

164615

T. C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ANATOMİ ANABİLİM DALI

**MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMİ İLE
LUMBAL OMURGANIN
MORFOMETRİK DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. Samet KAPAKİN

**UZMANLIK TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.**

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Doğan AKŞİT**

ANKARA

2005

TEŞEKKÜR

Yazar, bu çalışmanın gerçekleşmesinden dolayı, aşağıda adı geçen kişi ve kuruluşlara içtenlikle teşekkür eder.

Sayın Prof. Dr. Doğan AKŞİT, çalışmanın planlanması, yürütülmesi ve tezin yazımı esnasında gerekli düzeltmelerin yapılması aşamalarında katkıda bulunmuştur.

Sayın Prof. Dr. Ruhgün BAŞAR, gerek uzmanlık eğitimi esnasında gerekse de çalışmanın gerçekleşmesi esnasında gerekli akademik ortamı sağlamış ve çalışmanın ilerletilmesine katkıda bulunmuştur.

Sayın Prof. Dr. Ergun KARAAĞAOĞLU, istatistiksel analiz aşamasında katkıda bulunmuştur.

Sayın Öğr. Gör. Dr. Pınar ÖZDEMİR GEYİK, istatistiksel analiz aşamasında katkıda bulunmuştur.

Sayın Prof. Dr. Ayşenur CİLA, Radyolojik görüntülerin değerlendirilmesi aşamasında katkıda bulunmuştur.

Sayın Yrd. Doç. Dr. Hatice Kader KARLI OĞUZ, Radyolojik görüntülerin değerlendirilmesi aşamasında katkıda bulunmuştur.

Erzurum Numune Hastanesi Radyoloji Birimi Çalışanları, çalışmanın gerçekleştirilmesi esnasında özverili yaklaşımda bulunmuşlardır.

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı Çalışanları, çalışmanın gerçekleştirilmesi esnasında özverili yaklaşımda bulunmuşlardır.

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı Öğretim elemanları ve çalışanları, tez çalışması esnasında katkıda bulunmuşlardır.

Sayın Kübra Asena TERİM KAPAKİN, çalışmanın başından sonuna kadar, her daim maddi ve manevi desteğini esirgememiştir.

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir.

ÖZET

Kapakin, S., Manyetik Rezonans Görüntüleme yöntemi ile lumbal omurganın morfometrik değerlendirilmesi, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anatomi Tezi, Ankara, 2005. Türklerde, hastaların artan sayısı bel ağrısına bağlı problemler için beyin cerrahları ve ortopedistlerden profesyonel yardım beklerler. Maalesef, sağlıklı ve hasta olan Türk bireylerde, lumbal omurgayla ilgili, bilgilerimize göre, kantitatif çalışma yok. Mevcut çalışma asemptomatik Türk bireylerin seçilen örneklerinde, manyetik rezonans görüntüleme yöntemini kullanarak lumbal vertebra ve intervertebral disklerin morfometrik değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Yaş, cins ve lumbal seviyelerle ilişkili disk yüksekliğindeki değişikliklere ve vertebra yüksekliğindeki değişikliklere özel referans yapmaktır. Belirlenen bilgiler semptomatik hastalarda lumbal disklerin değerlendirilmesinde referans olarak kullanılacaktır.

Amacımız semptomsuz Türk bireylerde lumbal vertebralar ve intervertebral disklerin yüksekliğinde yaşa, cinse ve kiloya bağlı değişiklikleri çalışmaktır.

Toplam 305 semptomsuz hasta (131 erkek, 10-72 yaş arası; ortalama $36 \pm 15,79$ ve 174 kadın, 10-80 yaş arası; ortalama $38 \pm 13,37$) çalışma periyodu esnasında seçildi. Hepsi bütün lumbal vertebralar ve bütün intervertebral disklerin anterior ve posterior yüksekliklerini ölçmek için midsagittal manyetik rezonans görüntülemeye maruz bırakıldılar. Değerler her yaş grubunda ve öteki yaş grupları arasında farklı seviyelerde lumbal vertebra ve disk yüksekliklerinin ortalamalarında farkların anlamını elde etmek için istatistiksel olarak analiz edildi. Hem erkekler hem de kadınlar için her yaş grubunda her lumbal seviye için rölatif yükseklik indeksleri belirlendi.

Erkekler ve kadınlar için (her lumbal seviye için ve tüm 5 yaş gruplarında) vertebra ve disk yükseklikleri sayfa 65 de değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Manyetik rezonans görüntüleme, lumbal vertebra yüksekliği, intervertebral disk yüksekliği, rölatif yükseklik indeksi.

Destekleyen Kuruluşlar: HÜTF 05 T07.101.002

ABSTRACT

Kapakin, S., Morphometric evaluation of lumbar spine by using Magnetic Resonance Imaging, Hacettepe University Faculty of Medicine, Thesis in Anatomy, Ankara 2005. Among the Turkish population, an increasing number of patients seek professional help from neurosurgeons and orthopedists for problems related to low back pain. Unfortunately, quantitative studies concerning the lumbar spine among Turks both in health and disease are, to our best knowledge, still absent. The present study aims the morphometric evaluation of lumbar vertebrae and intervertebral discs using Magnetic Resonance Imaging (MRI) in a selected sample of asymptomatic Turkish individuals. Special reference is made to changes in disc heights relative to age, gender and lumbar levels, and to changes in vertebral heights. The established database would eventually serve as a reference in the evaluation of lumbar discs in symptomatic patients.

Our objective is to study changes in lumbar vertebrae and intervertebral disc heights in asymptomatic Turkish individuals relative to age, gender and weight.

A total of 305 asymptomatic patients (131 males, age range 10-72 years; mean $36 \pm 15,79$ and 174 females, range 10-80 years; mean $38 \pm 13,37$) were selected during the study period. All underwent midsagittal magnetic resonance imaging for measuring the anterior and posterior heights of all lumbar vertebrae and all intervertebral discs. Values were statistically analyzed to obtain the significance of differences in the means of lumbar vertebrae and disc heights at different levels in every age group and among other age groups. The relative height indices for every lumbar level in each age group for both males and females were determined.

The vertebra and disc heights for males and females (for every lumbar level and in all 5 age groups) are evaluated in page 65.

Keywords: Magnetic resonance imaging, lumbar vertebra height, intervertebral disc height, relative height index.

Supported by HUTF 05 T07.101.002

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER	viii
TABLolar	ix
GİRİŞ	1
GENEL BİLGİLER	7
2.1 Embriyoloji	7
2.2 Anatomi	14
2.3 Manyetik Rezonans Görüntüleme Yöntemi	46
BİREYLER ve YÖNTEM	62
3.1 Bireyler	62
3.2 Teknik	62
3.3 Ölçümler	63
3.4 İstatistik Analizi	63
BULGULAR	65
4.1 Vertebra anterior yüksekliği	65
4.2 Vertebra posterior yüksekliği	68
4.3 Disk anterior yüksekliği	70
4.4 Disk posterior yüksekliği	73
4.5 Disk derinliği (anteroposterior uzunluk)	76
4.6 Kama (wedge) indeksi	79
4.7 Relatif yükseklik indeksi	81
TARTIŞMA	84
SONUÇLAR	95
KAYNAKLAR	97

SİMGELER VE KISALTMALAR

İVD	Discus Intervertebralis (İntervertebral Disk)
AF	Anulus Fibrosus (Anulus Fibrozus)
NP	Nucleus Pulposus (Nükleus Pulpozus)
CEP	Kıkırdak Son Plak (Hyalin Kıkırdak)
VAY	Vertebra Anterior Yüksekliği
VPY	Vertebra Posterior Yüksekliği
İVDAY	İntervertebral Disk Anterior Yüksekliği
İVDPY	İntervertebral Disk Posterior Yüksekliği
İVDDER	İntervertebral disk derinliği
APD	Anteroposterior Uzunluk
MRG	Manyetik Rezonans Görüntüleme
Kİ	Kama İndeksi
RDYİ	Rölatif Disk Yükseklik İndeksi
MR	Manyetik Rezonans
mm	Milimetre
μm	Mikrometre
mm^3	Milimetre küp
cm^2	Santimetre kare
RF	Radyo Frekans
SR	Saturation Recovery
IR	Inversion Recovery
SE	Spine Echo
TE	Echo Time
TI	Inversion Time
TR	Repetition Time
PD	Proton-Density
GE	Gradient Echo

ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1.1. Vertebra ve Discus intervertebralis'in embriyolojik gelişimi	13
Şekil 2.2.1. Vertebrae Lumbales	58
Şekil 2.2.2. Regio Lumbalis (Lumbal Bölge): Ligamentler	59
Şekil 2.2.3. Discus intervertebralis'in sinirleri	60
Şekil 2.2.4. Discus intervertebralis'in beslenmesi	60
Şekil 2.2.5. Hareket kısmı	61
Şekil 2.2.6. Disk temel yapısı	61
Şekil 3.1. Lumbal bölgenin manyetik rezonans görüntüleme yöntemiyle elde edilen sagittal görüntüsü	64
Şekil 4.1.1. Kadın Vertebra Anterior Yüksekliği	67
Şekil 4.1.2. Erkek Vertebra Anterior Yüksekliği	67
Şekil 4.2.1. Kadın Vertebra Posterior Yüksekliği	69
Şekil 4.2.2. Erkek Vertebra Posterior Yüksekliği	70
Şekil 4.3.1. Kadın İntervertebral Disk Anterior Yüksekliği	72
Şekil 4.3.2. Erkek İntervertebral Disk Anterior Yüksekliği	73
Şekil 4.4.1. Kadın İntervertebral Disk Posterior Yüksekliği	75
Şekil 4.4.2. Erkek İntervertebral Disk Posterior Yüksekliği	75
Şekil 4.5.1. Kadın İntervertebral Disk Derinliği	78
Şekil 4.5.2 Erkek İntervertebral Disk Derinliği	78
Şekil 4.6.1. Kadınlarda Kama İndeksi	80
Şekil 4.6.2. Erkeklerde Kama İndeksi	81
Şekil 4.7.1. Kadınlarda Rölatif Disk Yükseklik İndeksi	83
Şekil 4.7.2. Erkeklerde Rölatif Disk Yükseklik İndeksi	83

TABLolar

Tablo	Sayfa
Tablo 3.1. Çalışmamızdaki bireylerin yaş grupları ve cinslere göre sayısal dağılımı	62
Tablo 4.1. Lumbal vertebra anterior yükseklik değerlerinin yaş grupları ve cinslere göre dağılımı	65
Tablo 4.2. Lumbal vertebra posterior yükseklik değerlerinin yaş grupları ve cinslere göre dağılımı	69
Tablo 4.3. Lumbal intervertebral disk anterior yükseklik değerlerinin yaş grupları ve cinslere göre dağılımı	72
Tablo 4.4. Lumbal intervertebral disk posterior yükseklik değerlerinin yaş grupları ve cinslere göre dağılımı	72
Tablo 4.5. Lumbal intervertebral disk derinlik değerlerinin yaş grupları ve cinslere göre dağılımı	77
Tablo 4.6. Lumbal intervertebral disklerin kama indeksi değerlerinin yaş grupları ve cinslere göre dağılımı	80
Tablo 4.7. Lumbal intervertebral disklerin relatif yükseklik değerlerinin yaş grupları ve cinslere göre dağılımı	82

1. GİRİŞ

Lumbal spinal bölge; beş adet vertebra, sakrum ve intervertebral disklerden oluşmuştur. Bu bölgenin yapısında yer alan kemik birimi vertebradır. Vertebra; corpus vertebrae, arcus vertebrae, pediculus arcus vertebrae, processus spinosus, processus costalis, processus articularis superior ve inferior adı verilen kısımlardan oluşur. İntervertebral disk ise vertebralar arasında bir artikülasyon, adeta kuvvet emici bir yastık gibi fonksiyon görür. Discus intervertebralis (intervertebral disk (İVD)); anulus fibrosus (anulus fibrozus (AF)), nucleus pulposus (nükleus pulpozus (NP)) ve kıkırdak son plak (hyalin kıkırdak (CEP)) olmak üzere üç bölümden ibarettir. Anulus fibrosus kartilaginöz plaktan gelişir, nucleus pulposus etrafını çevirir, diskin şeklini ve büyüklüğünü verir. Anulus fibrosus diskin en kuvvetli ve sağlam bölümünü teşkil eder (Dorwart ve Genant, 1983; Gökalp ve Erongun, 1988). 1984 de Kirkaldy-Willis yaptıkları otopsi çalışmalarında her bir seviyede bir disk, alt ve üst vertebral cisimler ile faset eklemlerden oluşan *triple eklem kompleksini* tanımlamışlardır ve buna *fonksiyonel spinal ünite* adını vermişlerdir. Kompleksin komponentleri arasında öyle bir ilişki vardır ki, herhangi birindeki bir değişiklik zamanla diğer ikisini de etkilemektedir (Kirkaldy-Willis, 1984). Altındaki vertebral cisimler ve birlikteki ligamentler ile disk "*vertebral üniteyi*" oluşturur. Bu durum disk üzerine deneysel araştırmalarda önemli bir fonksiyonel kavram sunar.

Discus intervertebralis homojen ve statik bir yapı olarak düşünülmemelidir; heterojen bileşime sahip ve uygulanan yüklere dinamik olarak cevap verir. Discus intervertebralis inaktif değildir; kendi kendini idameye muktedirdir; yaralanmalarda kendi kendini tamir edebilir ve önemli yenilenme özelliklerine sahiptir.

Diskinin içerisinde üç bölge vardır: nucleus pulposus, anulus fibrosus ve kıkırdak son plak. Merkezde nucleus pulposus ve dışındaki anulus fibrosus arasında ayrı bir sınır olmadığı, asıl farkın onların fibröz yapısında olduğu görünmektedir. Sıvı aralık diskin beslenmesinde, plastik deformasyon ve iyileşme özellikleri göstermesinde önemlidir. Hem makroskobik hemde mikroskobik olarak yapısal elemanlar, biyokimyasal elemanlarla birlikte fonksiyonla sıkı sıkıya ilişkilidir (Humzah ve Soames, 1988).

Sakrum üzerinde kavis bulunması vertebral kolona esneklik verir. Bu ve diğer kavisler kolonun ağırlığa karşı ileri derecede dirençli olmasını sağlarlar. Torakal ve sakral bölgelerde vertebral kolonun iki önemli kavsi, başlıca vertebraların ön ve arka yükseklikleri arasındaki farkın sonucudur. Servikal bölgenin sekonder kavsi ile, lumbal bölgenin kompensatuvar kavsi ise başlıca intervertebral disklerin ön ve arka kalınlıkları arasındaki farktan doğar. Beşinci lumbal vertebra diğer vertebraların aksine hafifçe kama şeklindedir. Ancak lumbosakral disk ön tarafta arka tarafa göre daha kalındır. Bu ise birinci sakral vertebranın üst yüzeyinin önde, aşağı doğru meyilli oluşunun gerektirdiği bir şekil değişikliğidir (Currey, 1986).

İntervertebral diskler komşu vertebra cisimlerini birbirine sıkıca bağlayarak omurgayı stabilize eder; aynı zamanda diskler omurgaya fleksibilite sağlayarak vertebralar arasındaki harekete izin verir (Morris, 1973), bu fleksibilitenin yapısı hem anulus fibrosus hem de nucleus pulposus'un yapısal ve biyokimyasal özelliklerine doğrudan bağlıdır (Morris, 1973; Humzah ve Soames, 1988) ve diskler omurgaya uygulanan yükleri absorbe ederek, eşit olarak dağıtır (Putz ve Muller-Gerbl, 1996). Üstelik, anulus fibrosus'un liflerinin birbirini çaprazlayan düzeni ve eşit olmayan dağılımı nucleus pulposus'a fazla eğilme ve bükülmeye dayanmayı sağlar (Marchand ve Ahmad, 1990; Putz ve Muller-Gerbl, 1996). Yaşın ilerlemesiyle, diskler hareketi azaltan, hacim, şekil, yapı ve bileşimde çarpıcı değişikliklere maruz kalırlar ve omurganın mekanik özelliklerini değiştirirler. Omurga fonksiyon bozukluğu ve omurgayla ilişkili ağrıların sıklığı yine yaş ile değişir. Çocuklar ve adölesanlar nadir olarak kalıcı ve tekrarlayan bel ve boyun sertliği veya hareketleri sınırlandıran omurgayla ilişkili ağrıları tecrübe ederler, fakat orta ve ileri yaşlı kişilerde bu problemlerin onlar için yetersizliğin en yaygın sebepleri arasında olduğu bilinmektedir. Bu klinik problemlerin, yaşla ilişkili intervertebral disklerin bozukluklarıyla ilişkisi, karışıklığını devam ettirmektedir, fakat kas iskelet sisteminin hiçbir komponenti yaşla intervertebral disklerden daha dramatik değişikliklere maruz kalmazlar. Bu sebeplerden dolayı belki de, pek çok klinisyen erişkinler için bel ağrısı ve sertliğin yaygın sebebi olarak yaşla ilişkili disk dejenerasyonunu tanımlamıştır (Buckwalter, 1995).

Patohistolojik ve patofizyolojik açıdan, Naylor tarafından getirilen delil gösterdi ki intervertebral diskler, disk bileşenlerinin yavaş yavaş yapısal geçişi ile

kendini gösteren, 2. dekad kadar erken, yaşla ilgili degenerasyon sürecine maruz kalmaktadır. 4. dekadda zirveye ulaşan, nucleus pulposus'un sulu gel formdan fibröz katı forma geçişi esnasındaki peryod gerçekte 3. ve 5. dekad arasında, disk herniyasyonunun başlangıcıyla aynı zamana denk gelmektedir (Naylor, 1962; Kelsey ve ark., 1990).

İnsan intervertebral diskleri omurga hareketlerini azaltabilen ve disk herniyasyonu ve faset eklemlerin dejenerasyonuna yol açabilen yaşla ilişkili dramatik değişikliklere maruz kalırlar. Mevcut çalışmalar en erken ve en yaygın değişikliğin diskin merkezi bölgesinde oluştuğunu göstermektedir. Gelecek klinik ve epidemiyolojik araştırmalar diskte yaşla ilişkili değişiklikler ve disk herniyasyonu, omurga hareketlerinin kaybı ve bel ağrısının gelişimi arasındaki ilişkiyi daha iyi tanımlamak ve daha açık olarak disk dejenerasyonunu hızlandıran aktiviteler ve etkenleri tanımlamak zorundadır. Temel bilimsel çalışmalar insan disklerinde yaşla ilişkili değişikliklerin mekanizmasını açığa kavuşturmak ve disk dejenerasyonunun hızını yavaşlatma ve merkezi disk dokusunun yenilenme olanaklarını araştırmak zorundadır (Buckwalter, 1995).

Disk mesafesinde daralma anlamlı bir şekilde foramen intervertebrale'nin vertikal çapını azaltır fakat sagittal çap üzerinde anlamlı etkilere sahip değildir (Cinotti ve ark., 2002).

Vertebral cisimlerin yüksekliği ve bireyin boyu arasında oldukça iyi korelasyon bulunmuştur. (Scoles ve ark., 1988).

Lateral görüntülerde, vertebra cisimlerinin yüksekliği ve intervertebral disk yüksekliği ölçülebilir ve bunlar biyomekanik, anatomik ve ortopedik uygulamalarda kullanılabilir (Gilad ve Nissan, 1986).

İntervertebral disklerin mekanik özelliklerinin, bir vertebradan diğerine kuvvetlerin geçiş modunu ve miktarını büyük ölçüde belirlediğini Park ve Shah ifade etmişlerdir. Diskin yapısal bütünlüğünün ve fonksiyonel etkinliğinin, hem anulus fibrosus hem de nucleus pulposus'un biyokimyasal ve histolojik bileşimine bağlı olduğunu Chapcal ve arkadaşları ve Humzah ve Soames bildirmişlerdir. Diskin mekanik özelliklerinin bozulması, bel ağrısına yatkınlık sağladığı bilinmektedir (Amonoo-Kuofi, 1991).

Sylven 3. dekada kadar insan nucleus pulposus'unun normal ultrastrüktürel yapısını devam ettirdiğini gösteren bulgular sunmuştur. Bundan sonra, ilerleyici dejeneratif değişikliklerden etkilenen hem hücrelere hem de intersellüler matrikse önem verilmiştir. Taylor 1975 de, Pavlova ve Pogozeva 1980 de ve Pogozeva 1982 de infantlar, çocuklar, adölesanlar ve matür erişkinlerin disklerinin kollogenleri arasında belli farklar olduğunu doğrulamışlardır. Daha önceki çalışmalarda diskin bu sürekli biyokimyasal ve histolojik dönüşümünü dejeneratif olarak sınıflama eğilimi vardır fakat Humzah ve Soames ve Oda ve arkadaşlarının çalışmaları, daha önceki çalışmalar gibi bu değişikliklerin yaşlanma esnasında columna vertebralis içinde hakim olan mekanik (fonksiyonel) koşullardaki değişmelere intervertebral diskin adaptasyonu ile ilgili olduğunu ileri sürmüşlerdir (Hendry, 1958; Gower ve Pedrini, 1969; Amonoo-Kuofi, 1991; Putz ve Muller-Gerbl, 1996)

Vernon-Roberts ve Pirie, yaşlılığa, büyük ölçüde intervertebral disklerde kısalmaya bağlanan, insan boyunda ve columna vertebralis boyunda azalmanın eşlik ettiğini belirtmişlerdir (Vernon-Roberts ve Pirie, 1977). Bununla birlikte, Ericksen, Twomey ve arkadaşları columna vertebralis'te yaş değişikliklerinin kantitatif çalışmalarıyla, yaşlılıkta, vertebra yüksekliğinde azalma ve vertebra son plağının şeklinde değişiklik olduğunu göstermişler ve bunun insan boyunda kısalmaya yol açan ana faktör olduğunu belirtmişlerdir. Nachemson ve arkadaşları yaşlılık ve disk dejenerasyonun muhakkak bağlantılı olmadığını ve aynı zamanda disk dejenerasyonunun disk incilmesi ile eşanlı olmadığını göstermişlerdir (Twomey ve Taylor, 1985).

Harada ve arkadaşları, lumbal disk hernili hastalardan cerrahi girişim sonucu çıkarılan 109 diski patolojik incelemeye tabii tuttıklarında, Mixter ve Barr'ın tanımına uyan herniyasyon oranının seyrek olduğu ve saf nucleus pulposus herniyasyonunun daha çok ikinci dekada görüldüğünü saptamışlardır. Aynı çalışmada herniye kitlelerde en sık rastlanan doku kompozisyonun anulus fibrosus ve kıkırdak son plak olduğu bildirilmiştir. Bazı araştırmacılara göre lumbal disk hernisinin oluşumunda ilk aşama kıkırdak son plak dejenerasyonudur (Harada ve Nakahara, 1989; Aydın ve ark., 2004).

Sagittal düzlemde, normal lumbal intervertebral diskler Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) ile nucleus pulposus ve anulus fibrosus'a ayrılabilir. Yaşlanma

ve dejenerasyon ile, nucleus pulposus ve anulus fibrosus arasındaki ayırım daha az belirginleşir ve tam dejenerasyon ile ikisi MR görüntülerinde, histolojik olarak ayırtedilemez.

Çoğu normal disklerde, Manyetik Rezonans (MR) görüntüleme diskografide görülene benzer diskin çentikli veya bikonkav görünümünü yaratan, nucleus pulposus içinde değişen büyüklükte ve azalan sinyal intensite alanlarını göstermiştir. İntranükleer yarık veya çentikli disklerin yüzdesi önemli derecede yaşla artmıştır. 30 yaş üzerindeki kişilerde, bütün normal ve anormal diskler bu yarık ve çentiği göstermiştir.

Kadavra disklerinin manyetik rezonansı, çevredeki anulusunkinden ayırtedilemeyen sinyal intensiteli bir intranükleer yarığı ortaya koymuştur. Bu anulus fibrosus'dan transaksiller uzanarak, nucleus pulposus'u süperior ve inferior segmentlere bölmektedir. Diskin posterior kısmının mikroskopik muayenesi anulus fibrosus'unkine benzer boyanma karakteristikli laminer materyalden oluşan bu yarığı göstermiştir (Aguila ve ark., 1985).

Bulge ve protrusion'ların sıklığı L4-L5 ve L5-S1'de en yüksektir; L1-L2'de çok az anormallik vardır. Seks ve bulge sıklığı arasında veya yaş ve protrusion sıklığı arasında anlamlı bir ilişki yoktur. Disk bulge'larının sıklığı yaş ile artmaktadır ve bu eğilim her bir disk seviyesi için mevcuttur. Yaş aynı zamanda anlamlı bir şekilde bir disk anormalliğinden daha fazlasının varlığıyla birliktedir. (Jensen ve ark., 1994)

Nucleus pulposus ve faset eklem kıkırdağının su içeriğine duyarlılığı yüzünden, MRG, semptomların ortaya çıkmasında erken dejeneratif değişikliklerin rolü üzerindeki tartışmaları çözmeye yardımcı olabilir (Deyo ve ark., 1989).

Manyetik Rezonans Görüntüleme intervertebral disk patolojilerinin klinik değerlendirilmesi için en önemli yöntemdir. T₂-ağırlıklı Manyetik Rezonans Görüntülerinde diskin sinyal karakteristikleri, yaşlanma veya dejenerasyonun sebep olduğu değişiklikleri yansıtmaktadır (Modic ve ark., 1988; Sether ve ark., 1990; Pearce ve ark., 1991; Pfirmann ve ark., 2001).

Sırüstü pozisyonda bir sıkıştırma cihazı ile uygulanan vücut ağırlığının %50 si aksiyal kuvvet, dik pozisyondaki lumbal omurgayı morfolojik olarak simüle edebilir. Sıkıştırma esnasında L4-L5' de oluşan intervertebral açıda değişiklik

olmamasına rağmen, sadece L4-L5' de disk yüksekliği anlamlı olarak azaltmıştır (Kimura ve ark., 2001).

Hem bel kuşağı ile spinal sıkıştırma hem de dik duruş L2-L3' den L5-S1' e bütün intervertebral disklerin anterior yüksekliklerini artırır posterior yüksekliklerini azaltır. Bel kuşağı uygulaması ve dik duruş intervertebral disklerin posterior bulging'ini de artırır. İntervertebral disklerin anterior yükseklik, posterior yükseklik ve posterior bulging'deki değişiklikler, bel kuşağı ve dik duruş arasında, istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (Lee ve ark., 2003).

Klinik açıdan bakıldığında, bel ağrısı ve disk herniyasyonu büyük sağlık problemi oluşturur ve yaş ve cinsin dahil olduğu çok sayıda faktörden etkilenmektedir (Berquist-Ullman ve Larson, 1977; Biering-Sorensen, 1982). Gerçekte, bel ağrısı en yaygın ve en pahalı sağlık problemi olarak üst sırada gelmektedir (Dagi ve Beary, 1987). Amerikalıların yaklaşık %80 bel ağrısından yakınmakta, erkeklerde kadınlar kadar sıklıkla (Nachemson, 1976). Bütün bel ağrıların yaklaşık %10 intervertebral disklerin değişikliklerine bağlanmıştır (Dagi ve Beary, 1987).

Türklerde, hastaların giderek artan sayısı, bel ağrısına bağlı problemler için beyin cerrahları ve ortopedistlerden profesyonel yardım beklerler. Maalesef, sağlıklı ve hasta olan Türklerde, lumbal omurlarla ilgili Manyetik Rezonans Görüntüleme yöntemi ile kantitatif çalışma yoktur. Mevcut çalışma asemptomatik Türk bireylerin seçilen örneklerinde, Manyetik Rezonans Görüntüleme yöntemini kullanarak lumbal vertebra ve intervertebral disklerin morfometrik değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Semptomsuz Türk bireylerde lumbal vertebraların yüksekliğinde, intervertebral disklerin yüksekliğinde ve derinliğinde, yaşa, cinse ve kiloya bağlı değişiklikleri morfometrik olarak incelemektir.

Hem erkekler hem de kadınlarda her yaş grubunda her lumbal seviye için rölatif yükseklik indeksleri belirlenecektir.

Yaş, cins ve lumbal seviyeyle ilişkili disk yüksekliğindeki değişikliklere ve vertebra yüksekliğindeki değişikliklere özel referans yapılarak, elde edilen veriler semptomatik hastalarda lumbal disklerin ve vertebraların değerlendirilmesinde referans olarak kullanılacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Embriyoloji

Columna vertebralis yaklaşık 4. haftada embriyonik mezodermden gelişir (Humzah ve Soames, 1988).

Columna vertebralis'i oluşturan omurlar da iskeletin diğer kemikleri gibi üç devrede oluşur (Şekil 2.1.1.).

2.1.1 Mezenkimal

2.1.2 Kıkırdak

2.1.3 Kemikleşme

2. aydan itibaren mezenkimal omur taslağının kıkırdağa değişmesi başlar. 3. ayda ise bu taslakta 3 kemikleşme noktasının ortaya çıkması ile omurlar encondral olarak kemikleşir (Petorak, 1986; Kayalı, 1987).

2.1.1 Mezenkimal veya prekartilaginöz safhada; somitlerin sklerotomlarından köken alan mezenkimal hücreler esas olarak üç alanda bulunur:

Notokord çevresinde.

