

3— T₇ üzerindeki vertebraların rotasyonu, pelvis-sakral bölgenin aksi istikamette olmak üzere omuzla birlikte olur.

4— Üst torasik vertebraların rotasyonu T₇ den T₁ e doğru tedricen artar.

Lumbo sakral seviyede invivo olarak axial rotasyon ölçümleri Lunsden ve Morris tarafından özel bir aletle yapılmıştır. Bu ölçümlere göre, şahıs ayakta dururken veya bir bisiklette otururken, pelvisin fixe olduğu bir durumda lumbosakral mafsallarda 6° bir rotasyon kaydedilmiştir. Normal yürüyüş sırasında bu mafsallarda 1,5 derecelik bir rotasyon vuku bulur. Bu rotasyon esnasında daima sacrum üzerinde L₅ fleksiyonu da söz konusu olur.

SPİNAL STABİLİTE

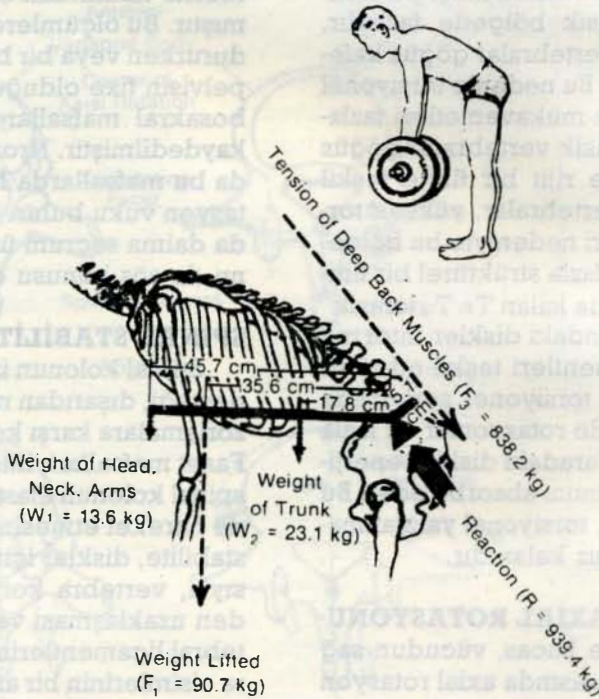
Spinal kolonun intrinsik ve extrinsik desteği, dışardan maruz kaldığı büyük zorlamalara karşı koymağa yetersizdir. Faset mafsallar, intervertebral diskler, spinal kolonun elastik bir çubuk şeklinde hareket etmesinde rol alır. İntrinsik stabilite, diskler içinde basıncın artmasıyla, vertebra korpüslerinin birbirinden uzaklaşması ve bu arada intervertebral ligamentlerin direnciyle, vertebra cisimlerinin bir arada kalmasıyla sağlanır. Bu kombine güçler sayesinde vertebra korpüsleri çok stabil tutulur.

Öne eğilerek ağır bir objenin kaldırılması, lumbosakral mafsala büyük bir güç yükler (Şekil-4). Bu güç, omurganın

erektör adalelerin (Sakrospinal adaleler) kontraksiyonundan ve bu bölgedeki kaldıraç kolunun çok kısa oluşundan kaynaklanır. Ön ve arkadaki kaldıraç kollarnın oranı 1/10'dur. Binaenaleyh mesela 90.7 kg. bir ağırlık kaldırılıyorsa, teorik olarak lumbo-sakral seviyeye yüklenen güç en az 907,2 kg. yükselir. Mamafih disk ve vertebra korpüslerinin sağlamlığını tayin etmek üzere bir çok biomekanik tecrübeler yapılmış ve bunlar göstermiştir ki, bu kadar büyük güç (907.2 kg.) tolere edilemez. Araştırmacılar, materyellerin güçlerini deneyen kompresyon makinaları ile, ani dinamik zorlamaları yaparak oldukça faydalı bilgiler elde etmişlerdir.

Kompresyon testleri göstermiştir ki, diskler elastik bir yapı olarak total 635

kg. kadar maksimal bir mukavemet gösterirler (Özellikle genç kahillerde). Yaşlı kimselerde ise, elastiki mukavemet hududu takriben 158,8 kg. bulmuştur. Bu hudutların üzerindeki çok az bir ilave basınç karşısında diskler süratle deforme olur, bozulur. Bu bozulma, genellikle üstteki vertebranın çatlamasıyla, vasküler foremenden sanginöz mayinin sızmasına ve bazan anulus fibrosis'in periferik liflerinin vertebralararaan ayrılmasına neden olur. Bu patolojik değişikliklerin fizik muayene ve radyolojik kontrollerde teşhisi güçtür. Ancak vertebra korpüsünün kollapsi şeklinde tanımlanabilir. Bu durum genç kahillerde 453.6-771.1 kg. bir kuvvetle gelişebilir. Yaşlılarda ise kritik hudut 136.1 kg.'dır.



(Şekil 4)

Göğüs kafesini devre dışı bırakarak belkemiğinin alt lumbar bölgesine kuvvetin yüklenmesi.