Her bir vertebra notokord ve nöral tübün indüktif etkisi altında gelişir. Erken safhada ya notokord ve/ya da nöral tübün ayrılması sklerotomal ve myotomal segmentasyonun yetersizliği ile sonuçlanır. Her biri tercihli bir anterior ve posterior topografik polariteye sahip her iki unsurun bu sebepten gerekli olduğu gözükmemektedir. Notokord esas olarak spesifik yapısal elamanların gelişimiyle yer değiştiren, embriyonik diferansiyasyon ve segmentasyon oluşturan geçici bir yapıdır.(Humzah ve Soames, 1988).

4 haftalık embriyonun frontal kesitinde, sklerotomlar notokordun çevresinde mezenkimal hücrelerin çift olarak düzenlenmiş yoğunlaşmaları olarak ortaya çıkarlar. Her bir sklerotom kraniyalde gevşek olarak düzenlenmiş, kaudalde yoğun olarak paketlenmiş hücrelerden ibarettir. Yoğun olarak paketlenmiş hücrelerin bazıları myotom merkezinin karşı tarafına kraniyale doğru hareket ederler ve intervertebral diski oluştururlar. Geriye kalan yoğun olarak paketlenmiş hücreler doğrudan doğruya kaudal sklerotomun gevşek olarak düzenlenmiş hücreleriyle

vertebranın mezenkimal centrum'unu oluşturmak için birleşir. Bu yolla, her bir centrum iki komşu sklerotomdan gelişir ve bir intersegmental yapı oluşur (Moore, 1988).

Gelişimin dördüncü haftasında, sklerotom hücreleri, spinal kord ve notokordu çevrelemek üzere pozisyonlarını değiştirirler. Bu pozisyon değişimi, sklerotom hücrelerinin aktif migrasyonundan ziyade, çevre yapıların değişik yönlere büyümeleri ile gerçekleşir. Bu şekilde ortaya çıkan mezenkimal kolon, kaynağını aldığı yapı gibi segmental özellikler gösterir ve sklerotomik bloklar, aralarında bulunan daha az yoğunluktaki bölgeler ile birbirlerinden ayrılırlar. Sklerotomik blokları birbirinden ayıran bu bölgelerde intersegmental arterler seyreder.

Gelişimin daha ileri evrelerinde, her bir sklerotom segmentinin kaudal bölgesi aşırı bir proliferasyon göstererek yoğunlaşır. Bu proliferasyon, komşu intersegmental dokuya dek uzanır ve her bir sklerotom segmentinin kaudal ucu, komşu sklerotomun sefalik yarısı ile birleşir. Daha sonra, intersegmental dokunun prekatilajinöz vertebral cisim yapısına katılması sonucunda, intervertebral bölgelerden kaynaklanan vertebra cisimleri şekillenmeye başlar (Başaklar, 1993).

Sinirler intervertebral disklere yakın olarak seyreder, vertebra cisimlerinin her bir tarafında intersegmental (örneğin intercostal) arterler uzanırlar (Humzah ve Soames, 1988; Moore, 1988).

Sklerotom segmentinin sefalik ve kaudal bölümleri arasında yer alan mezenkimal hücreler, proliferasyon olmayarak, iki prekatilajinöz vertebra cisimi arasındaki boşluğu doldururlar ve böylelikle intervertebral disklerin yapısına katılmış olurlar. Notokord, vertebral cisimlerin olduğu bölgede tümüyle gerilerken, intervertebral disk bölgesinde varlığını devam ettirir ve genişler. Bu bölgede mukoid dejenerasyona uğrayıp nucleus pulposus'u oluşturur ve daha sonra çevresi anulus fibrosus'un sirküler lifleri ile sarmalanır. Her iki yapı birarada intervertebral diskleri oluşturur (Başaklar, 1993).

Sklerotomların vertebra cisimlerine dönüşmeleri ile, myotomlar da intervertebral diskler düzeyinde, birbirine komşu vertebralar arasında birer köprü pozisyonu alırlar. Böylelikle myotomların vertebral kolonu hareket ettirebilme yeteneği kazanmalarında ilk adım atılmış olur. Yine aynı şekilde, başlangıçta sklerotomlar arasında yerleşmiş olan intersegmental arterler, vertebral cisimlerin

ortasında yeralmaya başlarlar. Ancak spinal sinirler, intervertebral disklere doğru yaklaşarak vertebral kolonu intervertebral foramenler aracılığı ile terkederler (Başaklar, 1993).

Notokord gelişen vertebral cisimle çevrelendiği bu bölgede, dejenere olur ve gözden kaybolur. Vertebralar arasında, notokord, nucleus pulposus olarak adlandırılan intervertebral diskin jelatinöz merkezini oluşturmak için genişler. Bu nucleus pulposus daha sonra anulus fibrosus'un dairesel olarak seyreden lifleri ile çevrelenir. Humzah ve Soames (1988)' in belirttiğine göre Papova-Latkina nucleus pulposus ve anulus fibrosus birlikte intervertebral diski oluşturduklarını bildirmiştir. Notokordun kalıntıları, sözde notokord'un rest hücreleri, aksiyal iskeletin herhangi bir parçasında sebat edebilir ve Chordoma'ya sebebiyet verebilir. Bu yavaş büyüyen tümörler çok sıklıkla kraniyumun tabanında ve lumbosakral bölgede oluşurlar (Humzah ve Soames, 1988; Moore, 1988).

Nöral tüp çevresinde.

Bu mezenkimal hücreler arcus vertebralis'i oluştururlar.

Vücut duvarında.

Bu mezenkimal hücreler torasik bölgede kostaların içine gelişen kostal çıkıntıları oluştururlar.

2.1.2 Kıkırdak veya Kartilaginöz safha; 6. haftada, kondrifikasyon merkezleri her bir mezenkimal vertebrada görünür hale gelir. Her bir centrum'da iki merkez embriyonik dönemin sonunda kartilaginöz bir centrum oluşturmak için birleşir. Beraber oluşan vertebral arklardaki merkezler bir diğeri ve centrum ile birleşir. Spinal ve transvers çıkıntılar vertebral arkta kondrifikasyon merkezlerinin uzantısından gelişir. Kondrifikasyon kartilaginöz bir vertebral sütun oluşturuncaya kadar uzanır.

2.1.3 Kemik safha; tipik bir vertebranın ossifikasyonu embriyonik dönem boyunca başlar ve genellikle 25 yaşında sonlanır.

Prenatal dönem.

Başlangıçta, centrum için, iki primer ossifikasyon merkezi vardır, ventral ve dorsal. Bu primer ossifikasyon merkezleri kısa sürede bir merkez oluşturmak için

birleşir. Buradan, üç primer merkez embriyonik dönem sonuna kadar ortaya çıkar: biri centrum'da diğer ikisi vertebral arkın her bir yarımında. Ossifikasyon 8. hafta civarında vertebral arklarda aşık olmaya başlar. Doğumda, her bir vertebra kırkırdak ile bağlı üç kemik parçadan ibarettir.

Postnatal dönem.

Vertebral arkların yarısı genellikle ilk 3-5 yaş esnasında birleşir. Arkların lamina'ları önce lumbal bölgede birleşir ve ardı sıra kraniyale doğru ilerler.

Vertebral arklar kartilaginöz nörosentral eklemlerde centrum ile eklem yaparlar. Bu eklemler vertebral arklara spinal kordun büyümesini sağlamaya olanak tanır ve 3-6 yaşlarında vertebral ark centrum ile birleştiğinde gözden kaybolur.

Puberteden sonra 5 sekonder ossifikasyon merkezi ortaya çıkar (Şekil 2.1.1.): spinal çıkıntının tepesinde bir, her bir transvers çıkıntının tepesinde birer, 2 kenar epifizinde (anular epifizlerde; vertebral cisimlerin superior kenarında bir ve inferior kenarında bir).

Vertebral cisimler superior ve inferior kenar epifizi ve onlar arasındaki kemik kitleden oluşur. Bütün sekonder merkezler yaklaşık 25 yaşlarında vertebranın geriye kalanıyla birleşir (Moore, 1988).

2.1.4 Vertebral sayısında varyasyon.

Normal insanların %95 inde 7 servikal, 12 torakal, 5 lumbal ve 5 sakral vertebra vardır. Yaklaşık %3 ünde 1 veya 2 daha fazla vertebra vardır ve yaklaşık %2 sinde 1 veya 2 daha az vertebra vardır (Moore, 1988).

2.1.5 Vertebral kolon anomalileri

Segmental sklerotomların oluşumu ve vertebraları meydana getirmek üzere değişime uğramaları, oldukça karmaşık bir süreçtir ve vertebraların asimetric füzyonu veya bir vertebra yarısının yokluğu gibi anomaliler pek de seyrek değildir. Yine benzer şekilde, vertebra sayısında fazlalık ve azlık oldukça sık rastlanan durumlardır. Bu anomalilerin oldukça tipik bir örneği, Klippel-Feil Sendromlu hastalarda gözlenir. Bu hastalarda servikal vertebra sayısı azalmış olup, geri kalan vertebralarda füzyon ve anormal şekillenme söz konusudur. Bu durum, genellikle diğer anomaliler ile birlikte gözlenir.

Vertebra defektlerinin en ciddilerinden biri, vertebra arkuslarının açıklığı ve tam birleşmemesi halidir. Spina bifida adı ile bilinen bu anomaliye, spinal kord anomalileri genellikle eşlik eder. Spinal kord, vertebra arkus defektinden herniye olarak dış ortama açılabilir (Başaklar, 1993).

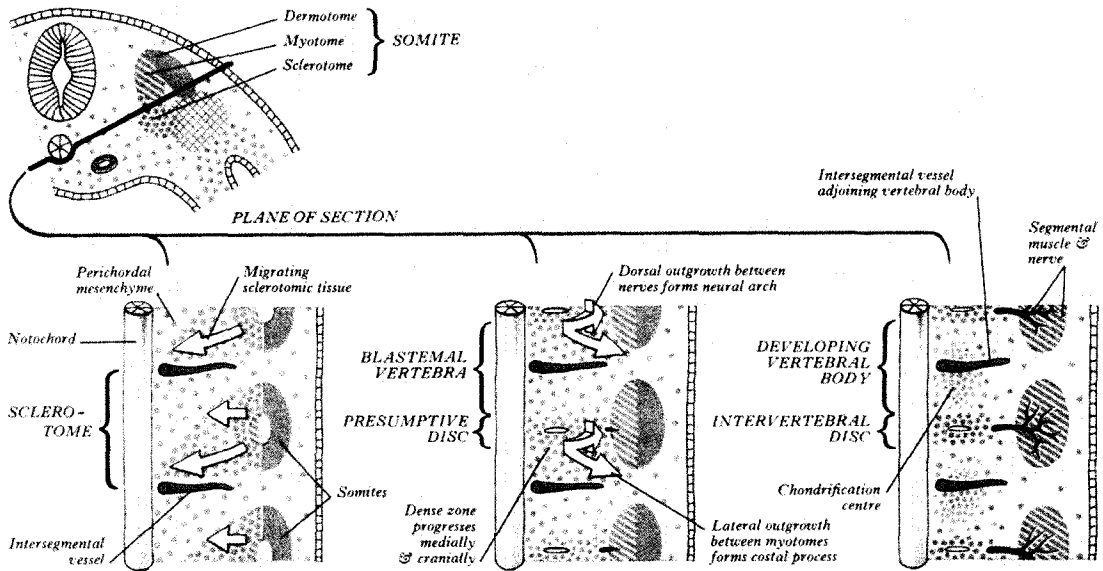
Diskin zamanla embriyonik bütünlüğünü kaybettiği ve bu yapısal değişikliklerin erişkin döneme eriştikten sonrada santral bölgede olduğu iyi biliniyor. Bu normal süreçlerin, sıklıkla dejenerasyonun işaretleri olabileceği düşünülüyor; bununla birlikte, bu değişiklikler makaslama ve sıkıştırma biçiminde mekanik streslere maruz kalan konnektif dokunun normal evriminde yalnızca bir safhadır. Hakikaten intervertebral disk gelişimi ve içindeki mikroskobik değişiklikler, erek postürdeki taşınan ağırlık ile birlikteki değişiklikler ile korelasyon gösterdiği Taylor (Taylor, 1975), Pavlova ve Pogozhwa (Pavlova ve Pogozhwa, 1980) tarafından bildirilmiştir. Bu subkutanöz konnektif doku bursasının oluşumu ile birlikte olan mekanizmayla aynı olabilir. Gözlemler ortaya koymuştur ki; subkutanöz konnektif doku, sinovya benzeri sıvının ince bir tabakasıyla örtülü olan, düzensiz bir kavitenin ortaya çıkmasıyla daha dens olurlar. Bu süreç; deri yüzeyine dik açılarda sıkıştırma kuvvetlerinin değişen aksiyonuna ve konnektif dokuda kalınlaşma ve tabakalara ayrılma oluşturan tanjansiyel makaslama streslerine bağlı olduğu Rabischong ve arkadaşları tarafından bildirilmiştir.

Yukardaki işlem sıkıştırma, bükülme ve makaslamaya maruz bırakılan in vivo intervertebral disklerde oluşana benzerdir. Bununla birlikte, diskteki makaslama stresleri sürekli değişiyor ve komşu vertebralar arasındaki anlık rotasyon merkezlerine bağlıdır. Bu suretle farklı vertebral seviyelerde bir disk santral bölgesinin mekanik tabakalara ayrılması izah edilebilmiştir. Yani, santral zonda düzensiz bir kavitenin meydana çıkması mekanik olarak oluşturulan bir aksiyon olduğu Rabischong ve arkadaşları tarafından bildirilmiştir (Rabischong ve ark., 1978).

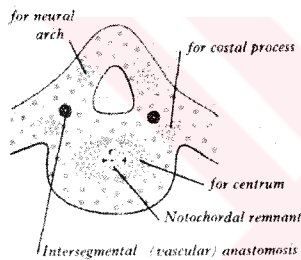
Aynı zamanda bu mekanik etkiyi takiben ortaya çıkan hyalin kıkırdaktır. Keyes ve Compere hyalin kıkırdağın vertebral taraftan değil, erken embriyonik yaşamda biriken, farklılaşmamış hücrelerden türediği ve mekanik etkiler altında organize bir yapı olarak geliştiğini, ön gerçek olarak kabul ettiler (Keyes ve Compere, 1932). Bu hyalin kıkırdaklar vertebral cisim ve disk arasındaki arayüzü

gösterir. Vertebral cismin anular epifizi hyalin kıkırdağın bu ince tabakasının kenar parçasında gelişir ve bu sebepten ya Beadle (Beadle, 1931) tarafından diskin parçası ya da Peacock (Peacock, 1951), Walmsley (Walmsley, 1953) tarafından vertebral cismin parçası olabileceği düşünülmüştür.

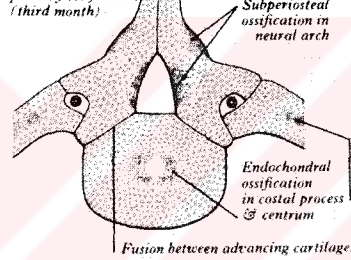




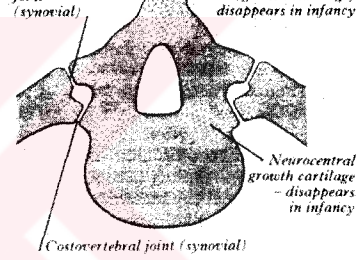
BLASTEMAL STAGE
with centres of chondrification



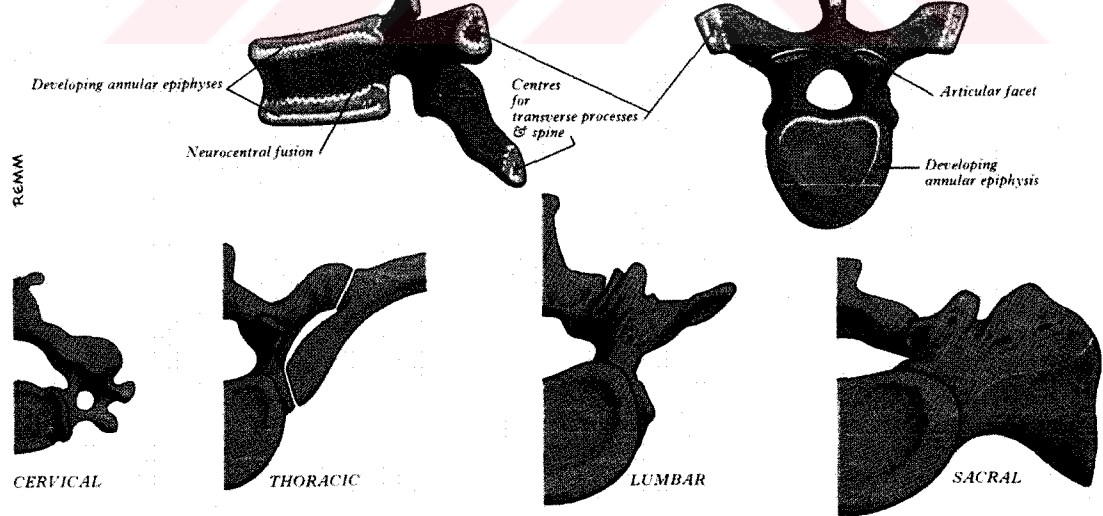
CARTILAGINOUS STAGE
with centres of primary ossification (third month)



OSSIFIC STAGE (perinatal)



SECONDARY CENTRES OF OSSIFICATION AT PUBERTY appear at puberty & fuse in third decade



Parts of adult vertebrae derived from: CENTRA (stippled), NEURAL ARCHES (dotted), COSTAL PROCESSES (cross-hatched) of embryonic vertebrae

Şekil 2.1.1. Vertebra ve Discus intervertebralis'in embriyolojik gelişimi (Williams PL. 1995. Gray's anatomy international student edition. 38th Ed. London: Churchill Livingstone. s 160. Gray's Anatomy'den modifiye edilmiştir.)

2.2. Anatomi

Lumbal spinal bölge; beş adet vertebra, sakrum ve intervertebral disklerden oluşmuştur . Bu bölgenin yapısında yer alan kemik birimi vertebradır. Vertebra; corpus vertebrae, arcus vertebrae, pediculus arcus vertebrae, processus spinosus, processus costalis, processus articularis superior ve inferior adı verilen kısımlardan oluşur (Şekil 2.2.1.). İntervertebral disk ise vertebralar arasında bir artikülasyon, adeta kuvvet emici bir yastık gibi fonksiyon görür. Discus intervertebralis (intervertebral disk İVD)); anulus fibrosus (anulus fibrozus (AF)), nucleus pulposus (nucleus pulposus (NP)) ve kırkırdak son plak (hyalin kırkırdak (CEP)) olmak üzere üç bölümden ibarettir. Anulus fibrosus kartilaginöz plaktan gelişir, nucleus pulposus etrafını çevirir, diskin şeklini ve büyüklüğünü verir. Anulus fibrosus diskin en kuvvetli ve sağlam bölümünü teşkil eder (Dorwart ve Genant, 1983; Gökalp ve Erongun, 1988).

2.2.1. Vertebrae lumbales

Bel omurlarının gövdeleri, hareketli omurlar arasında en büyük olanıdır. Foramen transversarium'larının bulunmamasıyla boyun omurlarından, gövdelerinde ve transvers çıkıntılarında eklem yüzü bulunmaması ile de göğüs omurlarından ayrılır. Bel omurlarının gövdesi transvers yönde daha uzundur ve ön kısmı, arka kısmından daha kalındır. Gövde, ön ve yanlarda ortadan boğulmuştur. Gövdenin üst ve alt yüzleri hafif konkavdır. Foramen basivertebrale'si gayet geniştir. Pedikül çok kuvvetli olup, gövdenin üst yarısına tutunur. Bu nedenle incisura vertebralis inferior büyük olarak görülür. Torakolumbal pediküllerin morfometrik özelliklerinin analizinde, transvers düzlemde en geniş pedikül L5'de en dar pedikül T5'de, sagittal düzlemde en geniş pedikül T11'de en dar pedikül T1'de bulunur. Laminası geniş, kısa ve kuvvetlidir. Üçgen şeklinde olan foramen vertebrale, göğüs omurlarınınkinden büyük, boyun omurlarınınkinden ise küçüktür. Processus spinosus kısa, kalın ve kesiti dörtgen şeklindedir. Eklem çıkıntıları pedikül ve lamina'nın birleşim yerlerinden belirgin bir şekilde aşağı ve yukarı doğru uzanırlar. Üst eklem çıkıntısının eklem yüzü konkav olup, arkaya ve içe bakar. Alt eklem çıkıntısının yüzü ise konveks olup, öne ve dışa bakar. Processus transversus'ları uzun ve silindirik olup, üst üç omurda horizontale yakın seyreder, alt ikisinde ise biraz aşağı

doğru meyillidir. Yine üst üç omurda pedikül ile lamina arasından, alt iki omurda ise biraz daha ön tarafta olmak üzere pedikül ile gövde arasından çıkar. Processus transversus'lar eklem çıkıntılarının ön tarafında bulunur (göğüste ise arka tarafında bulunurlar). Özellikle alt bel omurlarının processus transversus'larında daha belirgin olarak 2 çıkıntı bulunur. Bunlardan üstte ve processus articularis superior'un arka kısmında bulunan çıkıntıya processus mamillaris, altta ve processus transversus'un kaidesinin arka tarafında bulunan çıkıntıya da processus accessorius denilir (Arıncı ve Elhan, 1997).

Beşinci bel omuru, gövdesinin ön tarafta daha kalın olması ile karakterizedir. Processus spinosus'u kısa ve alt eklem çıkıntıları arasındaki mesafe, diğerlerinininkinden daha fazladır (Arıncı ve Elhan, 1997).

Bel omurlarında ayrıca processus mamillaris'lere ait 2 merkez bulunur. Bazen birinci bel omurunun transvers çıkıntısı ayrı parça olarak kemikleşir ve hayat boyu gövde ile kaynaşmaz. Bu gibi durumlarda lumbal kaburga olarak kabul edilir (Arıncı ve Elhan, 1997).

20-29 yaş arası her iki cisten 338 tane 3. ve 4. lumbal vertebranın ölçümü cismin eninin yaşla arttığını, erkeklerde posterior yükseklik nispi olarak azalır; her iki ciste cismin anterior yüksekliği eniyle ilişkili azaldığı Erickson tarafından bildirilmiştir. Twomey ve arkadaşları, esas olarak transvers trabekülalarda azalmaya bağlı (kadınlarda daha çok dikkati çeken), 93 erişkin kemik dansitesinde bir azalma gözlemlemiştir, artan çap ve diske yakın yüzeylerde artan konkaviteyle birlikte olduğunu bildirmiştir. Amonoo-Kuofi radyografi ile 150 erkek ve 140 kadında lumbal interpediküler mesafeleri karşılaştırarak, vertebral cisim genişliğinin oranı olarak bunları ifade etmiştir. Değerler çok değişir, fakat oran (Nijeryalılarda) çok sabittir. O irksal varyasyonlara dikkat çekmiştir. 29. prenatal haftadan 15 yaşına, gelişen lumbal vertebral cisimlerin kanla beslenmesi Ratcliffe tarafından detaylandırılmıştır (Williams, 1995).

Beşinci Lumbal Vertebra

Cisim üstüne aşan ve pediküllerin tamamı ile devam eden iri bir processus transversus'a sahiptir. Cisim genellikle en büyüktür ve önde önemli derecede daha kalındır, bu yolla sakrovertebral açığa katkıda bulunur. Lumbal cisimlerin üstteki ve

alltaki kenarları anterior ve posterior longitudinal ligamentlere bağlantı verir. Üstteki cisimlerin anterior ligamentinin laterali (sağda üç, solda iki) diafragmanın kruslarına bağlantı verir. Posterolateralde, psoas major bütün lumbal cisimlerin üstteki ve alltaki kenarlarına tutunur; bunlar arasında, tendinöz arklar onların konkav taraflarının içine tutunurlar. İlk lumbal foramen vertebrale spinal kordun conus medullaris'ini, alttaki foramenler cauda equina ve spinal meninksleri içinde bulundurur. Güçlü çift pediküller posterolaterale her bir cisimden yanındaki üst kenara çıkar. Incisura vertebralis superior sığ, inferior olanlar derindir. Laminalar geniş ve kısadır. Fakat torasikler kadar çok üst üste gelmez. Processus spinosus'lara fascia thoracolumbalis'in posterior lameli, musculus erector spinae, musculus spinalis thoracis, muscoli multifidi, muscoli interspinales ve ligamenta interspinalia ve ligamentum supraspinale'ler bağlanır. Beşinci processus spinosus en küçüğüdür, onun apeksi sıklıkla yuvarlaktır ve aşağı döner. Üstteki lumbal processus articularis superior, inferior olanlardan daha fazla uzaktadır, fakat fark 4.de hafif ve 5.de ihmal edilebilir. Eklem yüzleri resiprokal olarak üstte konkav altta konveks, fleksiyon, ekstansiyon kadar rotasyona da bir dereceye kadar izin verir. Processus transversus'lar 5. hariç dorsoventral olarak sıkıştırılır ve dorsolateral çıkıntı yapar. 5.nin transvers çıkıntısının aşağıdaki kenarı açılıdır, laterale geçer ve daha sonra superolaterale keskin olmayan bir burun yapar, bütün olarak çıkıntı 4.den daha büyük yukarı doğru eğim gösterir. Aşağı kenarı üzerindeki açı kostal elamanların tepesini ve gerçek transvers çıkıntının tepesinin lateral kenarını gösterebilir. Lumbal transvers çıkıntılar uzunlukta birinciden üçüncüye artar ve daha sonra kısalmır. Bu yolla, işaret edildiği gibi, beşinci çift hem yukarı doğru hemde posterolaterale eğilir. Bütün lumbal transvers çıkıntılar torakolumbal fasyanın anterior tabakasının bağlantısını gösteren tepeye daha yakın ön yüzeyde vertikal bir kabartı gösterir ve psoas major için medial bir alana ve quadratus lumborum için lateral bir alana yüzeyi ayırır. Fasyanın orta tabakası transvers çıkıntılarının tepesine tutunur; ayrıca ilk çifte ligamentum arcuatum mediale ve ligamentum arcuatum laterale (lumbokostal arklar), ve 5.ye ligamentum iliolumbale tutunur. Arkaya doğru transvers çıkıntılar derin sırt kaslarıyla örtülür ve musculus longissimus thoracis lifleri onlara tutunur. Onların üst ve alt kenarlarına, lateral muscoli intertransversarii tutunur. Processus mammillaris, 12. torasik vertebranın superior tuberkülü ile birbirine benzer, musculus multifidus

ve medial musculi intertransversarii'ye bağlantı verir. Tanımlanması zaman zaman güç olan processus accessorius medial musculi intertransversarii'ye tutunur. Kostal eleman matür transvers çıkıntılara katılır (Williams, 1995).

Lumbosacral transizyonel vertebra en alttaki lumbal vertebranın processus transversus'unun tam veya kısmi, tek ya da çift taraflı olarak sacrum'a kaynamasını ifade eder (Castellvi ve ark., 1984). Transizyonel vertebra dejenerasyondan aşağıdaki diskleri koruduğu görülmektedir. Aşağıdaki disk mesafesinde transizyonel vertebranın koruyucu etkisi anulus fibrosus üzerinde nükleer kompleks ve son plaklar üzerindeki daha güçlüdür (Luoma ve ark., 2004).

Lumbal bölge tabii bir şekilde üç ayrı bölgeye bölünebilir: torasikten lumbala geçiş; lumbaldan sakrala geçiş; ve orta bölge. Hareketleri kavrama biçimi üç ayrı bölgede de farklıdır.

Üst bölge, torasikten lumbala, L1'den L3'e spinal kanal derinliğinin daralması ile en iyi karakterizedir, buna karşın genişlikler göreceli olarak sabit kalır. Spinal kanal derinliğinde azalma T10'dan T12'ye artarak tezat oluşturur. Sonuç olarak, genişliğin derinliğe oranı L1'den L3'e artar, bu yolla üst geçiş bölgesi tanımlanır. Yine bu bölgede, pedikül yükseklikleri L1'den L3'e hafifçe azalır, T11'den T12'ye gidişat devam eder. Pedikül genişlikleri çok küçüktür, sadece 8-9 mm, tersine aşağı lumbal seviyelerde yükseklik 15-16 mm'dir.

Orta lumbal bölge L3'de nispi olarak dar spinal kanal ile karakterizedir. Ayrıca, bu orta lumbal bölge en büyük son plak alanları ve en uzun processus spinosus boyu ile karakterizedir.

Son geçiş zonu, lumbaldan sakrala, L3'den L5'e spinal kanal alanının ayrı bir büyümesi ile çok aşıkardır. L3'den L5'e, pediküllerin büyüklükleri, aşağı lumbal seviyeler ile taşınan gittikçe artan büyük yüklere bağlı olarak, hızlı ve ani artar (Panjabi ve ark., 1992).

2.2.2. Columna vertebralis'in eklemleri

(Articulationes vertebrales)

2. servikalden 1. sacrala bütün vertebraların cisimleri arasında kartilajinöz eklemler, artiküler çıkıntıları (zygapophys'leri) arasında synovyal eklemler ve

laminaları ve aynı zamanda transvers ve spinöz çıkıntılar arasında fibröz eklemler ile eklem yaparak birleşir (Williams, 1995).