Şurası muhakkaktır ki, anulus, elastik limitler içinde kaldığı sürece vertebral fraktür gelişmeden herhangi bir patolojik değişiklik göstermez. Omurga üzerine binen aşın kuvvetlerde vertebra platosu kırılmaya en müsait bölgedir. Disk normal ise, vertebra korpüsü nucleus içinde akümüle olan tazyikten daha fazla bir direnç gösterdiğinde, vertebra platosunun orta kısmında bir fraktür gelişebilir. Gençlerde vertebra korpüsünde gelişen bu patolojik değişiklik Schmorl nodülü olarak belirir. Değişik derecelerde disk dejenerasyonu halinde, disk mesafesinde kuvvetlerin anormal bir şekilde dağılımı, vertebra platosunun periferik kısımlarında fissür veya fraktürlere imkân verir. Bu şartlar altında vertebra korpüsü kırılmaya en çok maruz kalan yapıdır. Anulus fibrosis de mevcut defektlere rağmen nucleus pulposus herniasyonundan önce vertebra platosu veya cisminde fraktür gelişmesi çok muhtemeldir.

Jet pilotların yaralanmaları üzerindeki araştırmalara göre, pilotun 20 grante hızla fırlamasında veya 907.2 kg.'lık bir güç karşısında vakaların % 27'de vertebrada kompresyon kırıkları gelişir.

Köpeklerde tecrübi olarak göstermiştir ki, tek bir ciddi travma, disk herniasyonundan çok daha sık, vertebra fraktürüne sebep olur. Başka bir deyişle travma nadiren disk herniasyonuna sebep olur. Deneyler göstermiştir ki, 1179.3 kg. kuvvetinde bir dynamic zorlama, takriben 589.7 kg. bir güç yaratarak, vertebra platosunda fraktüre yol açar. Elastiki columna vertebralis, göğüs ve karın boşluğuna bağlı para spinal adalelerle takviye edilmiştir. Göğüs boşluğu hava ile, karın boşluğu ise, solid visceral organlar ve mayi ile doludur. Göğüs boşluğundaki adalelerin fonksiyonu ile göğüs kafesi semi-rijit bir

silindir duruma gelir. Böylece belkemiği üzerine yüklenen kuvvetleri azaltır.

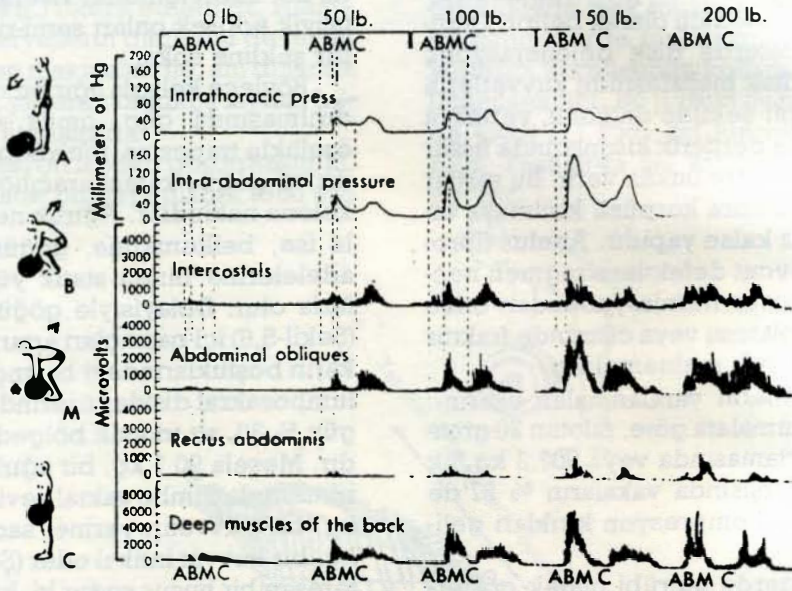
Bu hipotez üzerindeki çalışmalar göstermiştir ki, ağır bir yükün kaldırılması sırasında interkostal ve omuz çevresindeki adaleler göğüs boşluğunu oldukça rijit bir duruma getirir. İntra torasik basıncın artması, göğüs kafesi ve belkemiğini aşın kuvvetleri nakledebilen kuvvetli bir ünit haline getirir. Diafram ve karın adalelerinin kontraksiyonu ile, karın içindeki viseral organlara tazyik ederek onları semi-rijit bir silindir şekline sokar.

Böylece kollarla ağır bir objenin kaldırılmasında güç, omuz adalelerine özellikle trapezius, rijit abdominal silindir ve göğüs kafesi aracılığı ile spinal kolona nakledilir. Ağırlık ne kadar fazla ise, belkemiğine, göğüs ve karın adalelerine binen statik yük o kadar fazla olur. Dolayısıyla göğüs ve karın (Şekil-5,6) içi basınçları artar. Göğüs ve karın boşluklarındaki basınç artımında lumbosakral diskler üzerinde toplanan güç % 30, alt torasik bölgede % 50 azdır. Mesela 90.7 kg. bir ağırlığın kaldırılmasında lumbo-sakral seviyeye 907.2 kg. bir kuvvetin yerine, sadece 680.4 kg. bir kuvvet intikal eder (Şekil-7). Enteresan bir husus şudur ki, karın çevresine sıkı bir korsanın takılmasında, korsanın sıkmasıyla karın ve göğüs boşluğunda basınç artımı olur. Bundan böyle ağır bir objenin kaldırılması sırasında torasik ve abdominal adalelerin aktivitesi azalır, bu adalelerin etkisi eksternal destek yani korsa ile repiase edilir.

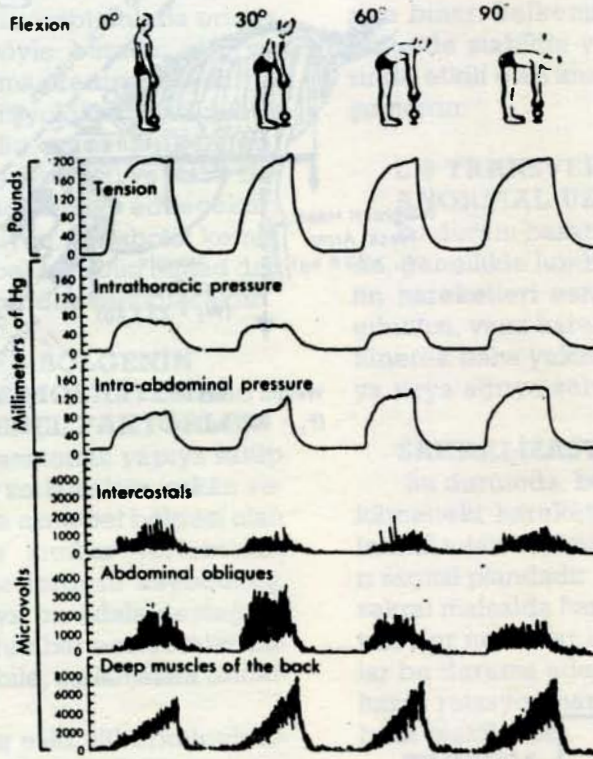
Nachemson ve Morris, invivo olarak intradiskal basıncı ölçmüşlerdir. Şöyle ki, tazyike hassas polyethylene membrane bağlı bir lomber ponksiyon iğnesiyle disk içine girmişler ve görmüşlerdir ki oturma pozisyonunda iken, normal bir diskin iç basıncı 10-15 kg./cm. iken bu basınç, ayakta dururken % 30,

uzanırken % 50 azalma gösterir (Şekil-8).
Bu ölçümlere göre kahillerde alt lumbar diskler, şahıs otururken 99.8-174.6 kg. bir güç yüklenirken, ayakta 90.7-

120.2 kg.'lık bir güç yüklenir. İntra-diskal basınç, bilhassa öne eğilerek ağır bir objenin kaldırılmasında oldukça artar.



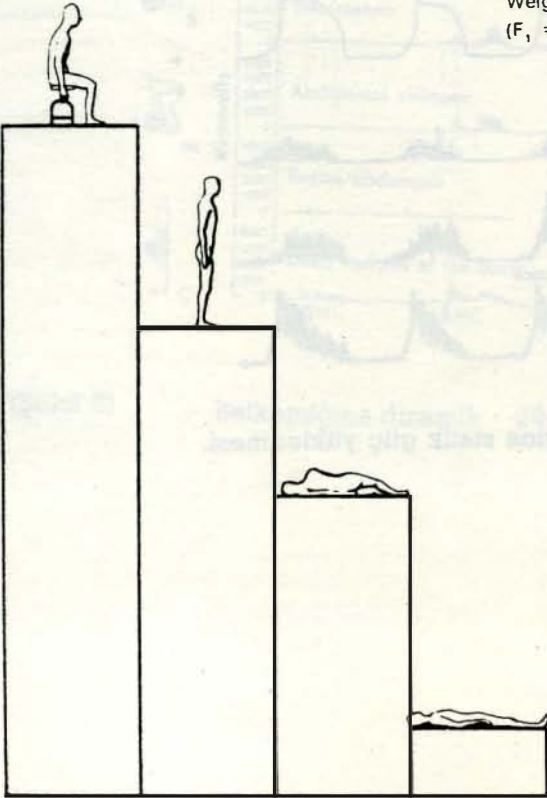
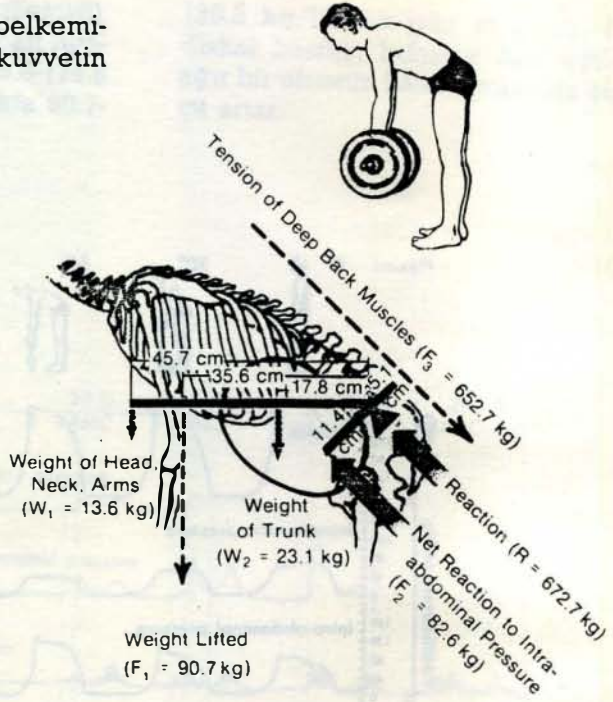
(Şekil 5) Belkemiğine dinamik güç yüklenmesi.



(Şekil 6) Belkemiğine statik güç yüklenmesi.