Symphysis intervertebralis

Omur gövdeleri arasında discus intervertebralis denilen elastik yapılar bulunur. Bu nedenle symphysis grubu eklemlerdendir. Bu diskler omur gövdelerini aralarında boşluk bırakmayacak şekilde birbirine bağlar. Bu nedenle de, hareket gayet sınırlı olarak yapılır. Fakat her bir eklemin yaptığı sınırlı hareketler birleşerek, omurganın tümünde kavis şeklinde geniş hareketler oluşturur. İki omur arasında daha geniş hareket yapılabilseydi, canalis vertebralis'den geçen medulla spinalis zarar görecekti. Bu nedenle çok sayıdaki sağlam bağların yanı sıra eklemlerin yapısı ve yerleşimi de omurganın hareketini sınırlayıcı özelliğindedir.

Bağları:

Ligamentum longitudinale anterius

Ligamentum longitudinale posterius

Discus intervertebralis

(Şekil 2.2.2.)

Ligamentum longitudinale anterius

Tüm omur gövdelerinin ön yüzleri boyunca uzanan geniş ve kuvvetli bir bağıdır. Aşağıda sacrum'un ön yüzünün üst kısmından başlayan bu geniş bağ, yukarı doğru çıktıkça daralır. Ligamentum longitudinale anterius, kaudale doğru daha genişir, servikal ve lumbal bölgelerdekenden torakalde daha kalın ve daha dardır; yine nispi olarak symphysis intervertebralis'lerin seviyesinden vertebral cisimlerin karşısında daha kalın ve daha dardır. Seyri esnasında discus intervertebralis'lere ve komşu omur gövdelerinin kenarlarına sıkı, omur gövdelerinin ortasındaki konkav kısımlarına ise gevşek olarak tutunurlar. Gevşek olarak tutunduğu bu yerlerde daha dar ve kalındır. Omur gövdelerindeki konkavlıklar bu bağ tarafından doldurulduğu için ön yüz, daha düz olarak görülür. Ligamentum longitudinale anterius, yukarıda axis'in gövdesine, atlas'ın tuberculum anterius'una ve daha yukarıda da os occipitale'nin pars basilaris'inin alt yüzündeki tuberculum pharyngeum'a tutunur (Bazı kaynaklarda atlas ile oksipital kemik arasında kalan bölümüne ligamentum atlanto-occipitalis anterior denilmektedir.). Bu bağ, bir çok lif tabakalarından oluşur ve yüzeysel lifleri en

uzunları olup, 4-5 omur atlayarak tutunurlar. Ortadakiler 2-3 omur arasında ve en kısa olan derin lifler de komşu iki omur arasında uzanırlar. Corpus vertebrae ile bu bağ arasında, damarların geçtiği delikler bulunur (Williams, 1995; Arıncı ve Elhan, 1997).

Ligamentum longitudinale posterius

Tüm omur gövdelerinin arka yüzleri boyunca uzanır. Bu nedenle canalis vertebralis'in içinde ve ön duvarında bulunur. Bu bağ sacrum ile axis'in gövdesi arasında uzanır. Seyri sırasında, öndeki bağdan daha sıkı olmak üzere, discus intervertebralis ve buna komşu omur gövdelerinin kenarlarına sıkıca, omur gövdesinin orta kısımlarına ise gevşek olarak yapışır. Ligamentum longitudinale posterius'un axis'ten os occipitale'ye uzanan bölümüne membrana tectoria denilmektedir. Bu bağ servikal ve torakal bölgenin üst yarısında geniş ve kenarları birbirine paraleldir. Torakal bölgenin alt yarısı ve lumbal bölgede, sıkı olarak bağlandığı diskus ve buna komşu kemik kenarlar hizasında geniş, gevşek tutunduğu omur gövdelerinin orta kısımlarında ise dardır. Bu nedenle buralarda bağın kenarları çentikli olarak görülür. Foramen basivertebralis'lere uyan kısımlarda büyük venlerin geçtiği geçitler bulunur. Bu bağın yüzeysel lifleri daha uzun olup 3-4 omur arasında, daha kısa olan derin lifleri ise komşu 2 omur arasında uzanır (Williams, 1995; Arıncı ve Elhan, 1997).

Discus intervertebralis

23 adet discus intervertebralis'ler, axis'ten sacrum'a kadar tüm omur gövdeleri arasında bulunur ve bunları birbirine bağlar. Sacrum ve os coccygis'in birbiriyle kaynaşmış olan segmentleri arasında, ayrıca atlas ile axis arasında da bulunmaz (Arıncı ve Elhan, 1997). Axis'ten sacrum'a vertebraları birleştiren vertebraların komşu yüzeyleri arasında en az 25 intervertebral disk vardır. İntervertebral disk, toplamı 25'i veren, servikal bölgede 6, torakal bölgede 12, lumbal bölgede 6 ve sakrum ve koksiks arasında 1 tanedir. Ancak ilave diskler kaynaşmış sakral segmentler arasında var olabilirler (Humzah ve Soames, 1988). Diskuslar columna vertebralis'in değişik bölgelerinde şekil, hacim ve kalınlık bakımından farklıdırlar. Fakat genellikle aralarında buldukları omur gövdelerinin eklem yüzünün şekline

uyarlar. Sadece, servikal bölgede omur gövdesinin eklem yüzünden transvers yönde biraz daha küçüktür. Diskusların kalınlıkları taşıdıkları yüklerle doğru orantılı olarak bölgeler arasında farklıdır. Ayrıca bir diskusun her tarafı da aynı kalınlıkta olmayabilir. Servikal ve lumbal bölgede ön tarafları kalındır. Buna karşılık göğüs bölgesindeki her bir diskusun kalınlığı hemen hemen her yerinde aynıdır. Bu bölgedeki arkaya doğru olan konveksite, daha ziyade omur gövdelerinin arka taraflarının kalın olmalarıyla sağlanmaktadır. Diskusların en ince olanı torakal bölgenin üst yarısında, en kalın olanı ise lumbal bölgede bulunur. Discus intervertebralis'ler, columna vertebralis'in, (ilk iki boyun omuru hariç), uzunluğunun takriben 1/4 ünü oluşturur (Arıncı ve Elhan, 1997). Harris intervertebral diskler (ilk iki vertebra hariç) postaxial vertebral sütununun 1/5 ini oluşturur, servikal ve lumbal bölgeler, uzunluğuna oranla torasikten daha çok diskilere sahip ve bu sebepten daha esnek olduğunu bildirmiştir. Diskuslar, omur gövdelerinin üst ve alt yüzlerini örten ince hyalin kırırdağa yapışiktir. Fakat periferik kısımları yapışık değildir. Diskusun yapışık olmayan periferik kısmı, komşu damarlardan beslenir. Diskusun omura yapışık olmayan büyük kısmında damar bulunmaz. Bu bölümün beslenmesi spongiyöz kemik dokusundan difüzyon yoluyla olur. Bu nedenle damarları içeren periferik kısmı ile damarsız kısmın, yaralanmalara karşı reaksiyonları da farklı olacağı Smith ve Walmsley tarafından ifade edilmiştir. Diskusların omura yapışık olmayan yerleri ile omur arasında bazen sinovyal membranla örtülü bir eklem yüzü bulunabilir. Bunları daha ziyade boyun omurlarının alt segmentlerinde görmekteyiz. Diskuslar ön ve arka kısımlarıyla ligamentum longitudinale anterius ve posterius'a sıkıca tutunurlar. Ayrıca göğüs bölgesinde yan taraflarda liamentum capitis costae intra-articulare vasıtasıyla kaburga başlarına da tutunurlar. Her bir disk daha dışta laminalı anulus fibrosus ve daha içte nucleus pulposus'dan ibarettir.

Discus intervertebralis'in periferik kısmı, anulus fibrosus denilen lameller şeklinde fibrokartilaginöz dokudan yapılmıştır. Merkezi kısmını ise jelatinöz yapıda olan sarımtırak renkli nucleus pulposus oluşturur. Bir discus intervertebralis yapıştığı yerlerden dikkatli bir şekilde kesilerek çıkarılırsa, nucleus pulposus'un çevredeki lamelli kısma oranla daha kalın olduğu görülür. Bu da bize, nucleus pulposus'un omurlar arasında sıkışmış bir vaziyette olduğunu gösterir. Nucleus pulposus'lar chorda dorsalis'in embriyolojik bir artığı olup, en iyi lumbal bölgede gelişmiştir.

Periferdeki lamellerin lifleri iki omur gövdesi arasında oblik olarak uzanır ve her bir lamelin lifleri de birbirini çaprazlayacak şekilde farklı yönlerde seyrederek. Karşıdan bakıldığında iki laminanın lifleri birbirini X harfi şeklinde çaprazlamış olarak görülür, bu yolla her iki yönde rotasyon sınırlanır (Arıncı ve Elhan, 1997). Zaki hakim olarak vertikal posterior liflerin herniyasyona yatkın olduğunu tanımlamıştır. Daha derin bölgelerde liflerin eğimi farklı laminalarda değiştiği Inoue tarafından bildirilmiştir. Johnson ve arkadaşları insan lumbal anulus fibrosus'unun küçük bir grubunda elastik lifler tanımlamıştır. Hickey ve arkadaşları bu yapılarda fetal kollogen lif çaplarını tanımlayarak; onların yine elastik lifler ihtiva ettiğini bildirmiştir (Williams, 1995).

Ayrıca içteki basınçtan dolayı laminalardaki lifler dış tarafa doğru konveksite gösterirler. Dış lamellerin lifleri kollogenöz, çoğunluğu oluşturan iç lamellerin lifleri ise fibrokartilaginöz yapıdadır (Arıncı ve Elhan, 1997).

Nucleus pulposus; servikal ve lumbal bölgelerde daha iyi gelişir, diskin posterior yüzeyine daha yakındır. Doğumda büyük, yumuşak, jelatinöz ve birkaç çok çekirdekli notokordal hücreli mukoid materyallidir, komşu anulus fibrosus'un daha içteki bölgelerinden lifler ve hücrelerde yer alır. Sylvén, notokordal hücreler birinci dekada gözden kaybolur, fibrokartilaj ve mukoid materyalin aşamalı yer değiştirmesini takiben, başlıca anulus fibrosus ve vertebra cismine bitişik hyalin kartilajın plaklardan çıktığını ifade etmiştir. Lumbal disklerde sellülerite (toplam $6000/\text{mm}^3$), saniyede $2,5 \text{ cm}^2$ glukoz difüzyon katsayılı, vertebral cisime en yakın hyalin kıkırdak ve anulus fibrosus'da en yüksektir, başka yerdeki kıkırdağa ait değerlerle karşılaştırılabileceği Maroudas ve arkadaşları tarafından ileri sürülmüştür. Bununla birlikte, beslenme koşulları, özellikle lumbal disklerde, daha kritik olabilir. Bu değişiklikler ile nucleus pulposus şekilsizleşir ve zaman zaman rengi bozulabilir. Pushel nucleus pulposus'un su bağlama kapasitesi ve elastisitesinin azaldığını bildirirken, çünkü bu özelliklerin mukopolisakkarit ve protein bileşenine bağlı olduğu Hendry tarafından bildirilmiştir. Nachemson diske yüklenilmediğinde, nucleus pulposus'da basınçın bütün yaşlarda düşük olduğunu ifade ederken, Pech ve Houghton son zamanlarda kadavra intervertebral disklerini kullanarak X-ray ve Manyetik Rezonans'daki görüntüler arasındaki yüksek korelasyonu göstermiştir (Williams, 1995).

Omur gövdelerinin bir taraftan diskuslarla, diğer taraftan da ligamentum longitudoale anterius ve posterius'la birbirine bağlanmış olması, ayrıca nucleus pulposus'ların iki omur arasında sıkışmış vaziyette bulunması, omurgaya bir elastikiyet kazandırır. Bu üç yapı sayesinde omurgaya başka bir kuvvet etki etmez ise, dik durumunu muhafaza edebilir. Herhangi bir kuvvet etkisiyle eğilen omurga, kuvvetin kalkmasıyla, elastikiyeti sayesinde tekrar eski durumuna gelir. Omurganın arka tarafındaki arkuslarını keserek çıkarsak dahi, yine elastikiyetini ve dik pozisyonunu korur. Ancak ligamentum longitudoale anterius ve posterius'u kestiğimiz zaman, nucleus pulposus'ların omur gövdelerini itmeleri nedeniyle omurga, yuvasından fırlayan bir yay gibi uzayacaktır. O halde ligamentum longitudoale anterius ve posterius, omurganın ön ve arka tarafa olan hareketlerini sınırlamaktadır. Ayrıca diskusun oblik seyreden lifleri her yöndeki hareketi sınırlar. Özellikle rotasyon esnasında rotasyonun yönünde seyreden lifleri gerilerek fazla hareketi önler. Rotasyon, medulla spinalisin geçtiği canalis vertebralis'e yakın geçen bir vertikal eksen etrafında yapılır ve bu nedenle de omurilik zarar görmez. Omurganın ön tarafa eğilmesi halinde diskusların ön tarafları incelik, arka tarafları kalınlaşır. Arka tarafa eğilmesi halinde ise arka kısımları incelik ön kısımları kalınlaşır. Sıkışık vaziyetteki nucleus pulposus ise üzerine gelen kuvveti eşit olarak etraf yapılarına dağıtır. Diskus, özellikle de nucleus pulposus, hareket esnasında biraz yer değiştirebilir. Günlük yaşamda devamlı yük altında kalan diskuslar biraz yassılaşırlar. Bu nedenle omurganın boyu bir miktar kısalır. Fakat yatarak istirahat ettiğimiz zaman tekrar eski boyuna erişir. Eklem kıkırdakları ve ayak kubbesi de, bu kısalmaya katılarak sabah ve akşam ölçülen boy arasında 1-2 cm kadar bir fark görülebilir. Discus intervertebralis'ler tıpkı bir trenin vagonları arasındaki yaylı tamponlar gibi kuvveti absorbe eder (Arıncı ve Elhan, 1997).

Discus Intervertebralis'in Yapı ve Bileşimi

Discus intervertebralis columna vertebralis'in vertebralarını bir diğerinden ayıran yumuşak, sağlam yapıli yastıklar olarak düşünülebilir. Onların üç temel fonksiyonu vardır:

- columna vertebralis'in vertebralarını birarada tutan bir ligament olarak,
- dik pozisyondayken, vücut ağırlığını aşağı doğru taşıyan bir şok emici olarak,

- columna vertebralis'in eğilmesine ve bükülmesine izin veren pivot noktası olarak rol oynar.

İnsan omurgasında 23 disk vardır: 6'sı servikal bölgede, 12'si göğüs bölgesinde, ve 5'i lumbal bölgede.

Disk üç temel yapıdan oluşur (Şekil 2.2.6.):

- nucleus pulposus (Nükleus pulposus)
- anulus fibrosus (Anulus fibrozus)
- kırık plak (vertebral son plaklar; hyalin plaklar; hyalin kırık plaklar; hyalin kırık plaklar)

Onların bileşim yüzdeleri farklı olmasına rağmen, her üçüde üç temel bileşenden oluşur: proteoglikan (protein), kollogen (kırık plak) ve su.

Nucleus pulposus, insan dik durduğunda, çok yüksek basınç altında kalan diskin sudan zengin jelatinöz merkezidir. Anulus fibrosus nucleus pulposus'dan çok daha fibröz bir yapıdır. Daha yüksek kollogen ve daha düşük su içeriğine sahiptir. Onun işi sıkışmış nükleusu sarmak ve dışa doğru bozulmasını önlemektir (Gillard, 2005)

Öteki konnektif dokular gibi, diskler dağıntık hücre popülasyonu ve su ile dolu makromoleküler çatının, incelikle işlenmesiyle oluşturulan, bol ekstrasellüler matriksten ibarettir. Bu hücreler makromolekülleri sentezler ve daha sonra devam ettirirler ve bu moleküllerden oluşan çatıyı onarırlar. Disk yapısal bütünlüğü ve mekanik özellikleri makromoleküllere ve onların su ile etkileşimine bağlıdır. Çünkü matür disk kan dolaşımından yoksundur, bu hücreler matriks içinde hareket edecek besinler ve atıkların yeteneğine bel bağlarlar. Matriks içinde bu moleküllerin taşınması, makromoleküler çatının bileşimi ve organizasyonuna ve büyük ölçüde proteoglikan konsantrasyonu ile belirlenen, matriks su içeriğine bağlıdır (Buckwalter, 1995).

Dört konsantrik olarak düzenlenmiş bileşen insan intervertebral diskini oluşturur:

- Dış anulus fibrosus (the outer anulus fibrosus), son derece yönelmiş yoğun olarak paketlenmiş kollogen lif lamellerinin bir halkası,
- Fibrokartilajinöz iç anulus fibrosus (the inner anulus fibrosus),
- Geçiş bölgesi (the transition zone), iç anulus fibrosus ve nucleus pulposus arasında ince bir bölge ve
- Merkezi nucleus pulposus (the central nucleus pulposus)

Başlangıçta hyalin kıkırdaktan, sonra kalsifiye kıkırdak ve kemikten oluşan kıkırdak son plaklar diskin superior ve inferior sınırlarını oluşturur. Kıkırdak son plakların hücreleri öteki hyalin kıkırdaklarda bulunan kondrositlere benzerler. Dış anulus fibroblast benzeri veya fibrosit benzeri hücreler içerir. Buna karşın iç anulus ve geçiş bölgesi daha yakın olarak kondrositlere benzer hücreler içerirler. Başlangıçta, nükleus esas olarak notokordal hücreler içerir, fakat onlar erken erişkin yaşama kadar kondrosit benzeri hücreler bırakarak gözden kaybolurlar (Buckwalter, 1995).

Hücre morfolojisinin karmaşık bir bölgesel çeşitliliği, iç ve dış anulus olmak üzere iki bölgesel zon olarak sunulabilen, anulus fibrosus'un tamamında bulunur. Bu iki zon arasındaki sınırı belirleme sadece hücre morfolojisinin analizini yaptıktan sonra saptanır ve daha önceden açıkça belirlenemez. Her bir zondaki hücrelerin şekil ve mimarisinde pek çok karmaşıklık olmasına rağmen, dış anulus, tabakalar içindeki hücrelerin fuziform (iğsi) hücre gövdesine sahip olduğu bölge olarak, iç anulus sferikal (küresel) hücrelerle karakterize bölge olarak düzenlenir. Ayrıca, lameller tabakalar arasındaki mesafede ayrı bir hücre morfolojisi, disk şeklinde hücreler, tanımlanır. Böylece dış anulus fuziform, iç anulus sferikal ve lameller tabakalar arasında disk şeklinde interlameller hücreler tanımlanır. Sağlıklı intervertebral disklerde hücresel matriksin bu gözlemleri dejenerasyon, yaralanma ve iyileşme esnasında doku mimarisi, biyokimyası ve mekanik özelliklerinde yerleşime özel değişiklikleri daha iyi anlamada katkıda bulunmaktadır. (Bruehlmann ve ark., 2002).

Nucleus pulposus her bir intervertebral diskin merkezinde yerleşen hidrate jelatinöz yapıdır. Ana bileşeni sudur (%80) (Gillard, 2005). Yaşlanmaya bağlı olarak disk kimyasında en sıklıkla zikredilen değişiklik su içeriğinde azalmadır. Yaşamın 1. dekadında, nucleus pulposus %85-%88 ve anulus fibrosus %75 su içerir. Erişkinlikte, su içeriği hem nükleus hem de anulusta yaklaşık %70'dir (Gower ve Pedrini, 1969). Sert ve kuru bileşen, proteoglikan (%65), Tip II kollogen lifler (%17) ve küçük miktarda elastik liflerdir. Toplu olarak proteoglikanlar ve kollogenler nükleer matriks olarak adlandırılır. Su tutan proteoglikan moleküllerini yapan, disk hücreleri, eklem kıkırdağında görülen kondrositlere çok benzerdir ve aynı zamanda matriks içinde bulunur (Gillard, 2005)

Anulus fibrosus; diskin n klevusu çevreleyen dış kısmıdır. Lamel olarak adlandırılan 15-25 kollogen tabakasından yapılıdır. Lameller proteoglikanlar ile biraraya yakınlıştırılır. Bu tabakalar diskin etrafını çevreler ve diske muazzam aksiyal y k dayanıklılığı verir. Diskin arka kısmı ligamentum longitudinale posterius ile daha fazla sağlamlaştırılır. Bu yapı disk ve narin medulla spinalis arasındaki son bariyerdir (Gillard, 2005).

Kollogen ve proteoglikanlar intervertebral disk makromoleküler çatının esas yapısal bileşenleridir. Kollogenler dokunun gerilmeye karşı dayanıklılığını sağlar, ve proteoglikanlar, onların su ile etkileşimi yoluyla, dokulara sıkıştırmaya karşı sertlik ve esneklik verir. Disk bileşenlerinin matriksleri bu iki yapısal makromolekülün göreceli miktarlarında anlamlı bir Şekilde farklıdır. Büyüme ve yaşlanma esnasında, kollogen ve proteinin konsantrasyon ve dağılımında önemli değişiklikler oluşur (Taylor ve Akerson, 1971; Buckwalter, 1995). Kollogenler dış anulusun kuru ağırlılığının %70 den fazlasını, fakat gençlerin merkezi n klevusunun %20 den azını oluşturur. Aksine, proteoglikanlar dış anulusun kuru ağırlılığının çok az bir yüzdesini fakat çocuklardan elde edilen n klevusun kuru ağırlılığının %50 kadarını oluşturur.

Disk bileşenlerinin matriksleri yine makromoleküler çatıyı oluşturan kollogen tipleride farklıdır. Dış anulusun yoğun matriksi hemen hemen tamamen Tip I kollogen liflerinden ibarettir, bu dokunun toplam kollogeninin yaklaşık %80 dir, toplam kollogenin yaklaşık %3  n  oluşturan, Tip V kollogen küçük miktarlarda eşlik eder. Bu bölgenin iç tarafında, Tip II kollogen konsantrasyonu ve proteoglikan ilerleyici bir Şekilde diskin merkezine doğru artar ve Tip I kollogen konsantrasyonu azalır (Buckwalter, 1995). Anulusun en dış kısmında Tip I kollogen bulunur ve Tip II kollogen i anulus ve nükleusta hakimdir (Adams ve ark., 1977; Brickley-Parsons ve Glimcher, 1984). Anulusun kollogen içeriği yaşlanmayla kuru ağırlılığının % 20 den % 25 ini aşacak kadar artar (Brickley-Parsons ve Glimcher, 1984). Özellikle Tip I kollogen artar ve Tip II kollogen azalır (Adams ve ark., 1977; Brickley-Parsons ve Glimcher, 1984). Aynı zamanda yaşlanmayla anulusun arka kısmında Tip I kollogen içeriği artar (Brickley-Parsons ve Glimcher, 1984; Koehler ve ark., 1986). Nükleusta, Tip II kollogen konsantrasyonu %80 e erişir ve Tip I kollogen yoktur. Nükleus yine Tip XI kollogenin küçük miktarlarını, yaklaşık %3  n  içerir, ve hem anulus hemde nükleus küçük miktarlar, muhtemelen Tip IX kollogenin %2 den azını,

içerir. Diskler kayda değer bir şekilde Tip VI kollogenin yüksek konsantrasyonlarını içerir, yaklaşık %10 anulus ve %15 veya daha fazlası nükleustadır. Bu kollogen merkezinde şeffaf alanlar bulunan yoğun transvers bandlara bağlanan ince filamentlerden ibarettir. Fonksiyonu bilinmezliğini sürdürmektedir, fakat disk içindeki alışılmamış yüksek konsantrasyonu dokunun mekanik özelliklerini sağlamada önemli bir role sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Proteoglikan yığınlar genç çocuklardan elde edilen disklerin bütün bileşen dokularında var olan merkezi hyalüronik asit filamentler ve çok sayıda tutunmuş birleştirici moleküllerden ibarettir. Birleştirici moleküller ve hyalüronik asite bağlanan küçük proteinler, bağlayıcı proteinler, büyük yığınları sağlamlaştırır. Anulus ve kıkırdak son plak eklem kıkırdağında bulunana çok yakından benzeyen yığınlar içerir; fakat infantlardan elde edilen disklerde bile, nucleus pulposus yığınları daha küçüktür ve onların konsantrasyonu artan yaşla hızla azalır. Ayrıca, artan yaşla kümelenmeyen proteoglikanların oranı gittikçe artar ve proteoglikan moleküllerinin ebatları, özellikle nucleus pulposus'da, ani ve hızlı olarak azalır.

Proteoglikan yapısında bu yaygın değişiklikler, disk morfolojisinde yaşla ilişkili değişikliklerden önceki yıllarda, yaşamda erken olarak başlamakta, disk dejenerasyonunun gelişiminde en erken bulgulardan biri olabileceği ileri sürülmektedir (Buckwalter, 1995).

Nükleusta glukozaminoglikanların oranı yaşla değişir. Genç disklerde, nükleusun kondroitin sülfat içeriği keratan sülfat içeriğinden daha büyük miktardadır, fakat bu nispi oran yaşla tersine döner (Gower ve Pedrini, 1969; Adams ve ark., 1977; Lipson ve Muir, 1986). Nükleus proteoglikan içeriği genç diskte anulusunkinin yaklaşık beş katıdır (Taylor ve Akerson, 1971). Nükleusun toplam proteoglikan içeriği de, disk daha fibröz olduğu için, yaşla azalır (Gower ve Pedrini, 1969; Adams ve Muir, 1976). Kollogen ve proteoglikan içeriğindeki bu değişiklikler muhtemelen yaşlanma ile görülen su içeriğindeki değişikliklerin sebebinin açıklar (Sether ve ark., 1990).

Nonkollogenöz protein çeşitleri ve elastinin küçük miktarları disk dokusunun her tarafında mevcuttur. Nonkollogenöz proteinler yaygın bir şekilde çalışılmamasına rağmen, onların matriksin organizasyon ve stabilitesine önemli bir derecede katkıda bulunduğu gözükmektedir. Diskin mekanik özelliklerine elastinin katkısı

belirsizliğini sürdürmektedir, fakat onun düşük konsantrasyonu büyük bir role sahip olmadığını düşündürmektedir (Buckwalter, 1995).

Kıkırdak son plaklar; her bir vertebranın hem üstü hem de altı vertebral son plak olarak adlandırılan 3/4 mm'lik ince bir kıkırdak yastık ile örtülür. Adına rağmen, bu son plaklar vertebranın subkondral kemiğine tutunmaz fakat bunun yerine güçlü olarak, diskin anulusu içine karışır. Bu sebeptendir ki, güçlü morfolojik benzerliklere sahiptir ve vertebral son-plağın, vertebral cismin değil, diskin parçası olduğu düşünülmektedir (Gillard, 2005).

Vertebral son plakların biyokimyasal morfolojisi diskinine oldukça benzerdir: su, proteoglikanlar, kollogen ve kıkırdak hücreleri (kondrositler). Bu bileşenlerin konsantrasyon şeması yine diskinin aynası gibidir: kıkırdak son-plağın merkezi çoğunlukla su ve proteoglikandır. Perifere dışa doğru hareket ettikçe, gittikçe artan kollogen ve gittikçe azalan proteoglikan görülür. Bu benzer biyokimyasal yapı ve dağılım şeması, vertebranın subkondral kemiği ve diskin derinlikleri arasında besinlerin difüzyonuna yardımcı olur (Gillard, 2005).

Vertebranın çok dıştaki kenarı, her bir vertebranın üstündeki ve altındaki periferi üzerinde korumasız bir kemik halka bırakan, kıkırdak son plak ile örtülmez. Bu korumasız periferik alan ring apophysis olarak adlandırılır (Şekil 2.2.6.) ve sıklıkla dejenerasyon süreci ile beraber kemik çıkıntı (osteofit) oluştuğu yerdir (Gillard, 2005).

Superior ve inferior son plaklar genellikle ovoiddir. Kıkırdak son plak şekli L4-L5 ve L5-S1'de disk herniyasyonuna katkıda bulunan önemli bir faktördür (Harrington ve ark., 2001).

İnsan İntervertebral Disk Hücre Morfolojisi ve Hücre İskelet Bileşimi

Klasik olarak, intervertebral disk hücreleri anulus fibrosus'da fibrositik olarak ve nucleus pulposus'da kondrositik olarak tanımlanmıştır. Ancak, son hayvan çalışmaları disk morfolojisinin daha önce düşünüleninden daha karmaşık olabileceğini ortaya koymuştur. Burada, konfokal mikroskop ile beraber hücre iskeletinin bileşenlerini etiketleyerek, patolojik ve patolojik olmayan dokularda insan intervertebral disk hücrelerinin detaylı morfolojisi gözden geçirilmiştir. Ya fibrositik ya da kondrositik görünen, filamentöz actin ve vimentin pozitif hücreler bütün

intervertebral disklerde gözlenmiştir. Ancak, diskin belirli bir yere sınırlanmış alanında, çevredeki matriks içine çok sayıda, dallanan sitoplazmik uzantılar veren, stellate (yıldız şeklinde) hücreler de görülmüştür. Stellate görünümü belirli patolojilerde, örneğin skolyotik disklerde dış anulus fibrosus hücrelerinde ve bir spondilolistetik diskde iç anulus/nucleus pulposus hücrelerinde, bölgesel olarak disk hücrelerinin göze çarpan özelliğini oluşturmuştur (Johnson ve Roberts, 2003).