(Şekil 7)

Göğüs kafesinin de iştiraki ile belkemiğinin alt lumbar bölgesine kuvvetin yüklenmesi.



(Şekil 8)

Normal 3 ve 4. diskler üzerine binen total basınç ile şahsın pozisyonu arasındaki münasebet Profesör Nachemson tarafından invivo olarak otururken, ayakta dururken, yan ve sırt üstü yatarak intradiskal basınç ölçümleri yapılmıştır.

PATHOMEKANİKLER

Kronik bel ağrılarının ekseriyeti doğrudan doğruya veya dolaylı olarak intervertebral disk dejenerasyonu ile ilgilidir. Hastaların hemen hemen % 90'ında intervertebral disklerin anormal fizyolojik yaşlanması veya dejenerasyonun neticesi semptomlarla ortaya çıkar. Bundan böyle burada, akut ve kronik bel ağrılarında predispozisyon yaratan, disklereki fizyolojik değişiklikler ele alınacaktır. Bu arada belkemiğinin anatomik varyasyonları ve statik bozukluklarına kısaca temas edilecektir. Tümörler, enfeksiyon, metabolik kemik hastalıkları gibi, bel ağrısının mutad dışı sebepleri ise konu dışı bırakılacaktır.

LUMBO-SAKRAL BÖLGENİN STABİLİTESİ ve MOBİLİTESİNİ ETKİLEYEN GENEL FAKTÖRLER

Bazı değişik anatomik yapıya sahip omurgalar statik zorlamalara imkân verir. Meselâ dar ve uzun bel bölgesi olan bazı hanımlarda lumbar vertebralar, sakrum üzerinde lordozu kaybolmuş, düzleşmiş ve zayıf bir adale desteğine sahiptir. Bu tip lumbar vertebralar basit aktivitelerde bile, zorlamalara istidatlıdır.

Bunun aksine eski, tüberkülotik torakal gibbus, Dorsal Schuermann, Kyphosis, Konjenital Kalça Çıkığı, Coxa Vara gibi lumbo-sakral açının (30°) arttığı, hiperlordotik lumbar vertebralar ise, ligamentör zorlamalara istidatlıdır.

BELKEMİĞİNİN MOBİLİTESİNİ ETKİLEYEN ANATOMİK VARYASYONLAR

Belkemiğinin orthograde (düzgün) pozisyonda dururken lumbo-sakral bölge omurganın diğer bölgelerine nazaran oldukça fazla statik stese maruz kalır. Bu bölgedeki bazı anatomik varyas-

yonlar, belkemiğinin stabilitesi veya mobilitesine etkili olabilir. Eğer mobilite kısıtlanır veya engelenirse, ağırlık yüklenmesindeki mobilite, belkemiğinin daha yukarı seviyelerine atılır. Mobilitenin yeteri kadar engellenmediği vakalarda statik zorlamalar, lumbo-sakral bölgenin yumuşak kısımları üzerine biner. Belkemiğinin lumbo-sakral bölgede stabilite veya mobilitesi üzerinde etkili olan anatomik varyasyonlar şunlardır:

L 5 TRANSVERS ÇIKINTISININ ANORMAL UZUNLUĞU

Bu durum bazan semptom vermese de, genellikle lumbalji sebebi olur. Belin hareketleri esnasında L₅ transvers çıkıntısı, yana hareketlerde iliama sürünerek daha yukarı seviyede zorlama veya ağrıya sebep olabilir.

SAKRALİZASYON

Bu durumda, belkemiğinin her istikâmetteki hareketleri L₄ L₅ disklerine intikal eder. Bu bölgede faset mafsalları sagittal plandadır. Binaenaleyh lumbo-sakral mafsalda hareket serbestisi yoktur. Her ne kadar lumbo-sakral mafsallar bu duruma adapte olurlarsa da, bilhassa rotasyon hareketleriyle stres sebebi teşkil eder.

TROPİSM

Lumbo-sakral mafsalların artiküler fasetlerinin asimetric bir anatomik varyasyon göstermeleri Tropism olarak tanımlanır. Şöyleki, normalde her iki lumbo-sakral fasetler frontal planda iken, Tropism'de, bir taraf faset mafsallı sagittal planda, diğer taraf faset mafsallı frontal planda gelişmiştir. Sagittal plandaki faset, rotasyon ve lateral hareketlere direnç gösterir; bu direnç daha yukarıdaki faset mafsallar üzerine ilavi streslerin yüklenmesine yol açar. Farfan'ın işaret ettiği gibi, bu durum, anu-

lus fibrosus üzerinde ilave makaslama zorlamalarına ve böylece dejeneratif değişikliklerin süratlenmesine neden olur.

BELKEMİĞİNİN STABİLİTESİNİ ETKİLEYEN ANATOMİK VARYASYONLAR SİPİNA BİFİDA

Noral arkustaki kemik defekti, ligamentöz yapılar üzerine anormal streslerin yüklenmesine ve böylece instabiliteye neden olur.

SPONDYLOLYSİS ve SPONDYLOLYSTHESIS

Konjenital olarak vertebra pedikülünde tek veya çift taraflı defektler, Spondylolysis olarak tanımlanır. Bu durumda spinal stabilite, tamamen ligamentöz yapılara ve özellikle L₄ L₅'i ilioma bağlayan iliolumbar ligamentler üzerine yüklenir. bu ligament L₅ vertebraun öne doğru kaymasını önleyecek yeteri kadar güçte değildir. Bu nedenle L₅ tedricen öne doğru kayarak Spondylolysthesis ortaya çıkar.