Walmsley, Roberts ve arkadaşları ve Chelberg matür insan intervertebral disk hücrelerini dış anulus fibrosus'da fibrositik (veya fibroblast benzeri) veya iç anulus ve nucleus pulposus'da kondrositik (veya kondrosit benzeri) olarak tanımlanmıştır. İnce doku kesitleri kullanılan histolojik çalışmalarda (çoğu 4-6 μm), onlar ince, uzun ve bipolar hücreler (fibrositler) veya oval/sferikal hücreler (kondrositler) olarak ortaya çıkmıştır. Johnson ve arkadaşları matür insan disklerinin ilk çalışmasında nucleus pulposus'un subkondral bölgede stellate hücrelerinden uzayan, uzunluğu 80 μm 'ye kadar hücre uzantıları tanımlanmıştır. Bu uzun çıkıntılar varikoziteler içerdiği ve bulböz, vezikül dolu uçlara sahip olduğu görülmüştür. Kısa sitoplazmik çıkıntılar rat anulus fibrosus'un disk hücreleri arasında bağlantılar oluşturduğu da Postacchini ve arkadaşları tarafından not edilmiştir, buna karşın sığır disklerinde, sitoplazma dolu uzantılar, doku boyunca, bazı disk hücrelerinin bir özelliğidir ve en azından anulus fibrosus'da filamentöz actin (F-actin) ve vimentin içerdiği Errington ve arkadaşları ve Bruehlmann ve arkadaşları tarafından belirtilmiştir. Errington ve arkadaşları bu hücre uzantılarının 'sensing' (duyu) mekanik gerilmesinde rol oynayabileceğini ileri sürmüştür. Böyle mechanosensing'de (mekanik duyumda) rol oynayabilen mechanotransduction (mekanik geçiş) yolları spesifik hücre iskelet bileşenlerini içerebilir. Bununla birlikte, spesifik hücre iskelet özellikleri hücreler üzerinde farklı mekanik etkileri yansıtabilir. Örneğin, kondrositler içinde vimentinin ortadaki filamentlerin organizasyonu, actin microfilament yapılarının tersine, rat eklem kıkırdığının nakledilen doku kültürlerinde mekanik stimuluslara cevap gösterdiği Durrant ve arkadaşları tarafından ifade edilmiştir. Buna karşın artan vimentin içeriği daha az ağırlık taşıyan kıkırdak bölgelerinden daha ziyade, daha büyük ağırlık taşıyan kıkırdak bölgelerinde in vivo gözleendiği Egli ve arkadaşları tarafından ifade edilmiştir (Johnson ve Roberts, 2003).

Matür intervertebral disk hücrelerinin davranışı onların morfolojilerine ve buradan hücre iskelet bileşimine bağlı olabileceği muhtemeldir. Böyle disk hücre özellikleri aynı zamanda çevre matriksteki değişiklikleride yansıtabilir (Johnson ve Roberts, 2003).

Skolyotik disklerin dış anulusunda F-actin pozitif hücreler bipolar ve fibroblastikden daha çok stellate (yıldız şeklinde) veya dendritik (ağaç dalları veya köküne benzer) olarak gözlenmiştir. Onlardan ara sıra çevre ekstrasellüler matriks içine dallanan ve varikoziteler içeren, birkaç sitoplazmik uzantılar uzanmıştır. Skolyotik omurgada eğriliğin hem konveks hemde konkav tarafından elde edilen bütün spesmenlerde, bu F-actin pozitif hücrelerin sitoplazmik uzantıları lokal olarak karmakarışık ve yaygın ağ oluşturmak için ortaya çıkarlar. Bu uzantılar anular lameller içinde kollogen liflerinin yönelimini takip eder, fakat aynı zamanda lameller içinden de geçerler. Genellikle, F-actin pozitif hücreler konkav taraftan daha çok skolyotik eğriliğin konveks tarafından elde edilen disk spesmenlerinde daha sıklıkla görülür, ama istatistiksel olarak anlamlı değildir. F-actin'in spondilolistetik disklerin dış anulus hücrelerinde daha sıklıkla tespit edildiği yerde, F-actin uzamış sitoplazmik dallarda benzer biçimde görünür. Ancak, bu F-actin'le etiketli hücreler interlameller bölgelere yerleşik ve bipolar görünümündedir (Johnson ve Roberts, 2003).

F-actin sıklıkla bütün cerrahi spesmenlerde iç anulus ve nucleus pulposus hücrelerinde görülür, fakat normal dokularda nadir olarak görülür. Diskin iç bölgelerinde bu F-actin pozitif hücrelerin çoğunluğu, ister tek bir hücrede ister hücre kümelerinde olsun, şekil olarak kondrositik görünümündedir. Ancak, bütün patolojik dokuların lokalize alanlarında, F-actin'le etiketlenmiş sitoplazmik uzantırlı iç anulus/nucleus pulposus hücreleri yine ara sıra görülmektedir. Muayene edilen skolyotik disklerde, F-actin komşu vertebral cisimlerin büyüme plakları içinde ve zaman zaman kıkırdak son plaklarda kondrositler de görülür. Skolyotik eğriliğin ya her iki tarafından ya da kaudal ve kranial bölgelerde F-actin pozitif büyüme plağı ve kıkırdak son plakların kondrositlerinin frekansı arasında belirgin fark yoktur. İntervertebral disklerin bütün tiplerinin periferinde, normal doku dahil, F-actin sürekli olarak diskin periferindeki kan damarlarında tespit edilir. Vimentin-immünopozitifliği bütün disk spesmenlerinin iç anulus ve nucleus pulposus hücrelerinde açıkça tespit edilmektedir. Bel ağrılı ve skolyosisli hastalardan elde

edilen disklerde ve normal disklerde, bu vimentin-immünopozitif hücrelerin çoğunluğu şekil olarak kondrositiktir, fakat ara sıra kısa sitoplazmik uzantılar çıktığı gözükmemektedir. Ancak, bütün doku tiplerinin iç anulus/nucleus pulposus'unun lokalize alanlarında yaygın, vimentin-immünopozitif sitoplazmik uzantılı hücreler görülmekte, bu disk hücrelerine stellate veya dendritik görünüm vermekte, skolyotik disklerin dış anulus fibrosus'da F-actin ile etiketlenmiş hücrelerde gözleneninkine benzemektedir. Spondilolistetik disklerin bir tanesinde, bu stellate, vimentin-immünopozitif hücreler iç anulus fibrosus ve nucleus pulposus'da başlıca fenotiptir, hücre popülasyonunun %70'inden daha fazlasını oluşturmaktadır. Zayıf olarak vimentin-immünopozitif hücreler bütün patolojik disk tipleri ve normal disklerde dış anulus fibrosus'da tespit edilir, fakat dokuların çoğu periferel bölgelerinde, ligamentum longitudinale anterior'un 2 mm içinde, bu vimentin immünopozitivitesi ya çok zayıftır ya da disk hücreleri immünonegatif görünmektedir. Bu yolla, anulus fibrosus'un dış lamellerinden nucleus pulposus'a doğru disk hücrelerinde vimentin içeriğinde tedrici bir artış olduğu görülmektedir. Vimentin tespit edilen skolyotik disklerde dış anulus hücrelerinde zayıf immünopozitivite hücre uzantılarında bulunur, fakat bu uzantılar bazı disk bölgelerinde F-actinin phalloidin etiketlemesi ile görülen kadar güçlü etiketleme ve açıkça gözlenme olmamaktadır. Vimentin-immünopozitivitesi kırkırdak son plaklar ve kan damarlarında bazı kondrositlerde görülmekte fakat bu alanlarda genellikle ya zayıf ya da yoktur (Johnson ve Roberts, 2003).

2.2.3 Columna vertebralis'in hareketleri

İki vertebra ve aralarındaki discus intervertebralis'in sandviç biçiminde yerleşimi motion segment (hareket kısmı) olarak ifade edilir (Şekil 2.2.5.) (Gillard, 2005).

Vertebralar arasındaki hareket aralığı intervertebral symphysis'in sınırlı deformasyonu ile kısıtlanır (servikal ve lumbal seviyede kalın diskler aralığı artırır). Zygapophysial eklemlerin topografisi ve ligamentöz syndesmosis'in geriliminde eşlik eden değişiklikler de kısıtlar (Williams, 1995).

Komşu iki omur arasında hareket gayet sınırlı olarak yapılabilir. Fakat her bir eklemin yaptığı sınırlı hareketler birleşerek, omurganın tümünde kavis şeklinde geniş

hareketler oluşur. Omurga fleksiyon, ekstansiyon, yanlara doğru lateral fleksiyon, sirkumdüksiyon ve rotasyon hareketleri yapabilir (Arıncı ve Elhan, 1997).

Fleksiyon veya ön tarafa doğru olan eğilme hareketinde ligamentum longitudinale anterius gevşer ve diskusların ön tarafları sıkışarak incelikir. Buna karşılık ligamentum longitudinale posterius, ligamenta flava, ligamenta interspinalia, ligamenta supraspinalia, ligamenta intertransversaria ve diskus'un arka bölüm lifleri gerilirler (Şekil 2.2.2.). Laminalar ve spinal çıkıntılar arasındaki aralıklar genişler. Bu esnada processus articularis inferior, processus articularis superior üzerinde yukarıya ve çok az da ön tarafa doğru kayar. Özellikle yük taşırken omurganın fleksiyonunu sınırlayan en önemli faktörlerden biri de sırttaki ekstensor kaslardır. Diğer hareketlere oranla omurgada en geniş yapılabilen hareket fleksiyondur ve en fazla da boyun omurları arasında yapılır (Williams, 1995; Arıncı ve Elhan, 1997). Ekstansiyon veya arkaya doğru eğilme esnasında, ligamentum longitudinale anterius ile diskusun ön bölüm lifleri gerilerek, arka tarafta da lamina ve spinal çıkıntılar da birbirine yaklaşarak hareketi sınırlarlar. Bu esnada ligamentum longitudinale posterius gevşer. Ekstansiyon boyun ve bel omurlarında en geniş olarak yapılır. Göğüs bölgesinde ise diskusların ince olması ve spinal çıkıntılarının birbirine daha yakın olması nedeniyle daha sınırlı olarak yapılabilir. Arkaya eğilmede (ekstansiyon) hareketin yapıldığı eksen, processus articularis'lerin arkasında bulunur. Tam ekstansiyondan fleksiyona geçildiğinde, bu eksen ön tarafa kayar. Tam fleksiyonda ise omur gövdesinin ortasına geldiği Wiles tarafından belirtilmiştir (Williams, 1995).

Lateral fleksiyon veya yan taraflara eğilme esnasında diskusların eğildiğimiz taraftaki dış kısmı sıkışır. Hareket, etraftaki bağlar ve diskus vasıtasıyla sınırlanır. Tüm omurlar arasında yanlara eğilme hareketi yapılabilir. Fakat en çok boyun ve bel bölgesinde yapılabilir (Williams, 1995; Arıncı ve Elhan, 1997).

Sirkumdüksiyon, yukardaki hareketlerin bir karışımı olup, çok sınırlı olarak yapılır.

Rotasyon, bir omurun diğer omur üzerinde dönmesiyle oluşur. Bu esnada aralarında bulunan diskusun lifleri gerilerek sıkışır ve hareketi hemen sınırlar. Buna ilaveten diğer bağlar ve özellikle eklem çıkıntıları da rotasyonu sınırlamada etkilidir. Bu nedenle iki omur arasında çok az rotasyon yapılabilir. Gövdenin yaptığı rotasyon, her bir omur arasında yapılan rotasyonların toplamıdır. En fazla servikal bölgenin üst

kısımında yapılabilirken, alt servikal kısmında hafif, üst torasik seviyede daha büyük ve en az da lumbal kısım da yapılabilir (Williams, 1995; Arıncı ve Elhan, 1997).

Omurgada yapılan hareketlerin çeşidi ve genişliği, eklem yüzlerinin şekline ve pozisyonlarına bağlıdır.

Lumbal omurların eklem yüzleri bir silindir, konkav eklem yüzleri de bu silindiri içine alacak şekildedir. Üst eklem yüzleri tamamen birbirine bakar. Konkav ve konveks eklem yüzleri birbirine tamamen uymazlar. Bu nedenle öne arkaya eğilme hareketi yapılabilir, fakat rotasyon hareketi çok sınırlıdır (Arıncı ve Elhan, 1997).

Bilindiği gibi normalde omurga yayvan bir S harfi şeklindedir. Boyun ve bel bölgesinde lordoz denilen ön tarafa doğru bir konvekslik bulunur. Göğüs bölgesinde ise kifoz denilen arkaya doğru bir konvekslik mevcuttur. Omurganın transvers eksen etrafında öne-arkaya eğilme hareketi (bu harekete dorsal-ventral fleksiyon denildiği gibi, öne olan harekete fleksiyon, arkaya olan harekete ekstansiyon da denilmektedir.) en fazla boyun ve bel bölgesinde yapılır. Öne doğru eğildiğimiz zaman boyun ve beldeki lordoz kaybolur. Buna karşılık göğüs bölgesinde kifoz fazlaşır. Bu durumda yandan bakıldığında omurga, konkavlığı öne bakan tek bir kavis şeklinde görülür. Arkaya doğru eğildiğimizde boyun ve beldeki arkaya bakan konkavlık artar, buna karşılık göğüs omurları düz bir şekil alır. Bu pozisyonda omurgaya yandan bakıldığında, üst ve alt uçları arkaya eğilmiş, ortadaki büyük kısmı düz olan bir şekil aldığı görülür. Öne-arkaya eğilme esnasında harekete en az katılan göğüs omurlarıdır (özellikle orta bölümleri) (Arıncı ve Elhan, 1997).

Sagittal eksen etrafında omurganın yan taraflara eğilmesi (lateral fleksiyon) esnasında yine hareket en fazla boyun ve bel omurlarında görülür. Göğüs omurları da antrenmanla bu harekete daha fazla katılabilirler. Fakat antrenmansız şahıslarda sadece üst ve alt kısımları iştirak eder (Arıncı ve Elhan, 1997).

Omurga, vertikal eksen etrafında en fazla boyun üst bölgesinde rotasyon yapar. Aşağıya indikçe hareket azalır ve bel bölgesinde de çok sınırlıdır. Pelvis sabit ise, genellikle gövdenin rotasyon hareketine göbek seviyesinin üstündeki omurlar katılır ve yukarı çıktıkça hareketin genişliği artar. Daha fazla rotasyon yapmak istediğimiz zaman, pelvis'i de harekete iştirak ettirmemiz gerekir. Ayakta durduğumuz zaman bütün hareketler esnasında pelvis, hareket merkezi vazifesi görür

ve gövdenin esas desteğini teşkil eden omurganın durum ve hareketlerinin ayarlanmasında çok önemli rol oynar. Bu nedenle pelvis, gövde ve alt taraf arasında çok kuvvetli postural kaslar uzanır (Arıncı ve Elhan, 1997).

Fleksiyon foramen intervertebrale'nin genişlik, yükseklik ve alanını anlamlı bir şekilde artırırken, disk bulging'i ve ligamenta flava'nın kalınlığını anlamlı bir şekilde azaltır. Ancak, ekstansiyon foramen intervertebrale'nin genişlik, yükseklik ve alanını anlamlı bir şekilde azaltır. Lateral fleksiyon, fleksiyon tarafında foramen intervertebrale'nin genişlik, yükseklik ve alanını anlamlı bir şekilde azaltırken, buna karşın, karşı tarafta foramen intervertebrale'nin genişlik, yükseklik ve alanını anlamlı bir şekilde artırır. Aynı şekilde, aksiyal rotasyon, rotasyon tarafında anlamlı bir şekilde foramen intervertebrale'nin genişlik ve alanını azaltırken, karşı tarafta foramen intervertebrale'nin yükseklik ve alanını anlamlı bir şekilde artırır. Foraminal alan değişiklik yüzdesi, ekstansiyon hariç, segmental spinal hareketin miktarıyla korelasyon göstermiştir (Fujiwara ve ark., 2001).

Omurga, üç ana eksen ve tali eksenlerini birlikte kullanarak sirkumdüksiyon hareketi yapar. Bu harekete pelvis de katılabilir (Arıncı ve Elhan, 1997).

2.2.4 Columna Vertebralis'in Arterleri

Yetişkinlerde discus intervertebralis'in avasküler olduğu ancak corpus vertebrae'daki damarlardan gelen nutrisiyen damarlarla beslendiği görüşü yaygındır. Bu durumda dejeneratif artrit ve osteoporozla ilgili olarak beslenme durumu değişmektedir (Kadıoğlu, 1998).

Her bir lumbal arter ramus dorsalis ve ramus spinalis'e sahiptir. Ramus dorsalis dorsal kasları, eklemleri ve deriyi besler, ramus spinalis vertebral kanala girerek, içindekileri ve vertebra cismini besler ve daha sonra üsteki ve alttaki arterlerle anastamoz yapar. İlk lumbal arterin ramus spinal'i medulla spinalis'in terminal kısmını beslerken; geriye kalanlar cauda equina, meninges ve canalis vertebralis'i beslerler (Williams, 1995).

2.2.5 Columna Vertebralis'in Venleri

Bunlar, canalis vertebralis'in içinde ve dışında, bütün columna vertebralis boyunca içinden çıkılması güç bir ağ oluştururlar. Her iki grubun kapakları yoktur,

bir diğeri ile serbestçe anastomoz yaparlar ve vena intervertebralis'e bağlanırlar. Fetal hayatın erken döneminde bu plexuslar ile longitudinal venler arasında yaygın olarak ara bağlantılar kurulur.

Servikal bölgede çok gelişen, plexus venosus vertebralis externus'ların anterior ve posterior kısımları vardır ve serbestçe birbirleriyle anastomoz yaparlar. Plexus venosus vertebralis externus anterior vertebra cisminin önündedir ve venae basivertebrales, venae intervertebrales ve vertebra cisminin alından dallar ile bağlantı kurar. Plexus venosus vertebralis externus posterior lamina arcus vertebrae'nın arkasında ve processus spinosus, processus transversus ve processus articularis'lerin etrafında uzanır. Onlar internal plexuslar ile anastomoz yaparlar ve vena vertebralis, venae intercostales posteriores ve venae lumbales'e katılırlar.

Plexus venosus vertebralis internus dura mater ve vertebralar arasında oluşur, kemiklerden, kırmızı kemik iliği ve medulla spinalis'den dallar alır. Bunlar eksternal plexustan daha yoğun bir ağ oluşturur ve ikisi önde ve ikisi arkada olmak üzere, dört ara bağlantılı longitudinal damarlar olarak vertikal biçimde düzenlenir.

Plexus venosus vertebralis internus anterior corpus vertebrae ve discus intervertebralis'in arka yüzünde, ligamentum longitudinale posterior'un yanında geniş ağsı venlerdir; ligamentum longitudinale posterior'un altında transvers dallar ile birleşir, venae basivertebrales'lere açılır. Plexus venosus vertebralis internus posterior her iki tarafta arcus vertebrae ve ligamenta flava önünde yerleşiktir. Ligamentler arasından ve içinden geçen köprü venlerle plexus venosus vertebralis externus posterior'a anastomoz yaparlar. İnternal plexuslar her bir vertebra yanında venöz halkalar yoluyla birbirleriyle birleşir (Williams, 1995).

Venae Basivertebrales

Vertebra cisimlerinin foramina posteriores'lerinden çıkarlar. Bunlar kranyal diploe'dekine benzer biçimde kemikte geniş ve kıvrımlı uzayan kanallardır. Corpus vertebrae'daki trabeküler kemik fazla miktarda hemopoetik doku içerir. Venae basivertebrales aynı zamanda vertebra cisimindeki küçük açıklıklar yoluyla plexus venosus vertebralis externus anterior'a drene olur. Arkaya doğru onlar, plexus venosus vertebralis internus anterior ile birleşen transvers dallar içine açılan bir veya

iki kısa gövde oluştururlar. Onlar ileri yaşlarda genişler (Dorwart ve Genant, 1983; Williams, 1995).

Venae Intervertebrales

Foramen intervertebrale içinde nervi spinales'e eşlik eder. Medulla spinalis, plexus venosus vertebralis internus ve plexus venosus vertebralis externus'u drene eder ve venae vertebrales, venae intercostales posteriores, venae lumbales ve venae sacrales laterales'de sonlanır. Venae basivertebrales veya venae intervertebrales'in efektif kapak içerip içermediği belli değildir fakat deneyler onların kan akımının tersine dönebileceğini kuvvetle ortaya koymaktadır (Williams, 1995).

2.2.6 Beslenme

Discus intervertebralis insan vücudunda ki en büyük avasküler yapıdır. Çünkü çoğu öteki vücut dokularına benzer kan desteği yoktur. Disk için besinler, hemen vertebral son plakların üzerinde, subkondral kemikte, ince kapiller yataklar içinde bulunur (Şekil 2.2.4.).

Bu subkondral vasküler ağ difüzyon işlemi yoluyla, bütün önemli nükleus ve iç anulusun disk hücrelerini besler. Dış anulus, en dış anulus içinde gömülü olan, kendi kan desteğine sahiptir. Bu çok daha etkili bir sistemdir ve besinler aç disk hücrelerini bulmak için çok uzağa difüze olmak zorunda kalmazlar. Dış anulusun direkt kan desteği, anulusun 1/3 dışındaki yırtıkların iyileşmesi ve skarın yırtığı kapatması içindir. Ne yazık ki, diskin geriye kalanı için doğru değildir. Araştırmalar diskin iç bölgelerinde disk yırtıklarının, diskin iç 2/3 nün avasküler yapısı yüzünden iyileşmediğini göstermiştir (Gillard, 2005).

Difüzyon besleme işlemi diüurnal değişiklik olarak adlandırılan fenomen ile artırılır. Bizim disklerimiz bir günlük seyir boyunca genişleme ve sıkışma yeteneğine sahiptir. Güne başladığımızda, disklerimiz, diskin üzerine aksiyal yüklerin bindiği yerçekimi ve fiziksel aktiviteler yüzünden, sıkışacak ve dehidrate olacaktır. Sağlıklı bir disk %20 büzüşecek ve boyumuz 15-25 mm azalacaktır. Uyuduğumuzda ve omurlar sıkıştırmadan kurtulduğunda, bizim diskler su ve ayrıca besinler ile şişer, tam hidrate durumuna genişler. Diskin içine ve dışına gelgit benzeri hareket diskin avasküler merkezine besinlerin hareketine yardımcı olacaktır (Gillard, 2005).

2.2.7 Sinirleri

İntervertebral diskin bilinen tek siniri Von Luschka'nın sinuvertebral siniridir (Gökalp ve Erongun, 1988; Humzah ve Soames, 1988). Meningeal dallar (recurrent meningeal veya sinuvertebral sinirler), her bir tarafta iki veya dört lif katılarak, bütün vertebral seviyelerde oluşur. Her biri direkt olarak, yakın ramus communicans griseus veya ganglion thoracicum'dan bir veya daha fazla dallar alır; çoğu daha sonra foramen intervertebrale yoluyla canalis vertebralis'in içine girer ganglion sensorium nervi spinalis'in ventraline rekürrent bir seyir izler. Burada bu karışık sensoriyal ve sempatik sinirler transvers, asendens ve descendens dallara ayrılarak canalis vertebralis'in ön-yan bölgesinde dura mater, kan damarlarının duvarları, periost, ligamentler ve intervertebral disklere dağılır. İnce meningeal dallar arasına ganglion sensorium nervi spinalis'in arkasına dorsal dura, periost ve ligamentlere geçerken, diğerleri öne doğru ligamentum longitudinale posterior'a geçerler. Meningeal sinirler pek çok omurga bozukluklarının yansıyan ağrı karakteristiğiyle ilişkisinde ve oksipital baş ağrısında önemlidir (Şekil 2.2.3.) (Williams, 1995).

Sinuvertebral sinir; karma bir sinirdir. O hem otonom hem de sensitif lifler taşır. Sensitif kısmı, ağrı duyusunu taşır, posterior anulus fibrosus'un 1/3 dış kısmından ve ligamentum longidutinale posterius'dan doğar. O daha sonra bölünerek hem ramus dorsalis'e hem de ramus communicans griseus'a bağlanır. Onun önemi, eğer irrite edilirse hem bel hem de alt ekstremité ağrısı oluşturma potansiyeline sahip olmasıdır (Discogenic Pain). Discogenic Sciatica bu yansıyan disk ağrısına verilen isimdir. Sinuvertebral sinir uçlarının, dejenere olmuş nucleus pulposus'un irrite edici etkisine sensitif olduğuna inanılmaktadır. Şaşılacak surette, sinuvertebral sinir aynı zamanda üstteki ve alttaki diskleri de innerve eder. Böylece, L4'ün sinuvertebral siniri keza L3 ve L5 diskleri de innerve eder. Bu neden L4 tutulduğunda aynı zamanda L3 ve/veya L5 tutulumunun bulgularının da görüldüğünü açıklama da yardımcı olabilir. Sinuvertebral sinir yine epidural mesafedeki kan damarlarına otonom sinir lifleride taşır. Sempatik lifler kan damarlarının fonksiyonunu kontrol eder. (Gillard, 2005).

Diskogenik ağrının tam ağrı yolu tartışmalıdır. Bazı araştırmalar, ağrı sinyallerinin diskten yeniden foramen intervertebrale'ye girdiğini ve aynı seviyedeki ganglion sensorium nervi spinalis'e ulaştığını gösterdi. Ötekiler, daha yeni

araştırmalar ağrı sinyallerinin diskten, sinuvertebral sinir yoluyla, ramus communicans griseus'a, truncus sympathicus'a L2 seviyesinin üstündeki sempatik zincire, ramus communicans griseus yoluyla, L2 ramus dorsalis'e, L2 foramen intervertebrale'ye, ve L2 ganglion sensorium nervi spinalis'e yol izlediğini gösterdi. İkinci ağrı yolu bazı araştırmacıların alt seviye disk hernilerinin bazı hastalarda L2 dermatom alanı ağrısı (Kasık bölgesi) gösterebildiğine inanmalarının nedenidir (Gillard, 2005).

Anulus ve vertebral son plaklar incelendiğinde, hareket segment seviyeleri arasında innervasyon yoğunluğunda anlamlı bir fark yoktur.

Yüzeyel anulus hareket segmentinde en yoğun olarak innerve edilen bölgedir. Bu sinirlerin çoğu perianular konnektif doku içinde yerleştir.

Kıkırdak son plakların tutunma yerleri arasında anterior, posterior, insersiyonal ve sentral anulusun innervasyon yoğunluğunda anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Uygun intraosseöz sinirler vertebral vasküler desteğe eşlik ederken görülmüştür. Onlar vertebral cisimlere önden ve arkadan girerek, her bir son-plağa doğru merkezden uzaklaşacak şekilde geçmişlerdir.

Superior ve inferior son plakların innervasyon yoğunluğu arasında anlamlı bir fark yoktur. Sentral son-plağın innervasyon yoğunluğu önemli derecede periferel son-plağın innervasyon yoğunluğundan daha büyüktür.

Dış anulus ve son-plağın innervasyon yoğunluğu arasında anlamlı bir fark yoktur. Bununla birlikte, perianular konnektif dokunun innervasyon yoğunluğu anulus veya son-plağınıki çokça aşmıştır (Fagan ve ark., 2003).

Lumbal sinir yapılarını içine alan en yaygın anomaliler bitişik lumbosakral sinir kökleridir (Böttcher ve ark., 2004). Çoğu L4-S1 sinir köklerinin anomalisine sahiptir (Ethelberg ve Riishede, 1952).

2.2.8 Disk Fizyolojisi

İnsan vücutundaki en büyük avasküler yapı olarak düşünölen insan discus intervertebralis'i iki temel bileşenden oluşur: proteoglikan ve kollogen (Tip I ve Tip II). Anulus dizde bulunan kıkırdağa benzer sağlam yapılı fibröz dokudan, çoğunlukla kollogenden yapılır, nükleus çoğunlukla proteoglikandan yapılır. Kondrositlere benzer disk hücrelerinden üretilen, proteoglikanlar disk fonksiyonu için oldukça

önemlidir ve disk dokusu içinde su moleküllerini tutar. Proteoglikanlar diskin gerçek su kapalı olan agrekan (aggrecan) moleküllerin bloklarını kurarlar. Agrekanlar diskin içinde Aggregate (yığın) olarak adlandırılan iri yapıları oluşturmak için hyalüronik asit zincirleri üzerinde biraraya gelirler. Bu süper su dolu proteoglikan yığınları sağlıklı genç disklere şaşırtıcı dayanıklılık ve esneklik veren şeydir, gerçekte iyi hidrate bir disk sıklıkla kemik vertebral cisimden bile daha güçlüdür (Gillard, 2005).

2.2.9 Disk Fonksiyonu

Disk fonksiyonunu uygun bir şekilde sürdürebilmek için, yüksek su içeriğine sahip olmalıdır, bu özellikle nükleus için doğrudur. İyi hidrate bir disk hem güçlü hem de esnektir. Nucleus pulposus işini yapabilmek için güçlü ve iyi hidrate olmaya gereksinim duyar. Disk su kaybettiğinde (hidrostatik basıncı düşer), disk vücutun aksiyal yükünü destekleme yeteneğini kaybeder; bu nükleustan dışa doğru anulus, dış vertebral cisim ve zygapophyseal eklemler üzerine ağırlık taşımada kaymaya sebep olur. Burada, biz anulus üzerinde aşırı yüklenmeye (öteki yıkıcı biyokimyasal reaksiyonları tetikleyebilir) maruz kalırız, eğer ciddiye patolojik dejeneratif disk hastalığı başlayacaktır.

Hidrasyon yine disk beslenmesiyle ilgili olarak da önemlidir. Besinler, aç disk hücrelerine erişmek için diskal doku içinden difüze olmak zorundalar. Bu difüzyon işlemi eğer difüzyonun olacağı doku yüksek su içeriğine sahip olursa, çok daha hızlı ve kolaydır. Su disk içinde proteoglikan agrekanlar olarak adlandırılan, ince sünger benzeri moleküller yoluyla tutulur. Bu süper süngerler şaşırtıcı olarak su moleküllerini çekme ve tutma yeteneğine sahiptir, ve gerçekte su içinde kendi ağırlığının 500 katından daha fazlasını tutabilir; bu dehidrate olmayan disklere vücutun aksiyal yükünü taşımak için gereksinim duyulan muazzam hidrostatik basınç sağlar. Şaşırtıcı olarak, agrekanların su absorpsiyonu o kadar güçlüdür ki, gece boyunca (aksiyal yüklenme olmadığında), disk ve vücut yüksekliği disklerin suyla dolmasına bağlı olarak artar. Bu fenomen diurnal değişiklik olarak adlandırılır ve sadece dejenere olmayan disklerde mevcuttur.

Disk hücreleri, özellikle nükleus ve iç anulusun kondrosit benzeri hücreleri, proteoglikan agrekan molekülleri üretir. Küçük fabrikalar gibi, onlar agrekan

molekülleri yapar, yer değiştirir ve yeniden inşa ederler. Disk hücreleri gıdaya (Glukoz) sahip oldukça, inşa malzemesi (amino asitler) ve su disk içinde iyidir. Disk hücreleri için, yine besinlerin içeri difüzyonunun benzer aynı yolla atıklar diskin dışına difüze olduğu için, asitik olmayan çalışma ortamına sahip olmak da önemlidir. Yaşayan bir diskte, 100 kadar agrekan, dev proteoglikan yığın molekülü oluşturmak için hyalüronik asit'in uzun bir parçası üzerinde biraraya gelebilirler. Gerçek dünyada disk içinde bulunan yığınlar bunlardır (Gillard, 2005).

2.2.10 Disk Yapısı ve Bileşiminde Yaşla İlişkili Değişiklikler

Disk hacmi ve şekli, gelişme ve büyüme ile ve daha sonra iskelet olgunlaşmasından sonra tekrar değişir. Doğumdan sonra, disk vertebral sütunun büyümesi ile yürüyüşü korumak için yükseklik ve çapta hızlı bir şekilde artar. İskelet olgunlaşmasından sonra oluşan hacim ve şekildeki bu değişiklikler bireyler arasında ve diskler arasında değişir. Ne yazık ki, bu değişiklikler iyi tanımlanmamıştır ve doku yapısı ve bileşimindeki değişikliklerle ilişkilendirilmemiştir (Buckwalter, 1995).

Ancak, iskelet olgunlaşmasını takiben disk hacim ve şeklindeki esas değişiklikler disk yüksekliğinde kayıp, veya anulus yüksekliğinde azalma ile merkezi diskin cisim içine protrusion'u ve anulus bulging'ini içermektedir.

Disk dokusunun yapı ve bileşimindeki değişiklikler zamanca daha önce olmaktadır ve diskin makroskobik morfolojisindeki değişiklikler eşlik etmektedir. Disk ölçüleri, vasküler beslenme, bileşimindeki, özellikle proteoglikan organizasyonu ve proteoglikan ve su konsantrasyonundaki değişiklikler büyüme ve gelişme esnasında başlar, fakat onlar iskelet olgunlaşmasını takiben oluşan değişiklikler için temel oluşturabilir. Bu anlamda, diskin yaşla ilişkili değişiklikleri doğumdan sonra kısa sürede başlar. Bütün disk doku bileşenleri ve son plaklar doğumdan yaşlılığa değişmesine rağmen, en yaygın değişiklikler yaşayabilir hücrelerin sayısının, proteoglikanların konsantrasyonunun ve suyun hepsinin azaldığı yer nucleus pulposus'da oluşur. Bütün disklerde sonunda benzer yaşla ilgili değişiklikler gelişir, fakat aynı kişide ve insanlar arasında onların oranı ve miktarı değişir, bu suretle özel diskler tanımlanan zaman sırasından daha hızlı olarak veya daha yavaş olarak değişebilir. Özellikle bazı insanlarda bir veya daha fazla diskin

dejenerasyonu öteki disklerdeki veya aynı yaştaki öteki kişilerin disklerindeki değişikliklerden daha hızlı olarak ilerler (Buckwalter, 1995).

Yaşamın ilk 20 yılı esnasında diskte oluşan en göze çarpan ilerleyici değişiklik fibröz yapının giderek artışıdır (Twomey ve Taylor, 1987). Erken çocuklukta, nucleus pulposus, çevresindeki anulustan kesin olarak ayrılan jelatinöz bir yapıdır. Anulus yoğun olarak paketlenmiş liflerden oluşan bir dış tabaka ve fibrokartilaginöz dar bir iç tabakadan ibarettir. Büyüme ve yaşlanma esnasında, hem nükleus hem de anulus daha fibröz olur, ve onlar arasındaki keskin ayırım kaybolur. Dış anulus yoğun olarak fibröz kalırken, iç anulusta gelişen lif, diskin ekvatorunda nükleusun içine invagine olduğu gözükmetedir. İç anulus ve nükleus, içindeki kollogen miktarı ve yapısı merkeze doğru ilerleyici olarak azalan, fibrokartilaginöz büyük bir merkezi kitle oluşturur (Wagner ve ark., 1988). Yaşamın birinci dekadındaki diskler, kollogen varlığının makroskopik miktarına ve yapısına dayanarak, immatür, transizyonel, ve erişkin olarak sınıflandırılabilir (Yu ve ark., 1989).

Annular tears ve disk bulging veya protrusion gibi dejeneratif değişikliklerin yokluğunda, disk morfolojisi zamanla az miktarda değişir (Yu ve ark., 1989). En göze çarpan değişiklik diskin merkezi kısmında lipofuksin pigmentinin birikimidir (hem nükleus hem de anulus da). 60 yaş üzeri kadavralarda diğer taraftan normal disklerde yaygın bulgular olan, anulus fibrosus'da ortak merkezli ve transvers yırtıklar patolojik olarak düşünülmemelidir (Yu ve ark., 1988). Kondroit matriks kaybı, disk yüksekliğinin kaybı ve omurganın instabilitesi ile birlikte olan, anulus fibrosus'da radyal yırtıklar normal yaşlanmanın bir parçası olarak düşünülmemelidir (Yu ve ark., 1988; Yu ve ark., 1989).

Yenidoğan Dönemi:

Doğumda, ayrı hyalin kırıldak son plaklar vertebral cisimden disk dokusunu ayırır. Anulusun dış kenarı vertebranın kırıldak plaklarını delen kollogen liflerin yoğun dairesel tabakalarından ibarettir. Seyrek elastik lifler kollogen liflerine paralel uzanır. Küçük kan damarları dış anulus fibrosus lamelleri, özellikle diskin posterolateralinde ve kırıldak plakların içinde ve komşu olarak bulunabilir ve ara sıra kan damarları iç anulusu delerler. Çok sayıda perivasküler ve serbest sinir uçları

anulusun en periferdeki tabakaları arasında ve üstünde uzanırlar. Nükleus hemen hemen diskin yarısını doldurur ve doğumda esas olarak notokordal dokudan ibarettir: sinsityal kordları saran yumuşak jelatinöz, berrak matriks ve notokordal hücre kümeleri. Nükleusun matriksi birkaç kollogen lif ve hatta oldukça hidrate proteoglikanın bol ağı içinde gömülen daha nadir elastin tabakalar içerir. Bütün yenidoğan disk dokularında, kollogen lifler hemen hemen tekdüze küçük çaplara sahiptir. Yenidoğan ve infant intervertebral disk anulus fibrosus'u ve kıkırdak son plaklarından elde edilen proteoglikan kümeleri, hyalin kıkırdaktan elde edilen yığınlar ile aynı yapıya sahiptir fakat nükleus pulposus proteoglikan yığınlarının sadece üçte biri bu büyük yığımlara benzer, öteki üçte ikisi sıklıkla görülebilir merkezi hyalüronik asit filamentlerinden eksik yığımlardan ibarettir (Buckwalter, 1995).

Çocukluk ve Adölesan Dönemi:

İskeletin büyümesi esnasında disk hacmi artar, ona uyarak diskin merkezi bölgesi ve çevresel kan damarları arasındaki mesafe artar. Aynı zamanda, anulusun ve vertebral kıkırdak son plak kan damarları daha küçük ve daha az sayıda olur. Anulusun fibrokartilajinöz bileşeni büyüklükte artar, fakat erken adölesan döneminde nucleus pulposus hala aşağı yukarı diskin yarısını oluşturur ve iç anulusun fibrokartilajından kolaylıkla ayırte diledir. Bu zaman esnasında, notokordal hücrelerin sayısı azalır ve kondrosit benzeri hücreler diskin merkezi bölgesinde ortaya çıkar. Daha çok kollogen lifleri nükleusta görünür ve bütün disk bileşenlerinin kollogen lifleri ortalama çapı ve çap değişkenliği artar. Yığınlar oluşturan proteoglikanların oranı ve proteoglikan yığın büyüklüğü her ikiside azalır, ve eklem kıkırdağında bulunana benzer büyük proteoglikan yığınları gözden kaybolur. Adölesana kadar, nucleus pulposus'un proteoglikan popülasyonu kısa yığın yapan moleküller ve yığın oluşturmayan proteoglikanların hemen hemen yığınlarının tamamından oluşur. Fonksiyonel bağlantı proteinlerinin konsantrasyonunda azalma en azından proteoglikan yığımlarda bazı değişikliklere sebep olabilir (Buckwalter, 1995).

Erişkin Dönemi:

İskelet olgunlaşmasıyla, süregelen çevresel kan damarlarının pek çoğu gözden kaybolur. Dış anulus fibrosus aşağı yukarı aynı nispi büyüklükte devam eder, fakat fibrokartilajinöz iç anulus nükleus pahasına genişler. Anulusun oranlarında miksömatöz dejenerasyon normal kollogen fibril organizasyonun kaybı ile gelişir. Yarıklar ve çatlaklar diskte görünür, ve periferden merkezi bölgelere uzanabilir. Nükleus kollogen liflerinin konsantrasyon ve çapında artışla yumuşak ve yarı şeffaf olmaktan daha çok sertleşir ve beyazlaşır. Dış anulusun iç tarafında diskin bütün bölgelerinde yaşayabilir hücrelerin konsantrasyonu, özellikle en merkezi bölgelerde, şiddetle azalır. Notokordal hücrelerden eğer az miktarda kalırsa, nükleusun merkezi bölgeleri saçılmış yaşayabilir kondrosit benzeri hücreler içerir. Proteoglikan ve su konsantrasyonu azalır ve nonkollogenöz protein konsantrasyonu yoğun granüler materyal bütün matrikste biriktiği için artar. Bu materyal bütün matrikste ortaya çıkmasına rağmen, özellikle hemen hücreleri çevreleyen bölgelerde yoğunlaşmış olarak gözüktür. Bileşimi tanımlanmamıştır, fakat nonkollogenöz matriks proteinleri ile beraber yıkılmış matriks molekülleri içerebilir, ve onun matrikste birikimi en azından kısmi olarak nonkollogenöz proteinlerin konsantrasyonunda yaşla ilişkili artıştan sorumludur.

İskelet matürasyonundan sonra disk dokusunda yaşla ilgili değişiklikler diskin yapısal bütünlüğünün azalmasına yol açar, bu münasebetle disk hacmi ve şeklinde değişikliklere katkıda bulunur ve disk herniyasyon ihtimalini artırır (Buckwalter, 1995).

Disk herniasyonlu hastaların ligamentum flavum'larında kollogen içeriği kontrol grubundan daha az bulunmuştur. Ligamentum flavum'da kollogenin bu azalması instabiliteye sebep olabilir ve bu instabilite intervertebral disk dejenerasyonunu şiddetlendirir. Kollogen içeriği disk herniasyon gelişimiyle beraberdir (Coşkun, 2004).

Yaşlılık Dönemi:

Daha sonra erişkin yaşamda, anulusun dış lamellerinin iç tarafında bütün disk fibrokartilajinöz sert bir tabaka oluşturur. Disk yüksekliği daha fazla azalabilir ve göze çarpan yarıklar ve çatlaklar merkezde oluşabilir. Nükleus bölgesi hala daha küçük

çaplı, daha az yoğun olarak paketlenmiş kollogen lifleri ve onların daha az organize kalıbı ile tanınabilir, fakat birkaç yaşayabilir hücre olduğu gibi kalmaktadır. Disk yüksekliğinin kaybı ve disk bileşimindeki değişiklikler omurga hareketlerini etkileyebilir, vertebra dizilimi ve faset eklemler, spinal ligamentler ve paraspinoz kaslara uygulanan yükleri değiştirebilir. Bu değişiklikler yaşla ilişkili omurga hareketlerinin kaybı, spinal stenosis, ve faset eklemlerin dejenerasyonuna katkıda bulunabilir (Buckwalter, 1995).

2.2.11 Yaşla İlişkili Değişikliklerin Mekanizmaları

Diskte yaşla ilişkili değişikliklere katkıda bulunabilen mekanizmalar beslenmede azalma, yaşayabilir hücrelerin konsantrasyonunda azalma, hücre yaşlanması, matriks proteinlerinin post-translasyonel modifikasyonu, yıkılmış matriks makromoleküllerinin birikimi ve matriks dayanıklılığının yitirmesini içermektedir.

İnsan intervertebral diskleri omurga hareketlerini azaltabilen, disk herniasyonu ve faset eklemlerin dejenerasyonuna yol açabilen yaşla ilişkili dramatik değişikliklere maruz kalırlar. Mevcut çalışmalar en erken ve en yaygın değişikliğin diskin merkezi bölgesinde oluştuğunu gösteriyor. İlk bilinen değişiklikler proteoglikan ve su konsantrasyonunda azalma ve yaşayabilir hücrelerin sayısında azalmayı takip eden proteoglikanların parçalanmasını içerir. Bu değişiklikler zaman olarak önde olur ve anulusta miksomatöz bölgelerin görünümü, jelatinöz nucleus pulposus matriksinin kaybı, diskte yarıklar ve çatlakların gelişimi ve disk hacim ve şeklinin değişimleri eşlik eder. Merkezi diskin matriksi içinde olayların sırası proteoglikan organizasyonun kaybı, belki hücre biyosentetik fonksiyonunda değişikliğe ve yıkılan moleküllerin birikimine bağlı, proteoglikan konsantrasyonunda azalmaya yol açar ve su tutan matriksin yeteneğinde kaybın eşlik ettiği ileri sürülmektedir. Bu olaylar kollogenöz matriks üzerindeki yükleri artırabilir, matriksin yetersizliğine ve disk şekil ve mekanik fonksiyonunun kaybına neden olur. Bu yaşla ilgili değişiklikler, dejenerasyonun bir şekli olan, normal doku yapısı, bileşimi, ve biyolojik ve mekanik fonksiyonların ilerleyici kaybıyla sonuçlandığı anlamına gelir. Birtakım mekanizmalar merkezi disk bölgesinin beslenmesinde azalma, yaşayabilir hücrelerin kaybı, hücre yaşlanması, matriks proteinlerinin post-translasyonel modifikasyonu, yıkılan matriks proteinlerinin birikimi ve matriks dayanıklılığının yitirilmesini içine

alan, normal yaşla ilgili disklerin bozulmasını hızlandırabilir veya katkıda bulunabilir. Büyüme ile avasküler dokunun haciminde artma, periferik kan desteğinde azalma ve matrikste değişimlerin sebep olduğu merkezi disk beslenmesinde azalma en ciddi olarak ortaya çıkmaktadır (Buckwalter, 1995).

2.2.12 Klinik Önemi

Bazı şahıslarda beşinci lumbal vertebra sacrum ile birleşiktir. Bu duruma sakralizasyon adı verilir. Bazı hallerde birinci sakral vertebra sacrum ile birleşmez. Bu duruma ise lumbalizasyon denir.

Columna vertebralis'in anormal eğrilikleri kifoz, skolyoz, ve lordoz olarak isimlendirilir.

Columna vertebralis'in arkaya doğru konvekslik gösteren anormal eğrilğine kifoz (kyphosis) adı verilir. Bu durum genellikle torakal bölgedeki vertebraları etkiler ve sıklıkla bedenen ağır işlerde çalışan gençlerde görülür. Konjenital olan tipi farklı etyolojiye sahip olup genellikle ilerleyicidir.

Columna vertebralis'in laterale doğru konvekslik gösteren eğriliklerine skolyoz (scoliosis) denir. Bu durum vertebralardaki bazı yapısal değişiklikler sonucu ortaya çıkabildiği gibi, columna vertebralis'in eğri tutulması sonucu da ortaya çıkabilir. Skolyoz hastalarının çoğunluğunda belirli bir neden tespit edilemez. Bu tip skolyozlara idiyomatik skolyoz adı verilir.

Columna vertebralis'in öne doğru konvekslik gösteren bölgelerinde, bu konveksliğin artması durumuna lordoz (lordosis) adı verilir. Bu durum sıklıkla lumbal bölgede görülür. Aşırı şişman şahıslarda, gövde ağırlığının daha rahat taşınabilmesi için lumbal bölgedeki lordoz artar. Hamileliğin ileri dönemlerinde de aynı nedenle geçici olarak lumbal lordoz görülür.

Vertebra'ların gelişimi sırasında lamina'larının birleşmemesi ve dolayısı ile arcus vertebra'nın tamamlanmaması durumuna spina bifida denir. Bu durum genellikle lumbal vertebra'larda görülür. En sık rastlanan tipinde sadece kemik yapıda gelişme bozukluğu olup genellikle klinik bir bulgu vermez. Bu tipe spina bifida occulta denir. Ancak daha ağır tiplerinde burayı örten deri ve daha derindeki yapılarda da gelişme eksikliği görülebilir. Bu defektten medulla spinalis'i saran zarların dışarı çıkmasına

meningosele, bu zarlarla birlikte medulla spinalis'in de çıkması durumuna meningomyelosele adı verilir.

Özellikle trafik kazaları sırasında, duran bir araca bir diğer aracın arkadan hızla çarpması sonucunda, başın ani olarak hiperekstansiyon durumuna gelmesi ve hızla aksi yöne geri dönmesi sonucu servikal bölgeyi stabilize eden kas ve tendonlar ile bu bölgede bulunan discus intervertebrales gibi yapılarda aşırı gerilmeye bağlı zedelenmeler olabilir. Bu durum klinisyenler arasında "whiplash injury" olarak tarif edilir. Bu tip kazalardan sonra ligament ve kaslardaki zedelenmelere bağlı olarak boyun bölgesinde sertlik ve ağrı görülür.

Travma sonucunda nucleus pulposus'un yerinden oynaması veya anulus fibrosus'u yırtarak prolapsus göstermesine disk hernisi adı verilir. Disk hernileri, columna vertebralis'i etkileyen ağır travmalar sonucu ortaya çıkabileceği gibi, discus intervertebralis'lerdeki yaşa ve dejenerasyona bağlı küçük travmalar ile de ortaya çıkabilir. Genç erişkinlerde discus intervertebralis'lerin yapısı oldukça sağlamdır. Dolayısı ile columna vertebralis'i etkileyen travmaların, vertebra kırıkları olmadan discus intervertebralis'leri etkilemeleri pek mümkün değildir. Fakat yine de columna vertebralis'in aşırı fleksiyona zorlandığı durumlarda discus intervertebralis'ler etkilenebilir. Yirmi yaşından sonra discus intervertebralis'lerde dejeneratif değişikliklerin gelişme olasılığı yüksektir. Bu nedenle daha ileri yaşlarda küçük travmalar sonucunda bile nucleus pulposus'un yerinden oynaması veya anulus fibrosus'u yırtarak prolapsus göstermesi mümkündür. Anulus fibrosus prolapsusu genellikle posterolaterale doğru olur. Prolapsus olan bölgede medulla spinalis'ten çıkan sinir kökleri sıklıkla baskıya maruz kalır. Bu durum en sık L4-L5, articulatio lumbosacralis ve servikal 5-7 vertebra arasındaki discus intervertebralis'lerde görülür.

Vertebra arasındaki eklemleri zorlayan ani hareketler sonucu ortaya çıkan bel ağrılarına genel olarak lumbago adı verilir. Lumbago, disk hernisinin bir belirtisi olarak ortaya çıkabileceği gibi, bazı durumlarda etyolojik neden saptanamaz. Eğer nucleus pulposus yerinden oynamış ise, bu durum kendisini akut lumbago ile gösterir. O bölgede ağrı ve kas spazmı vardır. Nucleus pulposus prolapsusu varsa, sinir kökleri üzerine baskı olacağı için, ilgili sinir trasesi boyunca yayılan ağrı hissedilir. Örneğin nervus ischiadicus'a katılan sinir köklerine baskı olduğu

durumlarda uyluğun arka kısmında dize, bacağı ve ayağı kadar yayılabilen ağrı hissedilir. Servikal bölgedeki nucleus pulposus prolapsusunda ise boyun bölgesinde; omuza, kola ve ele kadar yayılabilen ağrı hissedilir. Ağrının yanısıra, baskıya maruz kalan sinir köklerinin innerve ettiği kaslarda zayıflık ve ilgili bölgelerin deri duyasunda azalma görülebilir (Taner, 2000).

2.3 Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) Yöntemi:

MRG yumuşak doku kontrast çözümüleme gücü en yüksek olan radyolojik görüntüleme yöntemidir. Hem iyonizan radyasyon hem de kontrast madde ile birlikteki risklerin olmaması ayrıca multiplanar görüntü sağlama imkanı vermesi MRG yönteminin en önemli avantajlarıdır (Modic ve ark., 1983; Modic ve ark., 1984; Han ve ark., 1983; Chafetz ve ark., 1983). Günümüzün en değerli teşhis araçlarından olan MRG yöntemi ilk defa 1946 yılında birbirinden ayrı olarak çalışan Bloch ve Purcell isimli bilim adamları tarafından tanımlanmış ve bu buluş iki araştırmacıya Fizik dalında 1951 yılı Nobel ödülünü kazandırmıştır. Bu teşhis yöntemini insanlar üzerinde yapılan deneylerde kullanmayı düşünen Jackson 1967 yılında canlı bir hayvan üzerinde ilk Manyetik Rezonans sinyallerini oluşturmayı başarmıştır, fakat bu yöntemin tıbbi kullanıma girebilmesi için gereken koşullar ancak 1973 yılında Lauterbur tarafından yayınlanabilmiştir. 1980 yılında Hawkens, MRG'nin multiplanar görüntüleme özelliğini ortaya çıkarmış ve bu yöntemle ilk lezyonu saptamıştır (Torun, 2004; Sargon, 1994; Uşaklı, 2004).

Günümüzde en popüler radyolojik görüntüleme yöntemi haline gelen MRG ülkemizde ilk kez 1989 yılında İzmir'de Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyodiagnostik Anabilim Dalı bünyesinde kullanılmaya başlanmıştır (Torun, 2004).

Manyetik bir alan içerisindeki bazı atom çekirdekleri belirli frekanstaki radyo dalgaları ile uyarılırsa absorbe ettikleri enerjinin bir bölümünü radyo sinyalleri şeklinde yayarlar. Bu olaya Manyetik Rezonans (MR) adı verilir (Tuncel, 1989).

MRG nin fizik prensiplerini daha iyi anlayabilmek için öncelikle atom düzeyinde bazı kavramların açıklanmasında yarar vardır. Atom çekirdeğinin temel yapısını, proton ve nötron adı verilen nükleonlar oluşturmaktadır. Protonlar ve nötronlar kendi eksenleri etrafında devamlı olarak bir dönüş hareketi göstermektedir. Bu dönüş

hareketine spin hareketi adı verilmektedir. Spin hareketi sayesinde nükleonlar, çevrelerinde doğal bir manyetik alan yaratırlar. Ancak çekirdekdeki nükleonlar çift sayıda bulduklarında birbirlerinin spin hareketini ortadan kaldıracak şekilde dizilim gösterdiklerinden doğal manyetizasyonları yoktur. Bu nedenle sadece tek sayıda nükleonu bulunan çekirdeklerde doğal manyetizasyon ya da bir başka deyişle manyetik dipol hareketi bulunmaktadır. İşte rezonans etkisinin oluşturulmasında temel kavram budur (Diren, 1991a; Fleckenstein ve Tranum-Jensen, 1993; Torun, 2004).

MRG de sinyal kaynağı olarak manyetik dipol hareketine sahip yani proton ve nötron sayıları çift ve eşit olmayan çekirdeklerden yararlanılır. Biyolojik oluşumlarda bu özelliğe sahip hidrojen, karbon, sodyum ve fosfor atomları bulunmaktadır. Bunlardan hidrojen atomu tek bir protondan ibaret çekirdek yapısı ile en güçlü manyetik dipol hareketine sahip olması, su ve yağda daha yoğun olmak üzere biyolojik dokularda yaygın olarak bulunması nedenleri ile MRG de sinyal kaynağı olarak tercih edilmektedir (Diren, 1991a; Fleckenstein ve Tranum-Jensen, 1993; Torun, 2004).

Normalde dokular içinde rastlantısal olarak dağılmış ve net manyetizasyonu 0 olan H çekirdeklerinin dipolleri, güçlü bir manyetik alan içine yerleştirildiklerinde, manyetik alana paralel ve antiparalel şekilde dizilirler. Manyetik alana paralel dizilim gösteren protonların sayısı, antiparalel dizilim gösterenlere göre biraz daha fazla olduğundan manyetik alana paralel net bir vektörel manyetizasyon ortaya çıkar. Protonlar manyetik alanda paralel ve antiparalel şekilde dizilirken; bir yandan kendi etraflarındaki spin hareketini sürdürür, bir yandanda içine yerleştikleri manyetik alanın gücü ile orantılı olarak değişen salınım hareketi gösterirler. Precession (Salınım) hareketi ana manyetik alan gücüyle ilişkili olarak lormor frekansı adı verilen bir frekansta gerçekleşir (Diren, 1991a; Fleckenstein ve Tranum-Jensen, 1993; Torun, 2004).

Protonların manyetik alan içinde hem kendi eksenleri etrafında hem de ana manyetik alan gücü doğrultusunda gösterdikleri devinimler bir topacın dönüş hareketine benzetilmektedir (Torun, 2004).

Bir manyetik alanda 1 cm^2 'den geçen manyetik alan çizgilerinin sayısı 1 ise, o manyetik alanın gücü 1 "Gauss"dur. Tesla 10000 gauss karşılığı manyetik alan gücüdür (Tuncel, 1989; Diren, 1991b; Torun, 2004).

2.3.1 Manyetik Rezonans Sinyallerinden Elde Edilen Bilgiler

Manyetik Rezonans Görüntüleme günümüzde başlıca hidrojen çekirdeği (proton) stimüle edilerek oluşturulmaktadır. Çekirdekten salınan RF sinyalleri önemli bilgiler taşır. Bunları şöyle özetleyebiliriz:

1. Salınan sinyallerin amplitüdü: Çekirdekten salınan sinyallerin amplitüdü (şiddeti) dokudaki proton sayısı ile ilgilidir. Organizmadaki yumuşak dokuların yapısının %75 i sudur. Normal yumuşak dokuların su içeriği % 15 oranında değişiklik gösterir. MRG de bu farklılıklar saptanarak yumuşak dokular ayrı ayrı görüntülenebilir.
2. Sinyallerin süre değişiklikleri: Biyolojik yönden önemlidir. Relaksasyon zamanı adı verilir. T_1 ve T_2 adıyla iki relaksasyon zamanı vardır.
 - a. T_1 relaksasyon zamanı: RF pulsu ile başlangıçtaki denge durumundan sapan ağ manyetizasyon vektörünün başlangıç noktasına dönmesi için gerekli olan zamandır. "spin-lattice" relaksasyon zamanı adı da verilir.
 - b. T_2 relaksasyon zamanı: RF impulsu kesildikten sonra ağ manyetizasyon vektörü başlangıç konumuna, gittikçe küçülen daireler çizerek döner. Bu hareket başlarken tüm çekirdeklerin aksları paraleldir. Ancak bazı çekirdeklerin dönüş hızı, manyetik alandaki çok küçük değişikliklerden etkilenerek değişebilir. Bu durumda incelenen örnekteki çekirdeklerin aksları paralelliğini kaybeder ve bir çan oluşturacak şekilde dağılır. Bu çanın oluşması için geçen zamana T_2 relaksasyon zamanı adı verilir. Çekirdeklerin birbiriyle ilişkisinden dolayı bu olaya "spin-spin" relaksasyon zamanı da denir. T_2 , incelenen maddenin yapısı ile ilgili sinyal kaybolma zamanıdır.
3. Kimyasal şift: Homojen bir manyetik alan içerisindeki bir elementin çekirdekleri aynı rezonans frekansına sahiptir. Bu kural saf su içerisindeki hidrojen çekirdekleri için doğrudur. Ancak çok daha kompleks moleküller içerisinde bulunan hidrojen çekirdeklerinin rezonans frekansları, çevredeki elektronlar tarafından değiştirilir. Buna kimyasal şift adını veriyoruz. Bu değişiklik MRG yi etkileyecek boyuta ulaşmaz.

4. Akış: İncelenen bölgedeki manyetize çekirdeklerin hareketleri, sinyal şiddetinde değişikliklere neden olur (Tuncel, 1989; Fleckenstein ve Tranum-Jensen, 1993; Uşaklı, 2004).

2.3.2 Radyofrekans Uygulama şekilleri

MRG de RF ın uygulaması başlıca "Saturation Recovery (SR)", "Inversion Recovery (IR)" ve "Spine Echo (SE)" adıyla üç şekilde yapılır. Bu yöntemlerde proton yoğunluğu, T_1 relaksasyon zamanı ve T_2 relaksasyon zamanı gibi parametreler farklı etkinliktedir.