HORIZONTAL SAKRUM, LUMBO-SAKRAL MAFSALDA ÖNE DOĞRU ANORMAL MAKASLAMA ZORLANMASINA YOL AÇAR

Normalde 30° olan lumbo-sakral açı bazı şahıslarda 90° kadar çıkar. Bu durumda lumbo-sakra böygeye binen kuvvet, makaslama zorlanması şeklinde rol oynar. Bu ise, hemen hemen vertikal planda kalan intervertebral diskin baskı ve sarsıntuları yeterince karşılamamasına ve böylece bütün zorlanmalarda yükün sakrum üst ucunun öne doğru kaymasına direnç gösteren sakro-iliak ligamentler üzerine binmesine yol açar.

1954'de MUNKFORS'un kaydettiği

gibi bütün bu durumlar, bel ağrılarında en çok rol oynayan veya predispozisyon yaratan faktörler değildir. Sadece disk dejenerasyonu ile müterafık spondylolysthesis, bel ağrılarının gelişmesinde predispozisyon faktör olarak gösterilir.

DİSK DEJENERASYONU

Daha önce de bahsedildiği gibi disk dejenerasyonu, Low Back Sendromu vakalarının büyük bir ekseriyetinde esas etyolojik faktördür. FRİBERG'in çalışmaları, değişik derecelerdeki dejenerasyonların radyolojik delilleri, yani üst vertebraun alt vertebralar üzerinden kayması, disk aralığının daralması, osteofitik yeni kemik formasyonlarının oluşması ile karakterize stabilite bozukluğu, başka bir deyimle Spondylosis, bel ağrısından muzdarip hastaların % 50'sinde tesbit edilen bulgulardır. Bel ağrısı şikâyetleri olan hastalarda radyogramlar normal görülse bile, oldukça ilerlemiş dejeneratif değişiklikler bulunabilir.

20 yaşından sonra disklerdeki fizyolojik değişiklikler, daha ileri yaşlara doğru tedricen ilerleyici bir artma gösterir. Nucleus pulposus'da yaşlanma ile birlikte su muhtevası azalır. Doğumda nukleusun konsantrasyonu % 88 iken, 70 yaş civarında bu oran % 69'a düşer; selüller dejenerasyon, santral fissürlerin oluşması ve kavitasyon, kalsiyum tuzlarının fokal birikimi ile müterafık progresiv "Fibrosis" müşahade edilir.

Diğer taraftan fibrosis lamelleri arasında, musinöz dejenerasyonla müterafık şişmeler kaydedilir. Bunlar hematoksylin ile koyu maviye boyanır. Bu bölgelerde gelişen konsantrik fissürler, yaş ilerledikçe artarak genişler. Fibroz yapı çoğalarak hyalinizasyon ve parçalama gösterir; özellikle alt lumbar disklerin posterolateral bölgelerinde radi-

al fissürleri yaygınlaşarak nucleuslar bu fissürlerden periferine doğru fıtıklaşır.

Bu patolojik değişiklikler disk fonksiyonlarını bozar. Bir travmayı ve şifa prosesini takiben, anulus fibrosus çevresinde vaskülarisyonla müterafık fibrosis hadisesi müşahede edilir. Fissür bölgesinde görülebilen kahverengi pigmentasyon muhtemelen hemosidesin pigmentlerinin birikimindedir.

Vertebra satırlarını örten kırkırdak plağı incelik, normal hücreleri azalır, ve dejenerasyonun değişik safhalarına ait hücreler sahneye hakim olur. Bu arada oldukça sık Schmorl nodülleri teessüs eder ve kartilaj plağında paralel yırtıklar veya fibrilleşme müşahede edilir.

Oldukça erken gelişen disk dejenerasyonunda bazı faktörler dikkate alınmalıdır. Nucleus ve anulustaki yaşlılığa bağlı değişiklikler, artıklar kartilaj, tendonlar ve konnektif bağ dokusu gibi diğer mesenşimal dokuların yaşlanmalarında da görülür.

Bedenen ağır işlerde çalışan kimselelerdeki disk dejenerasyonlarında, yaptıkları işin doğrudan bir etyolojik faktör olabileceğine ait delil yoktur. Aynı şekilde liman ve kereste işçileri, oturarak vazife görenlerdeki disk dejenerasyonları ile, yaptıkları iş arasında direkt bir münasebet olduğunu kanıtlayacak deliller yoktur. Ancak yaşlılık yanında bu faktörler de, dejeneratif değişiklikler için predispozan faktör olabilir ve özellikle alt lumbar disklerde, anulus fibrosus'ın yırtılmaya karşı dirençleri azalır.

Brown ve arkadaşları mekanik zorlamaların etkileri üzerindeki araştırmalarının göstermiştir ki, anulus fibrosus ve nucleus pulposus, kompresiv veya dinamik zorlanmalara karşı vertebra satırlarını örten kartilaj plaklarından daha mukavimdir. Şöyleki, disk ve vertebra üzerine 6.8 kg.'lık bir güçle, dakikada 1100 devirle fleksiyon yaptırarak test maki-

nası uygulanmış ve görülmüştür ki, 1 dakikadan az bir zamanda 1000 devir, anulus fibrosus'de komplet horizontal bir yırtık meydana getirir. bu test, fleksiyonla birlikte ağırlığın yüklenmesi, disk lezyonuna istidat yaratacağını kanıtlamıştır.