Bu üç uygulamada da "Echo Time (TE)", "Inversion Time (TI)" ve "Repetition Time (TR)" gibi RF pulsunun verilmiş şekli, süresi ve sinyal dinleme süresiyle ilgili, tümü uygulayıcı tarafından değiştirilebilen parametreler vardır. Echo time (TE) dinleme süresini, repetition time (TR) uygulanan RF'ın tekrarlanma süresini, inversion time (TI) ise yalnız IR yönteminde kullanılan ve spini 180° çevirecek pulsun zamanını gösterir. Bu parametrelerdeki değişiklikler görüntüyü belirgin şekilde değiştirir (Tuncel, 1989; Uşaklı, 2004).

MRG de tipik bir kesit 4-8 dakikada alınır. Bu sürenin büyük bölümü protonların relaksasyonları içindir. Ancak bu bekleme süresinde diğer kesitlerin protonları eksite edilebilir. Böylece bu süre zarfında dört veya sekiz kesit alınarak yapıların "multisection" görüntülenmesi ile tetkik süresi kısaltılabilir (Tuncel, 1989).

Manyetik Rezonans Görüntüleme doku kontrastı Manganez, Demir, Krom ve Gadolinium gibi paramanyetik iyonlar kullanılarak artırılabilir (Tuncel, 1989; Fleckenstein ve Tranum-Jensen, 1993).

MRG aygıtları çevreden son derece iyi izole edilmiş bir ortamda çalıştırılmalıdır. Bu amaçla cihazın bulunduğu oda Faraday kafesi ile tecrit edilmektedir. Güçlü MRG cihazları yüksek manyetizasyonun sağlanması için sıvı helyum nitrojen gazı ile soğutulduklarından ilgili gazın olası sızımlarına karşı ortamda oksijen satürasyonundaki azalmaya duyarlı dedektörler bulundurulmalıdır. Cihazın verimli çalışması açısından ortam ısısı $-18, -20^\circ\text{C}$ 'de klimatize edilmelidir.

2.3.3 MRG aygıtları başlıca aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır:

- Mıknatıs
- Radyofrekans (RF) sargıları
- Gradient sargıları
- Bilgisayar
- Görüntü birimi
- Görüntünün kaydı için gerekli aygıtlar (Torun, 2004).

Mıknatıs: Hasta çevresindeki manyetik alanı oluştururlar. "Permanent", "Resistive" ve "Superconducting" olmak üzere 3 çeşittir.

Radyofrekans sargıları: İncelenen dokulardaki H çekirdeklerini uyarmak için RF pulsu gönderen ve dokulardan geçen sinyalleri saptayan koil adı verilen parçalardır. Başlıca baş ve vücut olmak üzere iki tipi vardır.

Gradient sargıları: Bu sargıların görevi görüntü elde etme sürecinde, kısa bir zaman için, ana manyetik alanı kontrollü bir şekilde değiştirmektir. Böylece incelenen yapının transvers, koronal ve sagittal planlarda görüntüsü elde edilebilir (Tuncel, 1989).

2.3.4 Lumbal Vertebral Kolon

Servikal ve torakal bölge ile karşılaştırıldığında; lumbal bölgede osseöz, ligamentöz ve kartilajinöz yapıların daha büyük olması, tekal sak'ın bu bölgede hacminin artması ve epidural yağ dokusunun daha fazla olması, bu bölgenin MR görüntülenmesinde resim kalitesini artıran önemli faktörlerdir. Lumbal bölgenin optimum düzeyde MR incelenmesi, sagittal planda T₁ ve T₂ ağırlıklı serilerde ve aksiyal planda T1-ağırlıklı bir seri ile yapılır. İncelemede yüksek rezolüsyonlu yüzey koilleri kullanılmalıdır. Sagittal kesitlerde inceleme alanına torako-lumbal bileşkeden (conus medullaris'i içine alacak şekilde) sakrum'a kadar olan bölge dahil edilir (Diren, 1991b).

T₁-ağırlıklı serilerde epidural yağ dokusunun yüksek sinyal kaydı ile karakterize olması, normal spinal yapıların izlenmesi kolaylığı yanında patolojik değişikliklerinde kolayca tanımlanmasında önemli bir referansı oluşturur. T₁-ağırlıklı sagittal kesitlerde vertebralar, medüller kemik, spinal anatomi, diskovertebral

eklemler, intervertebral kanallar, faset eklemleri, tekal sak, konus medullaris ve ekstradural mesafe ayrıntılı olarak incelenebilir. T₁-ağırlıklı aksiyal kesitlerde ise tekal sak, ekstradural mesafe, faset eklemleri, ligamentum flavum'lar sinir kökleri, intervertebral kanallar ve paraspinal yumuşak dokular incelenebilir. T₂-ağırlıklı sagittal kesitlerin önemi ise, disk dejenerasyonu ve herniyasyonları, kemik iliği değişiklikleri, ekstradural kitleler ve anormal sıvı toplanmalarının değerlendirilmesine olanak tanınmasındandır. Yine T₂-ağırlıklı serilerde myelografik etkinin elde olunması, lezyonun ekstradural ya da intradural lokalizasyonunun ayırtedilmesine önemli katkı sağlar. T₂-ağırlıklı sekanslar çok ekolu (double-echo ya da multi-echo) sekanslardır. Bu sekans sırasında elde olunan proton-density (PD) görüntülerde posterior anular-ligamentöz kompleks, ligamentum flavum'lar, santral ve intervertebral kanallar, faset eklemler ve posterior elamanlar net bir şekilde görüntülenerek değerlendirilebilir. Aksiyal T₁-ağırlıklı seriler rutin olarak L3-L4, L4-L5, L5-S1 disk aralıklarını içermektedir. Daha fazla disk aralığını incelemek gerekiyorsa kesit sayısını artırmak için TR süresini uzatmak gerekecektir. Bu durumda sekans bir miktar PD özelliğine kayarsa da bu durumun anatomik detay kaybına yol açmaması nedeniyle bir sakınca oluşmayacaktır. Ancak unutmamak gerekir ki TR değerinin artırılması sekans süresini uzatacaktır (Diren, 1991b).

Sagittal ve aksiyal sekanslarda kesit kalınlığı 4-5 mm, kesit aralığı 1 mm olarak seçilmelidir. Yeni geliştirilen MR sistemlerinde kesit düzeylerinin çok açılı ve değişik intervaller ile seçilebilmesi, özellikle aksiyal vertebral kolon incelemesinde görüntü kalitesini artırırken inceleme süresini azaltarak oldukça yararlı olmaktadır. Çok-açılı seçme, vertebral kolonun aksiyal görüntülenmesinde gerçek anatomik planların elde edilmesine olanak tanır. Unutulmamalıdır ki gerçek aksiyal görüntüler, santral kanala tam dik açı ile yerleştirilen kesitlerle elde olunur. Bu bakımdan eğer çok-açılı yerleştirme olanağı mevcut değilse hastanın incelemeye başlanırken dizlerinin fleksiyona getirilerek vertebral kolonun lumbal lordozunun azaltılması sağlanarak tetkike başlanması yararlı olacaktır (Diren, 1991b; Tuncel, 1989).

Diskleri sınıflandırmak için kullanılan terimler aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır: normal, disk aralığını geçen bir disk uzaması yoktur; bulge, end plate'ler civarında disk aralığını geçen dairesel simetrik uzama vardır; protrusion, disk aralığını geçen

fokal ve asimetrik disk uzaması vardır; ve extrusion, disk aralığını geçen çok aşırı uzama vardır (Jensen ve ark., 1994).

Omurga ve ilgili yapıların Nükleer Manyetik Rezonans görüntülerinin Gri Skalası aşağıdaki gibidir (Han ve ark., 1983);

En Parlaktan En Koyu Renge Gri Skala
En Parlak (Yüksek Proton Dansitesi; kısa T1 ve/veya uzun T2)
Yağ
Nucleus pulposus (T ₂ ağırlıklı SE teknik)
Kemik iliği ve kanselöz kemik
Nucleus pulposus (SR teknik)
Medulla spinalis
Kas
Liquor cerebrospinalis
Anulus fibrosus
Bağlar
Kompakt, kortikal kemik
En Koyu (Çok Düşük Proton Dansitesi; uzun T1 ve/veya kısa T2)

2.3.5 Disk lezyonlarının genel sınıflandırılması:

- Normal
- Konjenital/Gelişimsel varyantlar
- Dejeneratif/Travmatik lezyonlar
 - Anular yırtık
 - Herniyasyon
 - Protrusion/Extrusion
 - Intervertebral
 - Degenerasyon
 - Spondylosis deformans
 - İntervertebral osteochondrosis

- İnflamasyon/İnfeksiyon
- Neoplazi
- Bilinmeyen önemli morfolojik varyantlar

Eğer herhangi bir düzlemde disk mesafesinin ötesindeki disk materyalinin kenarları arasındaki en büyük uzaklık, aynı düzlemde, tabanın kenarları arasındaki mesafeden daha küçük ise protrusion vardır. En az bir düzlemde disk mesafesinin ötesindeki disk materyalinin kenarları arasındaki herhangi bir mesafe, tabanın kenarları arasındaki mesafeden daha büyükse extrusion vardır. Eğer yer değiştirme disk materyali ana disk materyali ile devamlılığını tamamen kaybetmişse sequestration vardır. Ring apophyses'in kenarlarının ötesinde dairesel olarak disk materyalinin varlığı "bulging" olarak adlandırılabilir (Fardon ve Milette, 2001).

Semptomsuz kişilerin %52 si en az bir intervertebral diskte bir bulge, %27 si bir protrusion ve bir extrusion'a sahiptir. Bu yolla, bel ağrısız kişilerin %64 ü bir intervertebral disk anormalliğine ve %38 i bir seviyeden daha fazlasında bir anormalliğe sahiptir (Jensen ve ark., 1994).

Bulge ve protrusion'ların sıklığı L4-L5 ve L5-S1'de en yüksektir; L1-L2'de çok az anormallik vardır. Seks ve bulge sıklığı arasında veya yaş ve protrusion sıklığı arasında anlamlı bir ilişki yoktur. Disk bulge'larının sıklığı yaş ile artar ve bu eğilim her bir disk seviyesi için mevcuttur. Yaş aynı zamanda anlamlı bir şekilde bir disk anormalliğinden daha fazlasının varlığıyla birlikte dir. 50 yaş ve üzeri 27 kişinin %67 si çok sayıda anormalliklere sahiptir (Jensen ve ark., 1994).

2.3.6 Nonintervertebral disk anormallikleri:

Schmorl's nodülleri, faset artropatisi, spondilolizis, spondilolistezis, anular defekt, sentral kanal ve nöral foramenlerin stenozudur (Jensen ve ark., 1994).

Semptomsuz kişilerde en yaygın nonintervertebral disk anormalliği Schmorl's nodülleridir (diskin vertebral cisim end plate'i içine herniyasyonu), %19 unda; anular defect (diskin dış fibröz halkasının bozulması), %14 ünde; ve faset artropaty (vertebranın posterior artiküler uzantısının dejeneratif hastalığı), %8 inde. Asemptomatik bireylerin %7 si spondilolizis, %7 si spondilolistezis, %7 si sentral kanal stenozu ve %7 si nöral foramen stenozuna sahiptir (Jensen ve ark., 1994).

2.3.7 İntervertebral disk dejenerasyonu

Nükleus pulpozus ve anulus fibrozus, yapısal olarak su kollogen ve proteoglikanlardan oluşmuş yapılardır. Aralarındaki yapısal farklılık ise bu komponentlerin oranı ve özel kollogen formasyonları içermelerinden kaynaklanır. Genç erişkinlerde normal nükleus pulpozus yaklaşık olarak %85 oranında su içerirken, bu oran anulus fibrozusda %70 kadardır. Patolojik spesmenlerde iç anular fibriller ile nükleus pulpozus sınırları net olarak ayırtedilmemekle beraber, bu ayrımı MR resimlerinde de yapmak mümkün olmamaktadır. T₂-ağırlıklı serilerde diskin santral kısmında izlenen yüksek sinyalli alan hem nükleus pulpozusu hemde anulus fibrozis liflerini birlikte içermektedir. Diskin iç sinyal yoğunluğu hidrasyon düzeyine ve disk dokusunun fizikokimyasal içeriğine bağlıdır. Bu arada unutmamak gerekir ki intervertebral diskin hidrasyon düzeyi, onun içerik özelliğine değil, dış yüklenmeye diskin verdiği yanıtı bağlı olarak gelişir. T₂-ağırlıklı MR resimlerinde diskin dış tarafında yer alan anular fibriller düşük sinyal kaydı ile karakterize olurlar. Yaşın ilerlemesine paralel olarak nucleus pulposus içeriğini oluşturan proteoglikanlarda ve mukoid nükleus materyalde tedrici bir azalma başlar. Zamanla nükleusda fibrokartilaj yapı artar ve iç anular fibriller ile arasındaki sınır kaybolur. Bu gelişim normal bir yaşlanma bulgusudur ve disk dejenerasyonu olarak yorumlanmamalıdır. 30 yaşın üzerindeki erişkinlerde T₂-ağırlıklı MR kesitlerinde nükleus içinde hipointens görünümle karakterize olan "kleft (yarık)" normal bir bulgu olarak kabul edilir. Bu görünüm normal olarak artan fibröz doku içeriğinin bir bulgusudur (Diren, 1991b).

Çoğu normal disklerde, MR görüntüleme, diskografide görülene benzer diskin çentikli veya bikonkav görünümünü yaratan, nucleus pulposus içinde değişen büyüklükte ve azalan sinyal intensite alanlarını göstermektedir.

Normal bireylerde, disklerin %8 dejenerasyon bulgusu gösterir, buna karşın semptomatik grupta disklerin %48 dejeneratif değişikliklere sahiptir. İntranükleer yarık veya çentikli disklerin yüzdesi önemli derecede yaşla artar. 30 yaş üzerindeki kişilerde, bütün normal ve anormal diskler bu yarık ve çentiği gösterir.

Kadavra disklerinin manyetik rezonansı, çevredeki anulusunkinden ayırtedilemeyen sinyal intensiteli bir intranükleer yarığı ortaya koymaktadır. Bu anulus fibrosus'dan transaksiller uzanarak, nucleus pulposus'u süperior ve inferior

segmentlere bölmektedir. Diskin posterior kısmının mikroskopik muayenesi anulus fibrosus'un kine benzer boyanma karakteristikli laminer materyalden oluşan bu yarığı göstermektedir (Aguila ve ark., 1985).

Genel olarak ifade etmek gerekirse diskteki dejenerasyon, sıvı içeriğindeki kayıp ile orantılı olarak gelişir. Deneysel ve klinik araştırmalar, disk dejenerasyonu ve herniyasyonun ilk aşamasının "radyal anular yırtık" gelişimi olduğunu göstermektedir. Son araştırmalar anulustaki 2,5 mm'den daha büyük yırtıkların "posterior bulging" mevcudiyeti ile beraber olduğunu ortaya koymuştur. Dış anular fibrillerdeki bu küçük yırtıkları T₂-ağırlıklı ya da GE sekansları ile elde olunan MR kesitlerinde görüntülemek mümkün olmaktadır. Eğer bu yırtık, nükleus pulpozusta devamlılık göstermiyorsa MR kesitlerinde disk iç sinyal yoğunluğunda bir değişiklik görülmeyecektir. Eğer radyal yırtık nükleus pulposus ile birleşiyorsa bunun sonucunda diskte herniyasyon gelişecektir. Bu durumda nükleus, dış anular lifler ile posterior longitudinal ligament kompleksi içine doğru yer değiştirecektir. Sonuçta sagittal MR kesitlerinde, posterior vertebral son plaklardan geçen çizgisel kontur protrüde disk segmentince bozulacaktır (Diren, 1991b).

Herniyasyonun disk materyalinin sinyal yoğunluğu, T₁-ağırlıklı MR serilerinde normal disk ile hemen hemen aynı ya da hafifçe düşük (hipointens)'tür. T₂-ağırlıklı resimlerde ise herniyasyonun disk materyali normal disk ile aynı (isointens) veya daha yüksek (hiperintens) sinyal kaydı ile karakterize olur. Bu durum sekestre disk materyalleri içinde doğrudur. Bu hiperintens görünümün mobil hidrojen iyonlarının artmasına ve sekestre disk materyalinde gelişen gırtlunasyon dokusundaki artmış hidrasyona bağlı olduğu; inflamasyona ya da bir ototimmün yanıtla sekonder geliştiği kabul edilmektedir. Disk herniyasyonlarındaki sinyal yoğunluklarında gelişen farklılıkların herniyasyonun disk materyalinin nucleus pulposus ya da anulus fibrosus orijinli olmasına bağlı olarakda değişebileceği kaydedilmektedir. Posterior disk herniyasyonları bazı olgularda vertebral posterior son plak kırıkları ile beraber gelişebilir. Bu durumda MR kesitlerinde herniyasyonun disk ile birlikte posterior deplasman gösteren kortikal bir fragmanda "hipointens" görünüm ile tespit edilebilir. Böyle olgularda herniyasyonun gösteren disk segmenti sinyalleri değişiklik gösterecektir. Akut travmatik disk herniyasyonları komşu vertebral cisim son plaklarını

etkileyebilir ve değişiklikler de en iyi sagittal MR kesitlerinde değerlendirilir (Diren, 1991b).

T₁-ağırlıklı ve T₂-ağırlıklı serilerde dejenere diskler sinyal kaybı ile karakterize olurlar. Ancak bazı olgularda granülasyon dokusu içinde gelişen sıvı toplanmaları, T₂-ağırlıklı MR kesitlerinde dejenere diskin normal diskten de daha hiperintens bir görünümle karakterize olmasına neden olabilir. Bunları disk infeksiyonu ile karıştırmamak gerekir. Yine dejenere disklerin kalsifiye olabilecekleri ve bazanda içlerinde hava içeren yarıklar gelişebileceğini biliyoruz. Kalsifikasyonlar ve hava MR kesitlerinde sinyalsiz alanlar olarak görüleceğinden hangisi kalsifikasyona hangisi havaya ait bir görünümdür, ayırtetmek mümkün olmayabilir (Diren, 1991b).

Dejenere disk su kaybeder. Bu değişiklik MRG ile çok duyarlı biçimde saptanır ancak normal yaşlanma olayı ile ayırıcı tanısı yapılamaz (Tuncel, 1989).

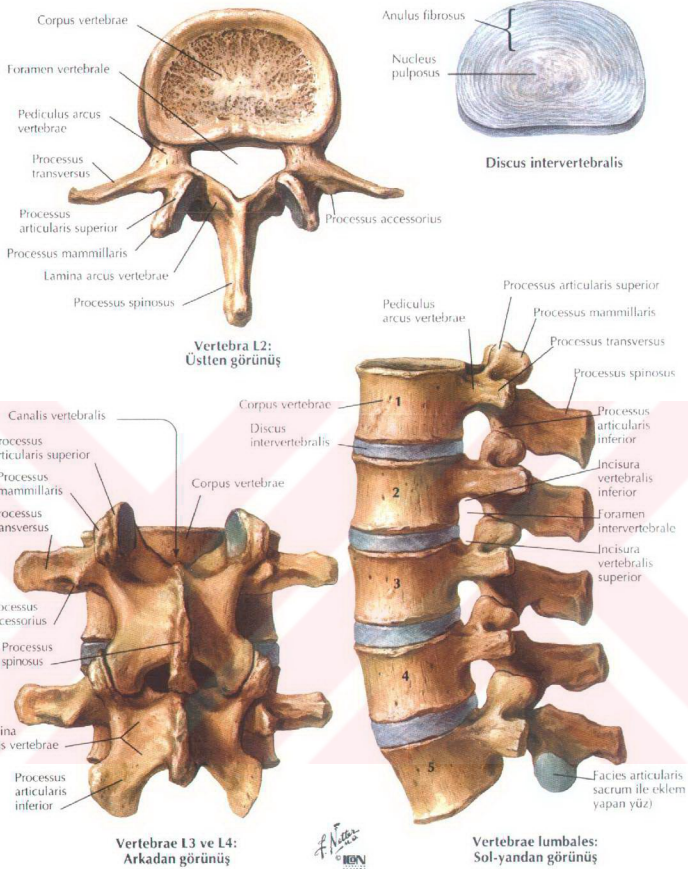
Sagittal düzlemde, normal lumbal intervertebral diskler Manyetik Rezonans Görüntüleme ile nucleus pulposus ve anulus fibrosus'a ayrılabilir. Yaşlanma ve dejenerasyon ile, nucleus pulposus ve anulus fibrosus arasındaki ayırım daha az belirginleşir ve tam dejenerasyon ile ikisi MR görüntülerinde, histolojik olarak ayırtedilemez. Tamamen ispat edilmemesine rağmen, MR görüntüleri üzerinde gözlenen değişikliklerin başlıca sorumlusu olarak su içeriğinde eş zamanlı olarak meydana gelen değişiklik sonucu çıkarılmıştır (Aguila ve ark., 1985).

Manyetik Rezonans Görüntüleme intervertebral disk patolojilerinin klinik değerlendirilmesi için en önemli yöntemdir. T₂-ağırlıklı manyetik rezonans görüntülerinde diskin sinyal karakteristikleri, yaşlanma veya dejenerasyonun sebep olduğu değişiklikleri yansıtır (Modic ve ark., 1988; Sether ve ark., 1990; Pearce ve ark., 1991; Pfirrmann ve ark., 2001).

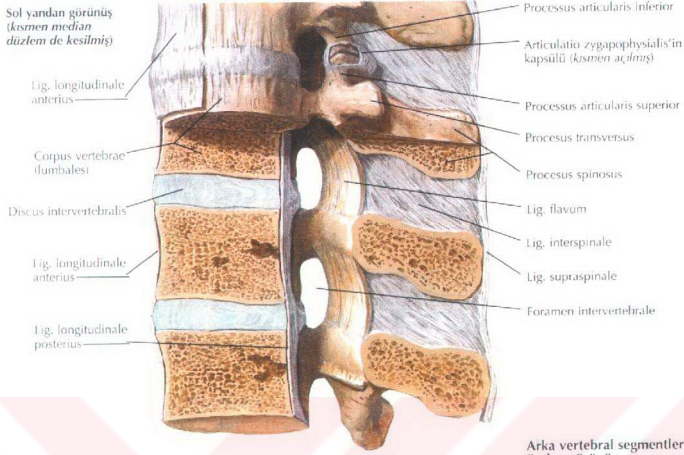
Yenidoğan ve genç çocuklarda, nükleus T₂-ağırlıklı görüntülerde çok yüksek sinyal intensitelerine sahiptir ve anulustan keskin olarak ayrılır. Diskin bu tipi immatür veya Tip I olarak sınıflandırılır. Büyüme ve olgunlaşma esnasında, nükleus ve en içteki anulus arasındaki sınır daha az belli olur. Hem nükleus hem de iç anulusun fibrokartilajı yüksek sinyal intensitesine sahiptir, buna karşın dış anulus bütün yaşlarda düşük sinyal intensitesine sahiptir. Adölesanda disk, transizyonel ya da Tip II disk, açık olarak iç anulustan köken alan, diskin ekvatorunda fibröz bir düzlem ile karakterizedir. Diskin ekvatorunda gelişen fibröz doku T₂-ağırlıklı

görüntülerde daha düşük sinyal intensitesi bir band olarak gözle görülür. Erişkin diskte veya Tip III diskte, 30 yaşından sonra çoğunluk teşkil eden, MR görüntüleri dış anulusta düşük sinyal intensitesine karşın, nükleus ve iç anulusun fibrokartilajını yüksek sinyal intensitesi olarak gösterir. Diskteki merkezi fibröz doku koyu, transvers band olarak gözle görülür (Sether ve ark., 1990).

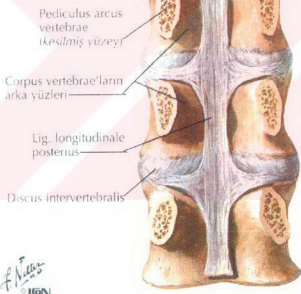
Manyetik rezonans, diskovertebral eklemin incelenmesinde diskteki dejeneratif değişiklikleri tanımlaması yanında, eşlik eden vertebral cisim son plaklarındaki gelişebilecek olan değişiklikleri de görüntülemeye son derece duyarlıdır. Hyalin kırırdağın ince olması nedeniyle buradaki izole dejenerasyonu yorumlamak gerçekte güçtür. Bunun yanında diskovertebral bölgede kimyasal sapma artefaktlarının gelişebilmesi, MR görüntülerini bozan bir diğer etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Modic isimli bir araştırmacı, dejeneratif disk komşuluğundaki vertebral son plak yakınındaki kemik iliğinde bir bozulma geliştiğini kanıtlamıştır. Bu çalışmada subkondral kemikteki normal yağlı-kemik iliğinin yerini fibro-vasküler bir dokunun aldığını göstermişlerdir. Bu değişiklikler T_1 -ağırlıklı MR kesitlerinde kanselöz kemikte sinyal yoğunluğunun azalması, T_2 -ağırlıklı kesitlerde ise artması şeklinde görülür. Bu görüntünün oluşumundan fibrovasküler dokunun yüksek sıvı içeriğinin sorumlu olduğu düşünülmektedir. Buraya kadar anlatılan son plak değişiklikleri MR yorumlarına dayanılarak Tip-I dejenerasyon bulguları olarak sınıflandırılmaktadır. Tip-II dejenerasyonda ise subkondral kemikte yağ dokusunun artması söz konusu olmaktadır ki bu durum T_1 -ağırlıklı serilerde son plakların hiperintens, T_2 -ağırlıklı serilerde ise hafifçe hiperintens veya iso-intens görünümüne yol açmaktadır. Tip-I son plak dejenerasyonu zaman içinde Tip-II dejenerasyona ilerleyebilirse de bunun tersine rastlanılmamıştır. Tip-III dejenerasyonda ise subkondral trabekülalarda kabalaşma ve kalınlaşmalar gelişmektedir. Bu durum T_1 -ağırlıklı ve T_2 -ağırlıklı MR kesitlerinde sinyal yoğunluğunun azalması şeklinde kendini gösterir (Diren, 1991b).



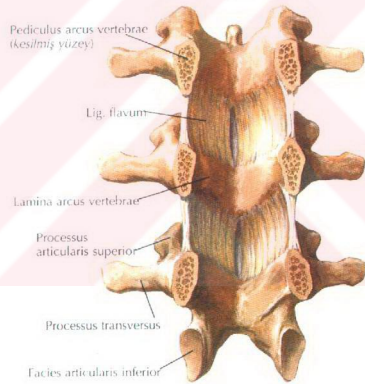
Şekil 2.2.1. Vertebrae Lumbales (Netter FH. Çev. Ed.: Cumhuriyet M. İnsan Anatomisi Atlası, 3. Baskı, Nobel Tıp Kitapevleri, İstanbul, 2005, s. 148'den alınmıştır.)



Ön vertebral segmentler: arkaдан görünüşü (pediculus arcus vertebrae'lar kesilmiş)

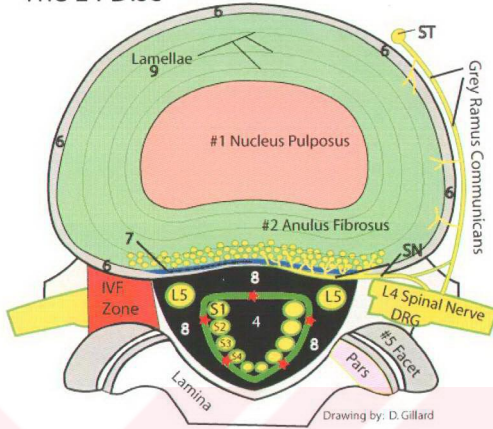


Arka vertebral segmentler: önden görünüşü

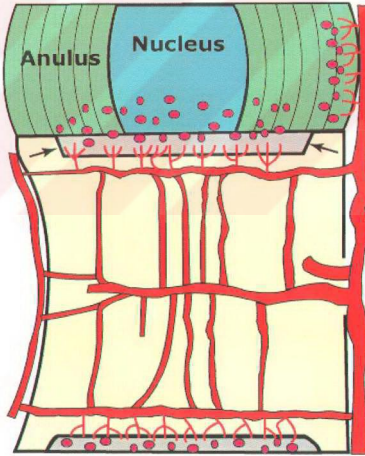


Şekil 2.2.2. Regio Lumbalis (Lumbal Bölge): Ligamentler (Netter FH. Çev. Ed.: Cumhur M. İnsan Anatomisi Atlası, 3. Baskı, Nobel Tıp Kitapevleri, İstanbul, 2005, s. 151.'den alınmıştır.)