Spinal eğiriliğin konkav tarafındaki diskte radial fissürlerin meydana gelmesinde, kompresyon önemli bir faktördür. Şöyleki, lordotik lumbar bölgede anulusun posterior kısmında, kifotik dorsal bölgede anulusun anterior kısmında yırtıklar gelişir. Lindblom, iarelerde, kuyrukların keskin kavırılma gösterdiği konkav bölgedeki disklerin anulusunda, radial yırtıklar meydana geldiğini kaydetmiştir.

Disk, damar ve sinirden yoksun olduğundan, erken dejeneratif değişikliklerin gelişmesi ve dejenerasyon başladıktan sonra rejenerasyonun oluşması imkansızdır. Kan dolaşımının yokluğundan, nucleus içinde, metabolik değişikliklere bağlı oksijenasyon ve pH bozuklukları gelişir.

Disk dejenerasyonunda herediter faktörlerde rol oynar.

Pekineese Fransız Bulldog, kısa ayaklı uzun kulaklı ve uzun boylu Alman köpeklerinde disk dejenerasyonu, diğer cins köpeklerden daha fazladır.

Kısaca özetlenirse disklerdeki yaşlılığa bağlı dejenerasyon üzerinde, kan dolaşımından yoksun oluşları, heredite ve mekanik faktörler de rol oynar.

Nucleus pulposusda bariz struktürel değişiklikler görülmeden, anulus fibrosus de yırtılmalar meydana gelir.

Higroskopik bir yapıya sahip anulus'daki elastisite, protein polysaccheride matrix içindeki kollagen liflerin oluşturduğu, çok lusuci bir jel sistemine bağlıdır.

Nucleustaki su retansiyonunda fizyokimyasal iki hadise sorumludur. Bun-

rot
ba
dis
du
ka
O
va
fas
nl
du
bü
dü

lardan biri osmosis, diğeri de protein polysaccheride jel tarafından suyun tutulması, yani kollagen doku ödemidir.

Osmosis'in önemi nisbeten azdır. Zira nucleus, değişik tonositlerde mayiler içine konduğunda, nucleusun su konsantrasyonu hemen hemen sabit kalır. Nucleusun hidrasyonu, nucleus içi basıncın artmasına neden olur. Araştırmalar göstermiştir ki, nucleusun % 1 oranında salınmasına 500 atmosfer basıncına eşittir. Bu yüksek basınç ise nucleus fonksiyonlarını bozar.

Nucleusun dejenerasyonu veya fizyolojik yaşlanması, gençlerde mevcut chondroitin sulfat A'nın, tedricen ketosulfat ve chondroitin sulfat B ile yer değiştirmesi ve hyaluronik asid'in azalması ile karakterizedir. Bu hadiseler muhtemelen, nucleus içindeki oksijen konsantrasyonunun azalması ve pH değişikliklerinin sonucu olarak metabolik aktivitenin azalmasına bağlıdır. Şöyle ki, protein-polysaccheride kompleksi parçalanarak, nucleus içindeki kollagen miktarı, mucopolysaccheride'lere nazaran artar. Bu hadiselerin etkisi ile önce nucleusun su tutma gücünün azalması yani viskozitesinin azalması, sonra da içindeki su miktarının azalması söz konusu olur. Bu durumda kollagen proteinler, polysaccheridelerin polar hydroxy guruplarının yerlerini işgal ederler ve su tutabilen polysaccheridlere çok az bir miktarda yer verilir. Hendry'in çalışmaları göstermiştir ki, dejenerasyon gösteren nucleuslar normal nucleusa nazaran daha az hygrokopiktir; ayrıca içindeki basınç az olduğundan, normale nazaran daha az su kaybederler.

Vertebral kolon üzerine binen güç, vertebra korpüslerinden geçerken 2 komponente dağılır. (1) Nucleustan geçen kuvvetin bir kısmı eşit oranında etrafa yalılır. (2) Bakiye kuvvet de anulus

fibrosis tarafından çevreye nakledilir.

Hirsch'e göre nucleus, üzerine binen kuvveti eşit oranda yayma kabiliyetini kaybederse, anulus fibrosis fizyolojik olarak beklenen fonksiyonunu yapamaz. Nucleusun basıncı karşılamadaki yetersizliği üç olaya neden olur.

1. Toplam zorlanmanın büyük bir kısmı anulus üzerine nakledilir. Nachemson, disk içi basıncını normal ve dejenere disklerde ölçmek suretiyle görmüştür ki, eğer nucleus dejenere ise, anulus üzerine intikal eden güç normal diske nazaran dört. Ayrıca dejenere disk'in yük taşıma kapasitesi normal diske nazaran % 40 daha azdır.

2. Anulus üzerindeki stresin etkinliği torsiyon ve kompresyon karakterine göre değişir. Anulus içindeki kollagen lifler, üzerine binen yüke adaptasyon gösterir. Fakat dejenerasyon gösteren anulusta kollagen lifler, binen yüke adapte olamaz ve kompresyon devam eder.