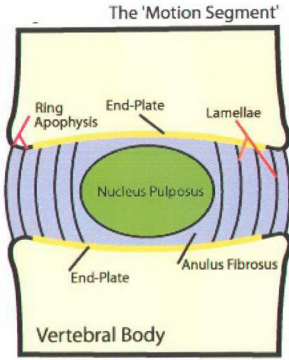
The L4 Disc



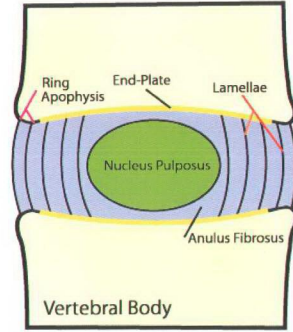
Şekil 2.2.3. Discus intervertebralis'in sınırları (Gillard DM. (2005). Basic Disc Anatomy. Erişim: [http://www.chirogeek.com/000_Disc_Anatomy.htm]. Erişim Tarihi: 30.05.2005)



Şekil 2.2.4. Discus intervertebralis'in beslenmesi (Gillard DM. (2005). Basic Disc Anatomy. Erişim: [http://www.chirogeek.com/000_Disc_Anatomy.htm]. Erişim Tarihi: 30.05.2005)



Şekil 2.2.5. Hareket kısmı (Gillard DM. (2005). Basic Disc Anatomy. Erişim: [http://www.chirogeek.com/000_Disc_Anatomy.htm]. Erişim Tarihi: 30.05.2005)



Şekil 2.2.6. Disk temel yapısı (Gillard DM. (2005). Basic Disc Anatomy. Erişim: [http://www.chirogeek.com/000_Disc_Anatomy.htm]. Erişim Tarihi: 30.05.2005)

BİREYLER VE YÖNTEM

3.1. Bireyler

Çalışmamıza, farklı kliniklerden çeşitli sebeplerle Radyodiagnostik Anabilim Dalına yönlendirilen ve Lumbosakral bölgesi MRG yöntemiyle incelenmesi istenen bireyler dahil edildi. Yaklaşık olarak 1000 hastanın MRG yöntemiyle elde edilen görüntüleri Radyodiagnostik Anabilim Dalında değerlendirilip arşiv sistemine dahil edildikten sonra, anatomik yapı ve klinik yönden gerekli kriterleri taşıyan 305 birey çalışmamız için seçildi. Çalışma iki ayrı merkezde yapıldı. Birinci merkezde (Erzurum Numune Hastanesi Radyoloji Birimi) toplam 180 normal bireyin ölçümleri, manyetik alan gücü 1,5 Tesla olan General Electric Signa Horizon LX modeli kullanılarak yapıldı. İkinci merkezde (Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı) toplam 125 normal bireyin ölçümleri, manyetik alan gücü 0,5 Tesla olan Philips Gyroscan T5-NT POWERTRAK 1000 Modeli kullanılarak yapıldı. Tesla, manyetik akımın akış dansitesini gösteren bir birimdir.

Tüm bu bireylerin MRG yöntemiyle incelenmesine geçmeden önce; yaşları, kiloları ve cinsleri ile ilgili bilgileri kaydedildi. Seçilen 305 bireyin; 131 Erkek (yaş aralığı 10-72 yaş; ortalama $36 \pm 15,79$ yaş) ve 174 kadın (yaş aralığı 10-80 yaş; ortalama $38 \pm 13,37$) dı. Yaş ve cinsle ilgili dağılım Tablo 3.1. de özetlendi. Daha sonra MRG yöntemiyle incelemeye geçildi.

Tablo 3.1. Çalışmamızdaki bireylerin yaş grupları ve cinslere göre sayısal dağılımı.

Yaş Grupları	Erkek	Kadın	Toplam
10-19	19	12	31
20-29	31	36	67
30-39	25	45	70
40-49	30	47	77
50-↑	26	34	60

3.2. Teknik

Lumbal bölge birinci merkezde manyetik alan gücü 1,5 Tesla olan General Electric Signa Horizon LX modeli kullanılarak, ikinci merkezde, manyetik alan gücü

0,5 Tesla olan Philips Gyroscan T5-NT POWERTRAK 1000 Modeli kullanılarak görüntülendi. T₁-ağırlıklı sagittal kesitler TR: 500 milisaniye, TE: 15 milisaniye olan 3 acquisition ve 2 saturation'lu single spin-echo kullanılarak elde edildi. Kesit kalınlığı 4 mm, kesitler arası aralık 0.4 mm, görüntülenen alan T12-S1'e 30 cm'ydi. Her bir birey için sırtüstü pozisyonda sağdan sola 12 sagittal görüntü taraması yapıldı. Görüntüler spine array coil kullanılarak elde edildi. Aksiyal görüntüler (5-Kesit) intervertebral diskin aksiyal düzlemine paraleldi. Elde edilen görüntüler 512x512 matrikste rekonstrükte edildi ve 1024x1024 matrikste General Electric Signa Horizon LX ve Philips Gyroscan T5-NT POWERTRAK 1000 bilgisayar sisteminde görüntülendi.

3.3. Ölçümler

Çalışmamızda vertebralar arası mesafe disk sahası olarak alındı. Bir discus intervertebralis'in üst sınırı üst vertebra gövdesinin alt kenarı, alt sınırı ise alt vertebra gövdesinin üst kenarı olarak kabul edildi. Böylece anterior ve posterior sınırlar belirlendi. Daha sonra belirlenen noktalar arasındaki mesafeler MRG sistemindeki merkezi bilgisayara ait yazılım aracılığı ile ölçüldü. Ölçüm sonuçları IBM uyumlu bir PC'ye aktarıldı.

Vertebra için; Vertebra Anterior Yüksekliği (VAY = [AD]), Vertebra Posterior Yüksekliği (VPY = [BC]), Disk için; Disk Anterior Yüksekliği (DAY = [DA]), Disk Posterior Yüksekliği (DPY = [CB]), Anteroposterior Uzunluk (APD) = Disk Derinliği (İVDDER) = ([DC]+[AB])/2 ölçümleri yapıldı.

Elde edilen ölçüm sonuçları için Kama İndeksi ve Rölatif Yükseklik İndeksi uygulandı. Bu indeksler için; Kama İndeksi (Kİ) = (DA-CB)/APD, Rölatif Yükseklik İndeksi (RYİ) = (DA+CB)/(AD+BC) fomülleri kullanıldı.

3.4. İstatistik Analizi

Elde edilen ölçüm sonuçları istatistiksel olarak varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirildi.

Şekil 3.1. Lumbal bölgenin manyetik rezonans görüntüleme yöntemiyle elde edilen sagittal görüntüsü. Vertebra Anterior Yüksekliği (VAY) = (AVY) = [AD], Vertebra Posterior Yüksekliği (VPY) = (PVY) = [BC], Disk Anterior Yüksekliği (DAY) = (ADY) = [DA], Disk Posterior Yüksekliği (DPY) = (PDY) = [CB], Anteroposterior Uzunluk (İVDDER) = (APD) = Disk Derinliği = ([APD-1]+[APD-2])/2, KA, Kama Açısı. Kama İndeksi = (ADY-PDY) / APD, Relatif Yükseklik İndeksi = (ADY + PDY) / (AVY + PVY).



4. BULGULAR

4.1. Vertebra anterior yüksekliği

Lumbal vertebraların anterior yüksekliğine ait elde edilen değerler Tablo 4.1. de verilmiştir. Seks ve yaş grupları (dekadlar) arasında görülen değişiklikler şu şekilde özetlenebilir.

Tablo 4.1. Lumbal vertebra anterior yükseklik değerlerinin yaş grupları ve cinslere göre dağılımı (değerler milimetre olarak alınmıştır). E : Erkekler, K : kadınlar, Ort : Ortalama, SS : Standart Sapma

Vertebra	Cins	Vertebra Anterior Yüksekliği										F	P
		Yaş Grupları (Dekadlar)											
		10-19		20-29		30-39		40-49		50-↑			
		Ort	SS	Ort	SS	Ort	SS	Ort	SS	Ort	SS		
L ₁	E	19.9	3.5	24.4	1.7	25.5	1.6	24.3	1.9	24.2	2.7	17,719	,000
	K	20.6	2.8	23.7	2.2	23.6	1.1	23.4	1.7	23.4	1.4		
L ₂	E	21.5	4.2	26.1	2.0	27.0	2.4	26.0	1.7	25.9	2.0	15,440	,000
	K	22.2	3.0	25.6	2.0	25.3	1.5	25.2	1.9	24.9	1.5		
L ₃	E	23.2	4.6	26.9	1.8	27.5	1.9	26.6	2.0	26.4	2.0	8,660	,000
	K	23.9	3.3	26.4	2.0	25.9	1.5	25.5	2.0	25.6	1.5		
L ₄	E	23.5	5.0	27.2	2.1	27.5	2.1	26.6	1.7	27.0	2.0	7,661	,000
	K	24,3	3.7	25.9	1.9	25.6	1.5	25.2	2.0	24.8	1.8		
L ₅	E	23.7	4.3	28.1	1.4	27.9	2.2	27.5	2.0	27.5	2.2	11,143	,000
	K	25.6	3.6	26.3	2.5	26.6	2.1	25.5	2.4	25.4	2.5		

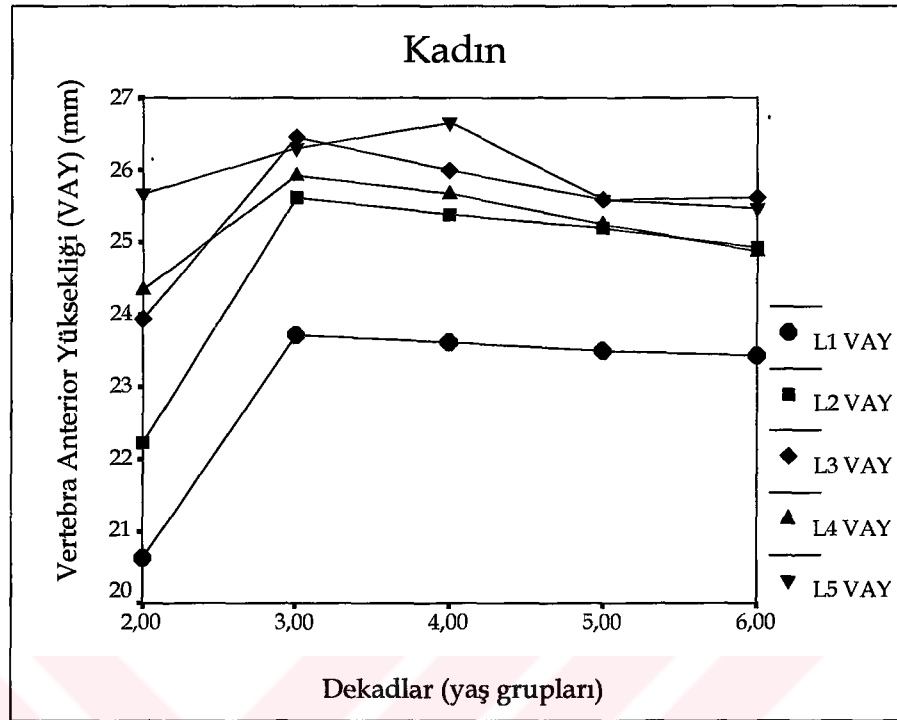
Seviye Değişiklikleri; Genel olarak; her iki cinsde ve her dekatta L1'den L5'e doğru yukarıdan aşağı bir yükseklik artışı görüldü. Ancak, kadınlarda L4 seviyesinde 3. dekad ve üzerinde düşme ve L5 seviyesinde 3.dekad ve üzerinde yeniden yükseliş görüldü.

Yaş grupları arasında görülen değişiklikler; **Kadınlarda**; Vertebra anterior yükseklikleri bakımından yaş grupları arasındaki fark önemlidir L1 vertebra seviyesinde 2. dekaddaki değer diğer dekadlardaki değerlerden anlamlı farklılık gösterdi. L2 vertebra seviyesinde 2. dekaddaki değer diğer dekadlardaki değerden anlamlı farklılık gösterdi. L3 vertebra seviyesinde 2. dekaddaki değer diğer dekadlardaki değerlerden ve 3. dekaddaki değer, 5. dekaddaki değerden anlamlı

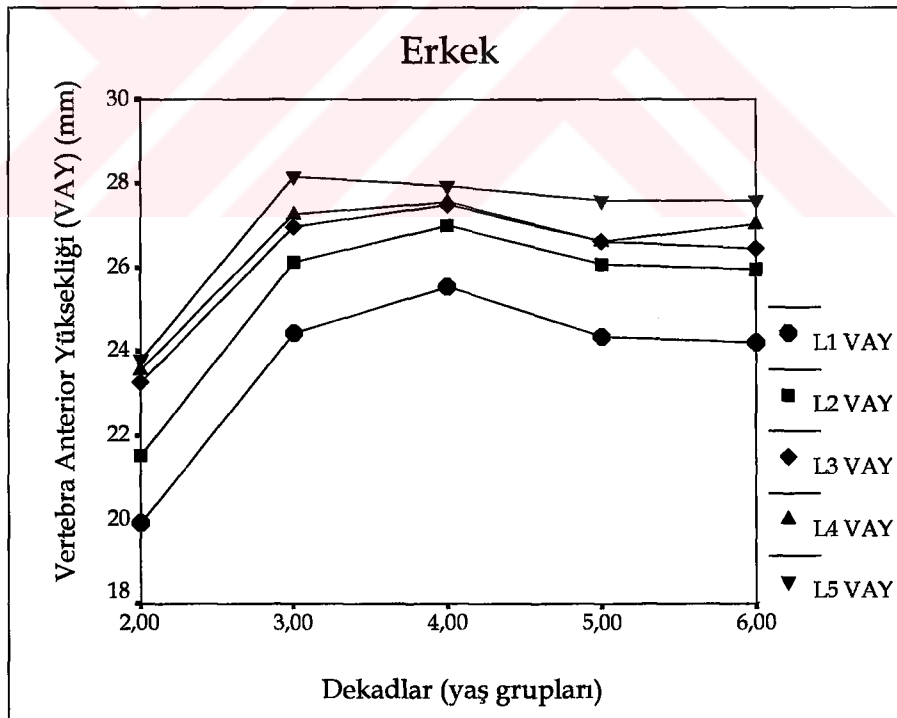
farklılık gösterdi. L4 vertebra seviyesinde 2. dekaddaki değer 3. ve 4. dekaddaki değerler ile, 3.dekaddaki değer 2. ve 6. dekaddaki değerler ile anlamlı farklılık gösterdi. L5 vertebra seviyesinde 4. dekaddaki değer 5. ve 6. dekadlardaki değerler ile anlamlı farklılıklar gösterdi. **Erkeklerde;** Vertebra anterior yükseklikleri bakımından yaş grupları arasındaki fark önemlidir. L1 vertebra seviyesinde 2. dekaddaki değer diğer dekadlardaki değerlerden anlamlı farklıydı. 4. dekaddaki değer 2. ve 6. dekaddaki değerler ile anlamlı farklıydı. L2 vertebra seviyesinde 2. dekaddaki değer diğer dekadlardaki değerlerden anlamlı farklıydı. L3 vertebra seviyesinde 2. dekaddaki değer diğer dekadlardaki değerlerden anlamlı farklıydı. L4 vertebra seviyesinde 2. dekaddaki değer diğer dekadlardaki değerlerden anlamlı farklıydı. L5 vertebra seviyesinde 2. dekaddaki değer diğer dekadlardaki değerlerden anlamlı farklıydı.

Sonuç olarak kadınlarda; L1, L2, L3, L4 ve L5 seviyelerinde vertebra anterior yükseklik değerleri 2. dekada diğer dekadlardan daha düşüktür. Ayrıca L3 vertebra seviyesinde 3. dekadan 5. dekada ve L4 vertebra seviyesinde 3. dekadan 6. dekada yükseklikte istatistiksel öneme sahip bir düşme vardır. Erkeklerde; L1, L2, L3, L4 ve L5 seviyelerinde vertebra anterior yükseklik değerleri 2. dekada diğer dekadlardan daha düşüktür. Ayrıca L1 vertebra seviyesinde 4. dekadan 6. dekada istatistiksel olarak anlamlı bir düşme vardır.

Şekil 4.1.1. Kadın Vertebral Anterior Yüksekliği



Şekil 4.1.2. Erkek Vertebral Anterior Yüksekliği



4.2. Vertebra posterior yüksekliği

Lumbal vertebraların posterior yüksekliğine ait elde edilen değerler Tablo 4.2. de verilmiştir. Seks ve yaş grupları (dekadlar) arasında görülen değişiklikler şu şekilde özetlenebilir.

Seviye Değişiklikleri; Genel olarak; kadınlarda L1'den L2'ye doğru yukarıdan aşağı bir yükseklik artışı, L2 den L5'e doğru yükseklik azalması gözlendi. Erkeklerde L1'den L3'ye doğru yukarıdan aşağı bir yükseklik artışı, L3 den L5'e doğru yükseklik azalması gözlendi.

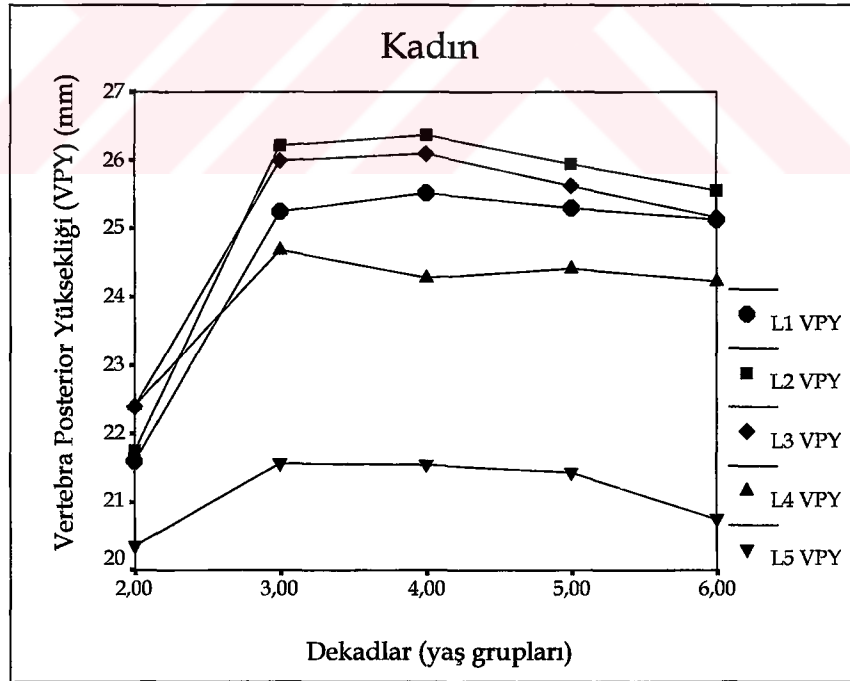
Yaş grupları arasında görülen değişiklikler; **Kadınlarda;** Vertebra posterior yükseklik değerleri yaş grupları arasında anlamlı farklar gösterdi. L1, L2, L3 ve L4 vertebra seviyesinde 2. dekaddaki yükseklik değerleri, diğer dekadlardan anlamlı olarak farklıydı. L5 vertebra seviyesinde anlamlı bir fark gözlenmedi. **Erkeklerde;** Vertebra posterior yükseklikleri bakımından yaş grupları arasındaki fark önemlidir. L1 vertebra seviyesinde 2. dekaddaki yükseklik değerleri diğer dekadlardan anlamlı olarak farklıydı. L2 vertebra seviyesinde 2. dekaddaki yükseklik değerleri diğer dekadlardan anlamlı olarak farklıydı. Ayrıca 4. dekad ile 6. dekaddaki değerlerde anlamlı olarak farklıydı. L3 vertebra seviyesinde 2. dekaddaki yükseklik değerleri diğer dekadlardan anlamlı olarak farklıydı. L4 vertebra seviyesinde 2. dekaddaki yükseklik değerleri diğer dekadlardan anlamlı olarak farklıydı. Ayrıca 3. dekad ile 5. ve 6. dekaddaki değerler, 4. dekad ile 5. ve 6. dekaddaki değerlerde anlamlı olarak farklıydı.

Sonuç olarak kadınlarda; L1, L2, L3 ve L4 seviyelerinde vertebra posterior yükseklik değerleri 2. dekadda diğer dekadlardan daha düşüktür. L5 de anlamlı bir fark gözlenmedi. Erkeklerde; L1, L2, L3, L4 ve L5 seviyelerinde vertebra posterior yükseklik değerleri 2. dekadda diğer dekadlardan daha düşüktür. Ayrıca L2 vertebra seviyesinde 4. dekaddan 6. dekada, L4 vertebra seviyesinde 3.dekaddan 5. ve 6. dekada ve 4. dekaddan 5. ve 6. dekada istatistiksel olarak anlamlı bir düşme vardır.

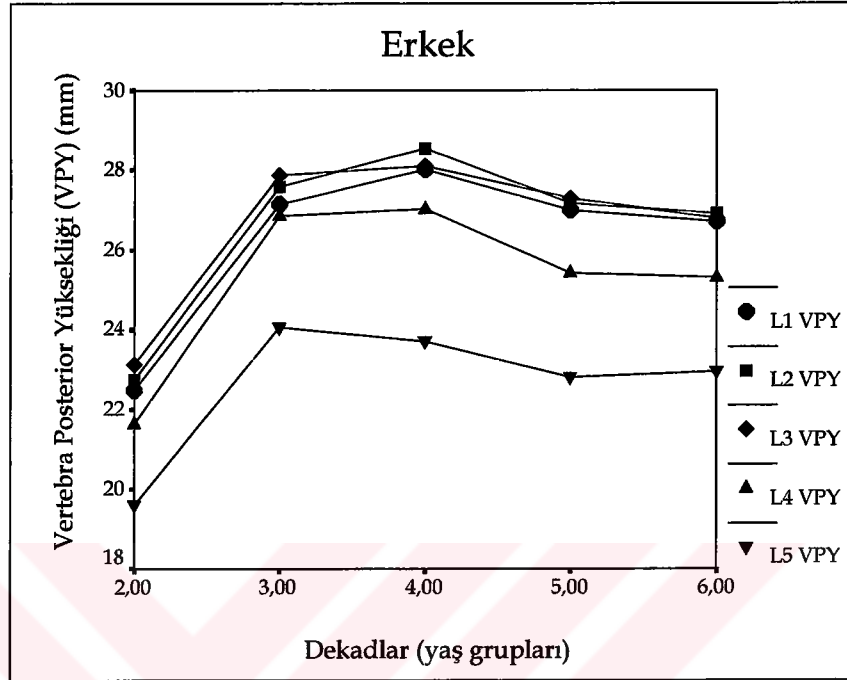
Tablo 4.2. Lumbal vertebra posterior yükseklik değerlerinin yaş grupları ve cinslere göre dağılımı (değerler milimetre olarak alınmıştır). E : Erkekler, K : kadınlar, Ort : Ortalama, SS : Standart Sapma

Vertebra	Cins	Vertebra Posterior Yüksekliği										F	P
		Yaş Grupları (Dekadlar)											
		10-19		20-29		30-39		40-49		50-↑			
		Ort	SS	Ort	SS	Ort	SS	Ort	SS	Ort	SS		
L ₁	E	22.4	4.1	27.1	2.3	28.0	2.0	26.9	1.6	26.7	2.1	15,641	,000
	K	21.5	3.2	25.2	2.3	25.5	1.8	25.2	1.4	25.1	1.6		
L ₂	E	22.7	4.7	27.5	2.0	28.5	2.0	27.1	1.8	26.9	2.1	15,078	,000
	K	21.7	3.3	26.2	1.8	26.3	1.7	25.9	1.7	25.5	1.5		
L ₃	E	23.1	4.8	27.8	2.2	28.1	2.2	27.3	2.2	26.8	1.6	11,917	,000
	K	22.3	3.3	26.0	2.1	26.0	1.8	25.6	2.0	25.1	2.2		
L ₄	E	21.6	4.3	26.8	2.6	27.0	2.2	25.4	1.8	25.3	1.4	15,316	,000
	K	22.4	4.3	24.6	1.8	24.2	1.9	24.4	1.7	24.2	2.0		
L ₅	E	19.6	4.2	24.0	2.3	23.7	1.9	22.8	1.9	22.9	1.9	10,400	,000
	K	20.3	3.6	21.5	2.5	21.5	1.9	21.4	1.8	20.7	2.0		

Şekil 4.2.1. Kadın Vertebra Posterior Yüksekliği



Şekil 4.2.2. Erkek Vertebra Posterior Yüksekliği



4.3. Disk anterior yüksekliği

İntervertebral disklerin anterior yüksekliğine ait elde edilen değerler Tablo 4.3. de verilmiştir. Seks ve yaş grupları (dekadlar) arasında görülen değişiklikler şu şekilde özetlenebilir.

Seviye değişiklikleri; Genel olarak; her iki cinsde ve her dekatta L1'den L5'e doğru yukarıdan aşağı bir yükseklik artışı görüldü. Ancak, kadınlarda L5-S1 intervertebral diskinde 2.dekatta bu artışa uygunluk göstermedi.

Yaş grupları arasında görülen değişiklikler; **Kadınlarda;** İntervertebral disk anterior yükseklikleri bakımından yaş grupları arasındaki fark önemlidir. L1-L2 İVDAY 2. dekad ile 5. dekadaki 3. dekad ile 5. ve 6. dekadaki, 4. dekad ile 5. dekadaki değerler anlamlı farklılık gösterdi. L2-L3 İVDAY 3. dekad ile 4., 5. ve 6. dekadaki değerler anlamlı farklılık gösterdi. L3-L4 İVDAY 2. dekad ile 4. ve 5. dekadaki değerler anlamlı farklılık gösterdi. L4-L5 İVDAY 2. dekad ile 5. dekad, 3. dekad ile 5. dekad ve 5. dekad ile 6. dekadaki değerler arasında anlamlı farklılıklar vardı. L5-S1 İVDAY 2. dekad ile 4., 5. ve 6. dekad, 3. dekad ile 5. ve 6. dekadaki

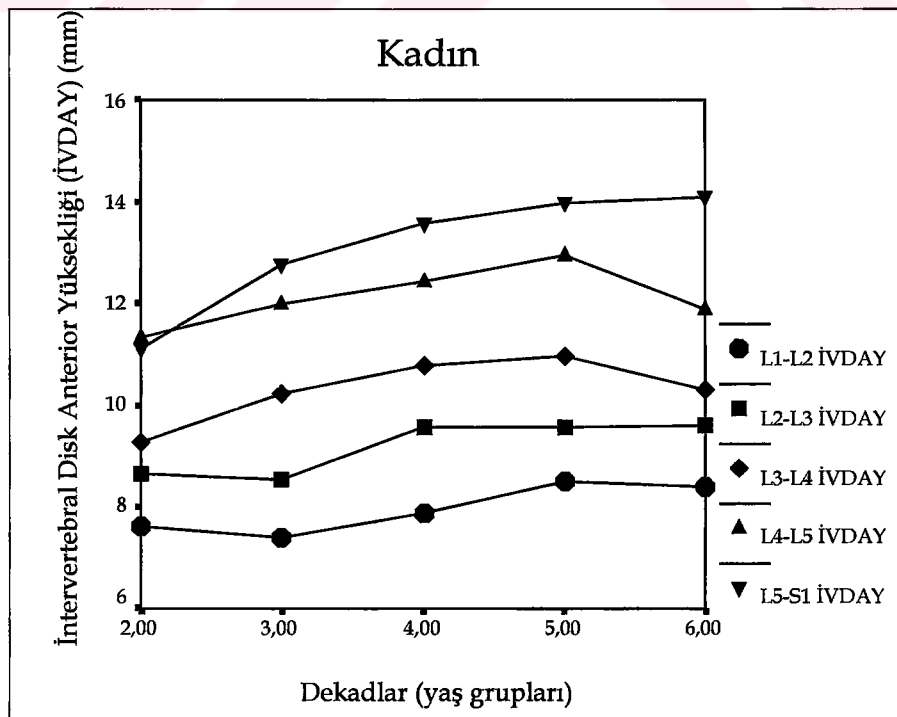
değerler anlamlı fark gösterdi. **Erkeklerde;** İntervertebral disk anterior yükseklikleri bakımından yaş grupları arasındaki fark önemlidir. L3-L4 İVDAY 4. dekad ile 5. dekaddaki değer anlamlı fark gösterdi. L4-L5 İVDAY 4. dekad ile 5. ve 6. dekaddaki değerler anlamlı fark gösterdi. L5-S1 İVDAY 2. dekad ile 3. ve 4. dekad, 3. dekad ile 5. ve 6. dekad ve 4. dekadla 5. ve 6. dekaddaki değerler anlamlı fark gösterdi.

Sonuç olarak kadınlarda; intervertebral disk anterior yüksekliği L1-L2 seviyesinde 2. dekattan 5. dekada, 3. dekattan 5. ve 6. dekada ve 4.dekattan 5. dekada istatistiksel olarak anlamlı bir yükselme gösterdi. L2-L3 seviyesinde 3. dekattan 4., 5. ve 6. dekada istatistiksel olarak anlamlı bir yükselme gösterdi. L3-L4 seviyesinde 2. dekattan 4. ve 5. dekadlara istatistiksel olarak anlamlı bir yükselme gösterdi. L4-L5 seviyesinde 2. dekattan 5. dekada, 3. dekattan 5. dekada istatistiksel olarak anlamlı yükselme ve 5. dekattan 6. dekada istatistiksel olarak anlamlı düşme gözlemlendi. L5-S1 seviyesinde 2. dekattan 4., 5. ve 6. dekadlara ve 3. dekattan 5. ve 6. dekadlara istatistiksel olarak anlamlı yükselme gösterdi. Erkeklerde; intervertebral disk anterior yüksekliği L3-L4 seviyesinde 4. dekattan 5. dekada istatistiksel olarak anlamlı bir yükselme gösterdi. L4-L5 seviyesinde 4. dekattan 5. ve 6. dekada istatistiksel olarak anlamlı bir yükselme gösterdi. L5-S1 seviyesinde 2. dekattan 3. ve 4. dekada düşme, 3. dekattan 5. ve 6. dekada ve 4. dekattan 5. ve 6. dekada yükselme istatistiksel olarak anlamlı bulundu.