3. Uzun bir istirahatten sonra, yüklenen bir stres karşısında nucleus, içindeki suyu muhafaza edemez ve neticede nucleusun hidrostatik basıncı azalır. Anulus üzerine nakledilen aşırı güç, anulus üzerindeki ufak yırtıkların genişlemesine ve anulusun lamellere ayrılmasına neden olur. Birbirine dikey istikâmetlerde seyreden liflerin oblik lamellerine tabi olan anulus elastikiyeti kaybolunca, oblik lameller birbirinden ayrılır ve kompresyon etkisiyle fıtıklaşma meydana gelir. Bu durum ise, vertebraların birbiri üzerindeki hareketlerinin artmasına yani stabilitesinin bozulmasına yol açar.

Nucleus içinde gelişen yukarıda izah edilen dejeneratif değişiklikler, dejenere nucleus materyalinin herniasyonuna sebep olur. 5-6 yıl içinde gelişen bu dejeneratif değişiklikler yani nucleusun fibrosisi, anulustaki fibröz prolife-

kasyon ve anulus çatlakları arasında gelişen granülasyon dokusu, disk mesafesinin fibröz bir ankilozla kapanmasına neden olur. Bu safhada herniasyon ve ağrının meydana gelme şansı azdır ve hatta mevcut lumbalji ve syatalji, iki vertebra arasında fibröz ankilozun gelişmesiyle kaybolur. Bu fizyopatolojik açıklamadan sonra, disk hastalığı ve herniasyonunun 30-35 yaş gurubunda ise, fibröz ankiloz nedeniyle bu ihtimalin ortadan kalkacağı vazedilmiş olur.

Disklerdeki mekanik bozukluklar hastanın yaşına, aktivitesine, dejenerasyonun zamanı, sürati, nucleus içindeki kollagen birikimine, anulusdaki harabiyet, fibrosis ve bilinmeyen biyosimik faktörlere bağlıdır.

Normal yaşlılık safhasında yavaş gelişen bir mucopolysaccaride kaybı ve kollagen replasmanı, anulus fibrosiste ciddi bir harabiyet olmadan ve onun hydro-statik fonksiyonuna zarar vermede, progresif bir fizyolojik dehidrasyona yol açar.

Disk dejenerasyonunda turgor ve tonusunun azalması, anulus fibrosis'in lamellere ayrılması ve yırtılmasına bağlı olarak gelişen ligament gevşekliği ile omurganın intrinsik stabilitesi kaybolur; omurgalarda anormal bir hareket serbestisi ortaya çıkar. Ekstansiyonda üst vertebra arkaya, fleksiyonda ise öne doğru yer değiştirir. Böylece vertebraların normaldeki 3 mm.'lik deplasman hududunu aşan kaymalarda, vertebral instabilitelerden bahsedilir. Bu durum en çok L4 L5 ve L5 S1 disk seviyesinde görülür. Disk dejenerasyonunun ilk bulguları radyogramlarda tesbit edilebilir.

Şöyleki disk mesafesi daralır, dışarı doğru fıtıklaşan anulus, periostu vertebra kenarlarından dekole eder. Dekole olan periost altında yeni kemik formas-

yonları gelişir ki, röntgen filmlerinde osteofilik çıkıntılar şeklinde tanımlanır.

Stabilite bozukluğu gösteren omurga bölgesi, çevredeki ligamentöz yapılar üzerine binen aşırı zorlamalar nedeniyle ağrı sebebi olabilir.

Disk aralığının daralması ve stabilite bozukluğu, fleksiyon ve ekstansiyon sırasında omurgada segmental posterior kaymaya, deplasmana neden olur. Ciddi dejenerasyonda hareket eksenine arkaya, faset mafsallarına kadar kayar. Bu durum ise faset mafsallarını aşırı bir harekete zorlayarak, faset mafsallarındaki kırık satırların ezilmesine, fibrosise, mafsal yüzlerinin fraktürüne ve hatta sublüksiyona kadar giden, dejeneratif değişikliklerin değişik derecelerini görmek kabil olur.

Dejeneratif değişiklikler gösteren faset mafsalların hareketlerinde, kapsüller gerilmeye, exostoz çıkıntılarının basısında, synovial zannın faset yüzleri arasında sıkışmasında ağrı gelişir. Bel bölgesinde birden gelişen ağrı, synovial zannın faset mafsal arasında sıkışması ile izah edilir.

Hirsch tarafından açıklandığı üzere ağrı mekanizması şöyledir. Dejenere disk içine serum fizyolojik zerkedildiğinde gelişen ağrı, procaine zerkinden sonra ortaya çıkmaz. Hirsch'e göre serum zerkinden sonra anulusun gerilmesi, anulusla birleşen posterior ligament'de gerilmeye yol açar. Dejeneratif diskin nihai plağındaki yırtık ağrıya hassastır. Procain zerkiyle bu tip bel ağrısı geçer. Ağrının bir diğer sebebi de, periferden anulus yırtıkları içine gelişen vasculer granülasyon dokusunun irritasyonudur. Nachemson'a göre ağrı sebebi, nucleusdan dışarı doğru, anulus yırtıklarına sızan şimik, irritan maddelerdir.

Bütün bu sebeplere bağlı ağrı derin ve küntdür; lokalize edilemez, bazan vi-

seral semptomlarla müterafık ve bazan da aşağı bacağa doğru intişar eden karakterdedir. Ağrının bu radyasyonu, sensorial cutane sinir dermatom sahasına uymaz.

Nihayet bel ağrısı, syatalji ile birlikte veya tek başına olarak, intervertebral foremen'de sinir kökünün sıkışmasından menşe alabilir. Bu durum en çok L4 L5 ve S1 kökleri için söz konusudur.

Sinir köklerini sıkıştıran faktörler olarak disk herniasyonu, posterior anulus fıtıklaşması, intervertebral foremen-de sinirlerin sıkışmasına neden olan osteofitik çıkıntılar, faset mafsallarının subluxasyonu, dejeneratif değişikliğe bağlı faset hipertrofileri, spinal stabilite bozukluğunda (İnstabilitede) oldukça sık görülen ligamentum flavum hipertrofisi ve hatta kalsifikasyonu, dorsal tabakalar ve spinal sinirlerdeki konjestion veya ödem gösterilebilir.

Lumbalji veya syataljinin esas sebebi olarak sinir köklerinin sıkışmasını göstermek oldukça güçtür. Lumbalji fenomeninde etyolojik faktörün tam cevabı sinir kökünün kompresyonudur denemez, ancak bu kompresyonun yarattığı sinir kökünün irritasyonu, konjestionu, ödemi ve enflamasyonu etken faktörlerdendir.

L İ T E R A T Ü R

- 1— Brown, T., Hansen, R.J., and Yorra, A.J.: some mechanical tests on the lumbo-sacral spine with particular reference to the inter-

vertebral disc. A preliminary report, J. Bone Joint Surg. 39 A: 1135-1164, Oct. 1957.

- 2— Farfan, H.F.: Mechanical disorders of the low back, Philadelphia, 1973, Lea Febiger.
- 3— Farfan, H.F., Cosette, J.W., Robertson, G.H., Wells, R.V., and Kraus, H.: The effects of torsion on the lumbar intervertebral joints: The role of torsion in the production of disc degeneration J. Bone Joint Surg. 52A: 468-497, April 1970
4. Friberg, S., and Hirsch, C.: Anatomical and clinical studies on lumbar disc degeneration, Acta Orthop. Scand. 19: 222-242, 1949
- 5— Gregerson, G.G., and Lucas, D.B.: An in vivo study of the axial rotation of the human thoracolumbar spine, J. Bone Joint Surg. 49A: 247-262 March 1967
- 6— Hendry, N.G.: The hydration of the nucleus pulposus and its relation to intervertebral disc derangement, J. Bone Joint Surg. 40 B: 132-144, Feb. 1958
- 7— Hirsch, C., and Nachemson, A.: New observations on the mechanical behavior of lumbar disc, Acta Orthop.

- Scand. 23: 254-283, 1954
- 8—Hirsch, C., Ingelmark, B.E., and Miller, M.: The anatomical basis for low back pain. Studies on the presence of sensory nerve endings in ligamentous, capsular and intervertebral disc structures in the human lumbar spine, *Acta Orthop. Scand.* 33: 1-17, 1963
- 9—Hult, L.: Cervical, dorsal lumbar spinal syndromes: A field investigation of a non-selected material of 1.200 workers in different occupations with special reference to disc degeneration and so-called muscular rheumatism *Acta Orthop. Scand.* 17 suppl: 1-102, 1954
- 10—Hult, L. : The Munkfors investigation. A study of the frequency and causes of the stiff neck-brachialgia and lumbago-sciatiaca syndromes as well as observations on certain signs and symptoms from the dorsal spine and the joints of the extremities in industrial and forest workers. *Acta Orthop. Scand.* 16 suppl.: 1-76, 1954
- 11—Lindblom, K. : Intervertebral-disc degeneration considered as a pressure atrophy, *J. Bone Joint Surg.* 394A: 933-145, July 1957
- 12—Lucas, D.B., and Bresler, B.: Stability of the ligamentous spine. *Biomechanics Laboratory, University of California, Tech. Rep. 40* San Francisco, Jan. 1961, The Laboratory.
- 13—Lumsden, R.M., 11, and Morris, J.M.: An in vivo study of axial rotation and immobilization of the lumbosacral joint, *J. Bone Joint Surg.* 50A: 1591-1602, Dec. 1968
- 14—Markolf, K.L. : Deformation of the thoracolumbar intervertebral joints in response to external loads: A biomechanical study using autopsy material, *J. Bone Joint Surg.* 54A: 511-533, April 1972
- 15—Markolf, K.L., and Morris, J.M.: The structurel components of the intervertebral disc: A study of their contributions to the ability of the disc to withstand compressive forces, *J. Bone Joint Surg.* 56A: 675-687, June 1974
- 16—Morris, J.M. : Biomechanics of the spine, *Arch, Surg.* 107: 418-423, Sept. 1973

- 17— Morris, J.M., Lucas, D.B., and Bresler, B.: Role of the trunk in stability of the spin, J.Bone Joint Surg. 43A: 327-351, April 1961
- 18— Nachemson, A. : Lumbar intradiscal pressure. Experimental studies on postmortem material, Acto Orthop. Scand. 43 (suppl.) 9-104, 1960
- 19— Nachemson, A., and Elfström, G.: Intravital dynamic pressure measurements in lumbar disc: A study of common movements, maneuvers and exercises, Scand. J.Rehabil. Med. 1 (suppl.): 1-40, 1970
- 20— Nachemson, A. and Morris, J.M.: In vivo measurements of intradiscal pressure: discometry, a method for the determination of pressure in the lower lumbar disc, J.Bone Joint Surg. 46A: 1077-1092 July 1964