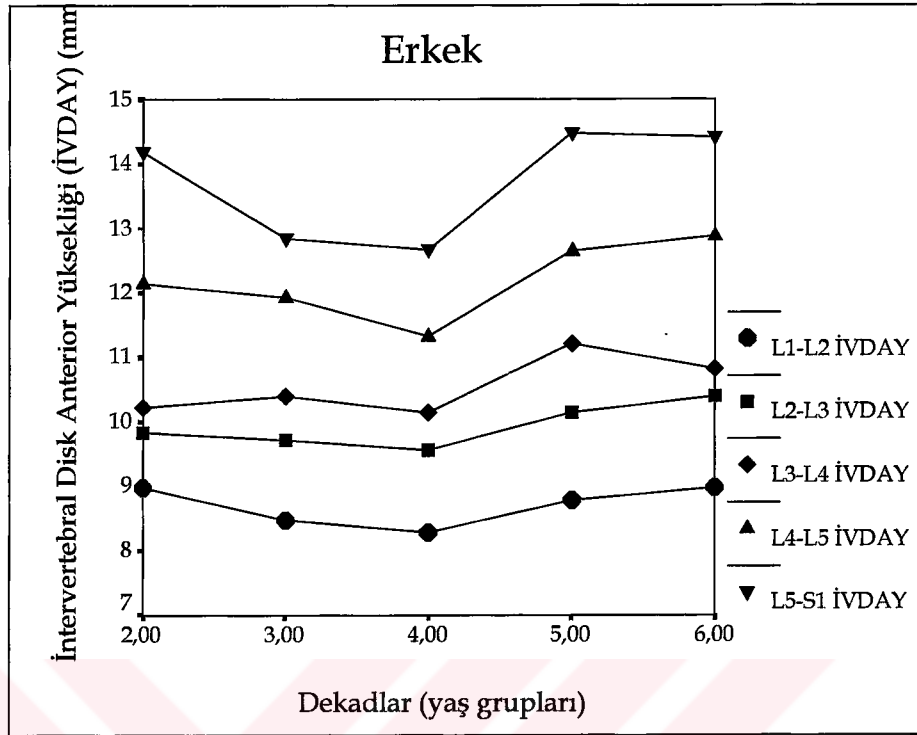
Tablo 4.3. Lumbal intervertebral disk anterior yükseklik değerlerinin yaş grupları ve cinslere göre dağılımı (değerler milimetre olarak alınmıştır). E : Erkekler, K : kadınlar, Ort : Ortalama, SS : Standart Sapma

Disk Seviyesi	Cins	Disk Anterior Yüksekliği										F	P
		Yaş Grupları (Dekadlar)											
		10-19		20-29		30-39		40-49		50-↑			
		Ort	SS	Ort	SS	Ort	SS	Ort	SS	Ort	SS		
L ₁ -L ₂	E	8.9	1.6	8.4	1.2	8.2	1.4	8.7	1.6	8.9	1.6	1,031	,394
	K	7.6	1.6	7.4	1.2	7.8	1.4	8.4	1.3	8,3	3.2	4,135	,003
L ₂ -L ₃	E	9.8	1.6	9.7	1.8	9.5	1.5	10.1	1.6	10.4	1.5	1,165	,329
	K	8.6	1.1	8.5	1.5	9.5	1.3	9.5	1.8	9.5	2.0	3,289	,013
L ₃ -L ₄	E	10.2	1.8	10.4	1.6	10.1	1.8	11.2	1.8	10.8	2.5	1,403	,237
	K	9.2	1.2	10.2	1.4	10.7	1.6	10.9	1.9	10.3	1.8	2,939	,022
L ₄ -L ₅	E	12.1	2.2	11.9	2.0	11.3	1.5	12.6	2.4	12.8	2.5	2,015	,096
	K	11.3	1.7	11.9	1.9	12.4	1.8	12.9	2.3	11.8	2.5	2,24	,066
L ₅ -S ₁	E	14.1	1.4	12.8	2.1	12.6	2.1	14.4	2.4	14.4	2.6	4,114	,004
	K	11.1	2.4	12.7	2.3	13.5	2.3	13.9	3.2	14.0	2.3	3,995	,004

Şekil 4.3.1. Kadın İntervertebral Disk Anterior Yüksekliği



Şekil 4.3.2. Erkek İntervertebral Disk Anterior Yüksekliği



4.4. Disk posterior yüksekliği

ntervertebral disklerin posterior yüksekliğine ait elde edilen değerler Tablo 4.4. de verilmiştir. Seks ve yaş grupları (dekadlar) arasında görülen değişiklikler şu şekilde özetlenebilir.

Seviye değişiklikleri; her iki cinsde ve her dekadda L1-L2'den L5-S1'e doğru yukarıdan aşağı doğru bir genelleme yapılamadı. Değişken bir durum mevcuttu.

Yaş grupları arasında görülen değişiklikler; **Kadınlarda;** İntervertebral disk posterior yükseklikleri bakımından yaş grupları arasındaki fark önemli değildi. **Erkeklerde;** İntervertebral disk posterior yükseklikleri bakımından yaş grupları arasındaki fark önemlidir. L1-L2 seviyesinde 2. dekad ile 3. ve 4. dekad ve 3. dekad ile 6. dekaddaki değerler istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdi. L2-L3 seviyesinde 2. dekad ile 3., 4., 5. ve 6. dekaddaki değerler arasında anlamlı bir fark vardı. L3-L4 seviyesinde 2. dekad ile 3. dekaddaki değer arasında anlamlı bir fark vardı. L4-L5 seviyesinde 2. dekad ile 3. ve 4. dekaddaki değerler, 3. dekad ile 5. ve 6. dekad ve 4. dekad ile 6. dekaddaki değerler anlamlı fark gösterdi. L5-S1 seviyesinde 2. dekad ile

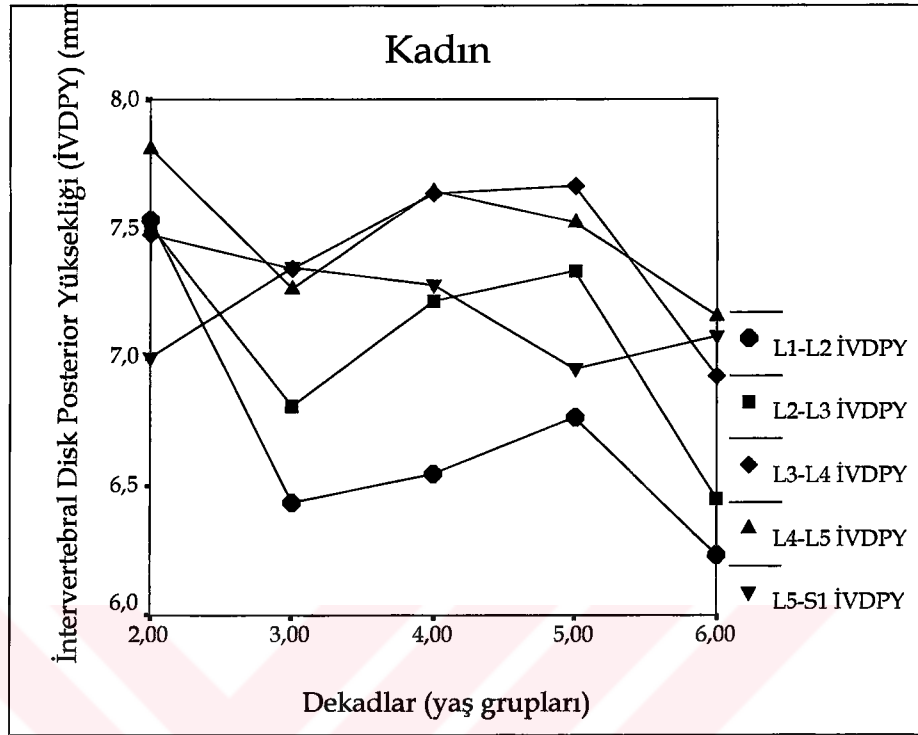
3., 4. ve 5. dekadlar, 3. dekad ile 6. dekad ve 4. dekad ile 5. ve 6. dekadlardaki değerler anlamlı bir fark gösterdi.

Sonuç olarak; Kadınlarda İntervertebral disk posterior yükseklikleri bakımından yaş grupları arasındaki fark önemli değildi. Erkeklerde L1-L2 seviyesinde 2. dekattan 3. ve 4. dekada düşme, 3. dekattan 6. dekada yükselme gözlemlendi. L2-L3 seviyesinde 2. dekattan 3., 4., 5. ve 6. dekada düşme gözlemlendi. L3-L4 seviyesinde 2. dekattan 3. dekada düşme gözlemlendi. L4-L5 seviyesinde 2. dekattan 3. ve 4. dekada düşme, 3. dekattan 5. ve 6. dekada yükselme ve 4. dekattan 6. dekada yükselme gözlemlendi. L5-S1 seviyesinde 2. dekattan 3., 4. ve 5. dekada düşme, 3. dekattan 6. dekada yükselme ve 4. dekattan 5. ve 6. dekada yükselme gözlemlendi.

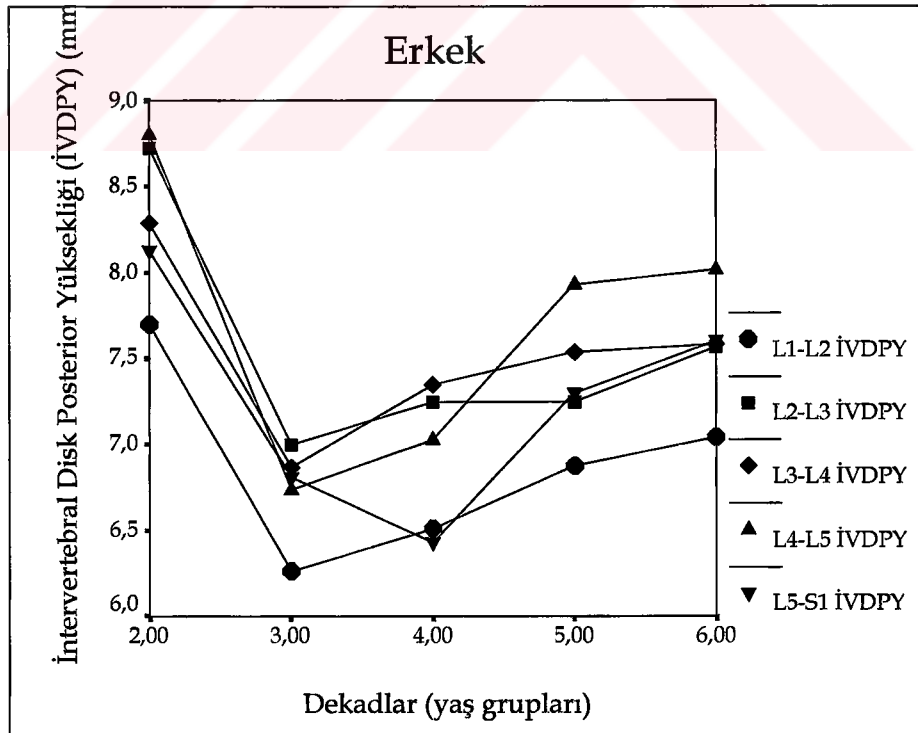
Tablo 4.4. Lumbal intervertebral disk posterior yükseklik değerlerinin yaş grupları ve cinslere göre dağılımı (değerler milimetre olarak alınmıştır). E : Erkekler, K : kadınlar, Ort : Ortalama, SS : Standart Sapma

Disk Seviyesi	Cins	Disk Posterior Yüksekliği										F	P
		Yaş Grupları (Dekadlar)											
		10-19		20-29		30-39		40-49		50-↑			
		Ort	SS	Ort	SS	Ort	SS	Ort	SS	Ort	SS		
L ₁ -L ₂	E	7.6	1.3	6.2	1.4	6.5	1.4	6.8	1.3	7.0	1.5	3,415	,011
	K	7.5	1.0	6.4	1.6	6.5	1.4	6.7	1.5	6.2	1.4	1,886	,115
L ₂ -L ₃	E	8.7	1.4	7.0	1.2	7.2	1.4	7.2	1.5	7.5	1.4	4,771	,001
	K	7.5	1.7	6.8	1.3	7.2	1.3	7.3	1.7	6.4	1.4	2,376	,054
L ₃ -L ₄	E	8.2	1.5	6.8	1.6	7.3	1.5	7.5	1.7	7.5	1.9	2,117	,082
	K	7.4	1.5	7.3	1.7	7.6	1.3	7.6	1.6	6.9	1.6	1,346	,255
L ₄ -L ₅	E	8.8	1.3	6.7	1.5	7.0	1.3	7.9	2.2	8.0	2.0	5,294	,001
	K	7.8	1.6	7.2	1.5	7.6	1.5	7.5	1.7	7.1	2.0	,637	,637
L ₅ -S ₁	E	8.1	1.4	6.8	1.1	6.4	1.1	7.2	1.3	7.6	1.6	5,582	,000
	K	7.0	1.5	7.3	1.7	7.2	1.2	6.9	1.4	7.0	1.6	,471	,757

Şekil 4.4.1. Kadın İntervertebral Disk Posterior Yüksekliği



Şekil 4.4.2. Erkek İntervertebral Disk Posterior Yüksekliği



4.5. Disk derinliği (anteroposterior uzunluk)

İntervertebral disklerin anteroposterior uzunluğuna ait elde edilen değerler Tablo 4.5. de verilmiştir. Seks ve yaş grupları (dekadlar) arasında görülen değişiklikler şu şekilde özetlenebilir.

Seviye değişiklikleri; Genel olarak; her iki cinsde ve her dekadda L1-L2 aralığından L5-S1'e doğru yukarıdan aşağı bir derinlik artışı görüldü. Ancak her iki cinsde ve her dekadda L5-S1 seviyesinde derinlik azalması görüldü.

Yaş grupları arasında görülen değişiklikler; **Kadınlarda;** L1-L2 seviyesindeki disk derinliği 2. dekad ile 3., 4., 5. ve 6. dekaddaki değerler arasında anlamlı fark vardır. L2-L3 seviyesindeki disk derinliği 2. dekad ile 3., 4., 5. ve 6. dekaddaki değerler, 4. dekad ile 5. ve 6. dekaddaki değerler arasında anlamlı fark vardır. L3-L4 seviyesindeki disk derinliği 2. dekad ile 3., 4., 5. ve 6. dekaddaki değerler, 3. dekad ile 6. dekaddaki değerler, 4. dekad ile 6. dekaddaki değer ve 5. dekad ile 6. dekaddaki değer anlamlı bir fark gösterdi. L4-L5 seviyesindeki disk derinliği 2. dekad ile 3., 4., 5. ve 6. dekadlardaki değerler, 3. dekad ile 6. dekaddaki değerler, 4. dekad ile 6. dekaddaki değer ve 5. dekad ile 6. dekaddaki değerler arasında anlamlı fark gösterdi. L5-S1 seviyesindeki disk derinliği 2. dekad ile 3., 4., 5. ve 6. dekadlardaki değerler, 3. dekad ile 6. dekaddaki, 4. dekad ile 6. dekaddaki ve 5. dekad ile 6. dekaddaki değerler arası anlamlı fark gösterdi. **Erkeklerde;** intervertebral disk derinliği yaş grupları arasında önemli fark gösterdi. L1-L2 seviyesindeki disk derinliği 2. dekad ile 4., 5. ve 6. dekaddaki değerler, 3. dekad ile 5. ve 6. dekaddaki değerler arasında anlamlı fark vardır. L2-L3 seviyesindeki disk derinliği 2. dekad ile 4., 5. ve 6. dekaddaki değerler, 3. dekad ile 5. ve 6. dekaddaki değerler anlamlı fark gösterdi. L3-L4 seviyesindeki disk derinliği 2. dekad ile 4., 5. ve 6. dekaddaki değerler, 3. dekad ile 5. ve 6. dekaddaki değerler, 4. dekad ile 5. dekaddaki değerler anlamlı fark gösterdi. L4-L5 seviyesindeki disk derinliği 2. dekad ile 4., 5. ve 6. dekaddaki değerler, 3. dekad ile 5. ve 6. dekaddaki değerler, 4. dekad ile 5. dekaddaki değerler arasında anlamlı fark gözlendi. L5-S1 seviyesindeki disk derinliğinde 2. dekad ile 3., 4., 5. ve 6. dekaddaki değerler, 3. dekad ile 5. ve 6. dekaddaki değerler arasında anlamlı fark vardı.

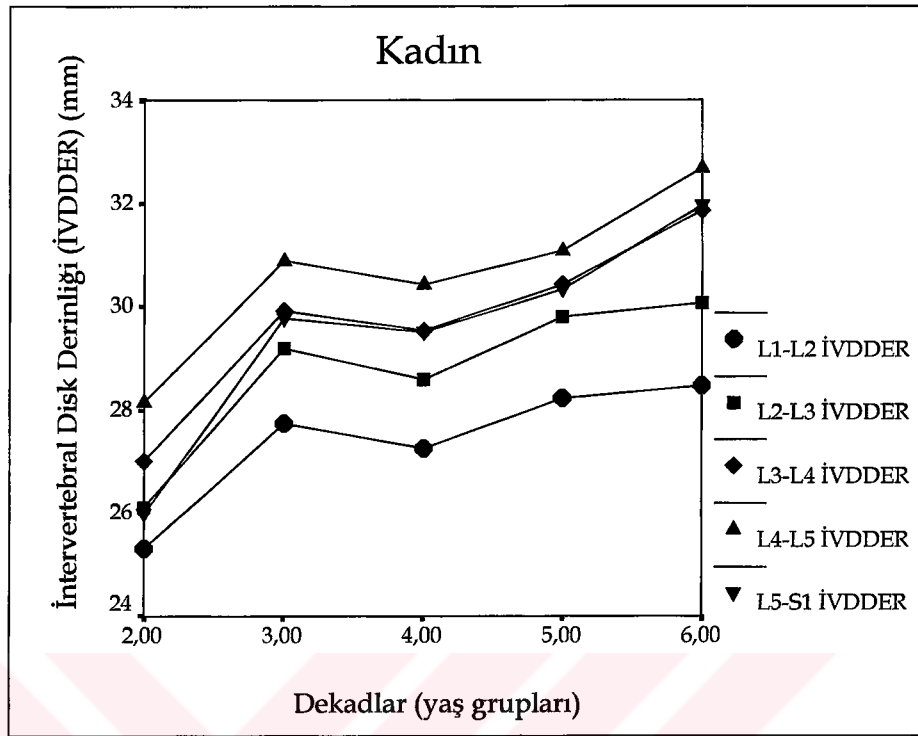
Sonuç olarak; Kadınlarda; L1-L2 seviyesindeki disk derinliği 2. dekadda 3., 4., 5. ve 6. dekaddan daha düşüktür. L2-L3 seviyesindeki disk derinliği 2. dekadda

3., 4., 5. ve 6. dekattan, 4. dekatta 5. ve 6. dekattan daha düşüktür. L3-L4 seviyesindeki disk derinliği 2. dekatta 3., 4., 5. ve 6. dekattan, 3. dekatta 6. dekattan, 4. dekatta 6. dekattan ve 5. dekatta 6. dekattan daha düşüktür. L4-L5 seviyesindeki disk derinliği 2. dekatta 3., 4., 5. ve 6. dekattan, 3. dekatta 6. dekattan, 4. dekatta 6. dekattan ve 5. dekatta 6. dekattan daha düşüktür. L5-S1 seviyesindeki disk derinliği 2. dekatta 3., 4., 5. ve 6. dekattan, 3. dekatta 6. dekattan, 4. dekatta 6. dekattan ve 5. dekatta 6. dekattan daha düşüktür. Erkeklerde; L1-L2 seviyesindeki disk derinliği 2. dekatta 4., 5. ve 6. dekattan ve 3. dekatta 5. ve 6. dekattan daha düşüktür. L2-L3 seviyesindeki disk derinliği 2. dekatta 4., 5. ve 6. dekattan, 3. dekatta 5. ve 6. dekattan daha düşüktür. L3-L4 seviyesindeki disk derinliği 2. dekatta 4., 5. ve 6. dekattan, 3. dekatta 5. ve 6. dekattan, 4. dekatta 5. dekattan daha düşüktür. L4-L5 seviyesindeki disk derinliği 2. dekatta 4., 5. ve 6. dekattan, 3. dekatta 5. ve 6. dekattan, 4. dekatta 5. dekattan daha düşüktür. L5-S1 seviyesindeki disk derinliği 2. dekatta 3., 4., 5. ve 6. dekattan, 3. dekatta 5. ve 6. dekattan daha düşüktür.

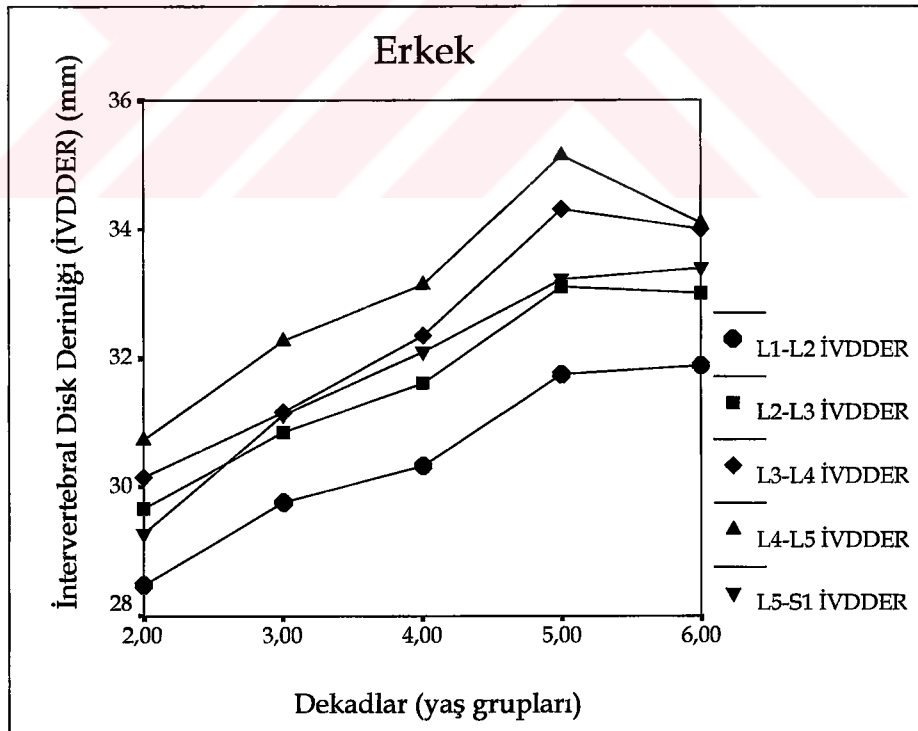
Tablo 4.5. Lumbal intervertebral disk derinlik değerlerinin yaş grupları ve cinslere göre dağılımı (değerler milimetre olarak alınmıştır). E : Erkekler, K : kadınlar, Ort : Ortalama, SS : Standart Sapma

Disk Seviyesi	Cins	Disk Derinliği (Anteroposterior Uzunluk)										F	P
		Yaş Grupları (Dekadlar)											
		10-19		20-29		30-39		40-49		50-↑			
		Ort	SS	Ort	SS	Ort	SS	Ort	SS	Ort	SS		
L ₁ -L ₂	E	28.4	4.5	29.7	2.5	30.3	2.4	31.7	2.6	31.8	2.9	5,340	,001
	K	25.3	3.1	27.7	2.2	27.2	2.4	28.2	2.7	28.4	3.3	3,688	,007
L ₂ -L ₃	E	29.6	4.9	30.8	2.5	31.6	3.0	33.1	2.4	33.0	2.9	5,190	,001
	K	26.1	3.3	29.2	2.7	28.5	2.1	29.7	2.9	30.0	3.3	5,355	,000
L ₃ -L ₄	E	30.1	4.3	31.1	2.7	32.3	2.8	34.3	2.6	33.9	2.9	8,487	,000
	K	27.0	3.8	29.9	2.7	29.5	2.0	30.4	2.7	31.8	3.2	7,813	,000
L ₄ -L ₅	E	30.7	4.4	32.2	2.7	33.1	2.5	35.1	2.7	34.1	2.5	7,782	,000
	K	28.1	4.3	30.8	2.6	30.4	2.2	31.0	3.1	32.6	3.0	6,201	,000
L ₅ -S ₁	E	29.2	5.2	31.1	2.7	32.0	2.8	33.2	2.7	33.4	2.5	6,365	,000
	K	25.9	3.2	29.7	2.4	29.5	2.4	30.3	2.5	31.9	2.6	12,639	,000

Şekil 4.5.1. Kadın İntervertebral Disk Derinliği



Şekil 4.5.2 Erkek İntervertebral Disk Derinliği



4.6. Kama (wedge) indeksi

Disk şeklindeki değişiklikleri kama (wedge) indeksini kullanarak değerlendirdik. Değerler disklerin kamalaşma derecesiyle doğrudan orantılıdır. (Tablo 4.6., Şekil 4.6.1. ve Şekil 4.6.2.)

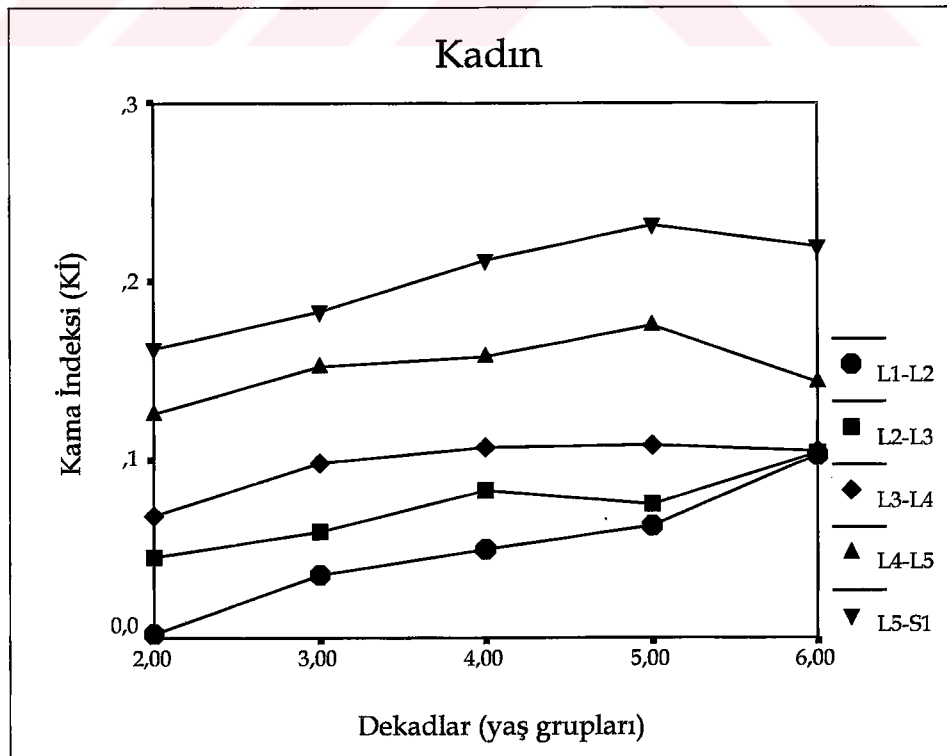
Genel olarak; Kadınlarda; bütün dekadlarda kama indeksinde yukarıdan aşağıya bir artış görüldü. Kadın disklerinde, genellikle, 4. dekattan sonra daha fazla kamalaşma görüldü. Değişiklikler proksimalde yerleşen disklerden ziyade kaudalde yerleşenlerde daha belirgindi. Kadınlarda L2-L3 seviyesinde 5.dekatta, L4-L5 seviyesinde 6. dekatta ve L5-S1 seviyesinde 6. dekatta düşme hariç yaş ile kamalaşma sürekli bir artış gösterdi. Erkeklerde; benzer şekilde 2. dekad L2-L3 seviyesi dışında bütün dekadlarda kama indeksinde yukarıdan aşağıya bir artış görüldü. Erkeklerde 2.-3. dekadlar arası kamalaşmada artış, 3.-4. dekadlar arası kamalaşmada azalma, 4.-5. dekadlar arası kamalaşmada tekrar artış eğilimi görüldü.

Kadınlarda; L1-L2 seviyesindeki disk kama indeksi değeri 2.-4., 2.-5., 2.-6., 3.-5., 3.-6. ve 4.-6. dekadlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdi.. L2-L3 seviyesindeki disk kama indeksi değeri 2.-4., 2.-6., 3.-6. ve 5.-6. dekadlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdi. L3-L4 seviyesindeki disk kama indeksi değeri 2.-4., 2.-5. ve 2.-6. dekadlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdi. L4-L5 seviyesindeki disk kama indeksi değeri 2.-5.ve 5.-6. dekadlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdi. L5-S1 seviyesindeki disk kama indeksi değeri 2.-5., 2.-6., 3.-5. ve 3.-6. dekadlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdi. **Erkeklerde;** L1-L2 seviyesindeki disk kama indeksi değeri 2.-3.dekadlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdi. L2-L3 seviyesindeki disk kama indeksi değeri 2.-3., 2.-4., 2.-5. ve 2.-6. dekadlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdi. L3-L4 seviyesindeki disk kama indeksi değeri 2.-3. dekadlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdi. L4-L5 seviyesindeki disk kama indeksi değeri 2.-3., 2.-5. ve 2.-6. dekadlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdi. L5-S1 seviyesindeki disk kama indeksi değeri istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı.

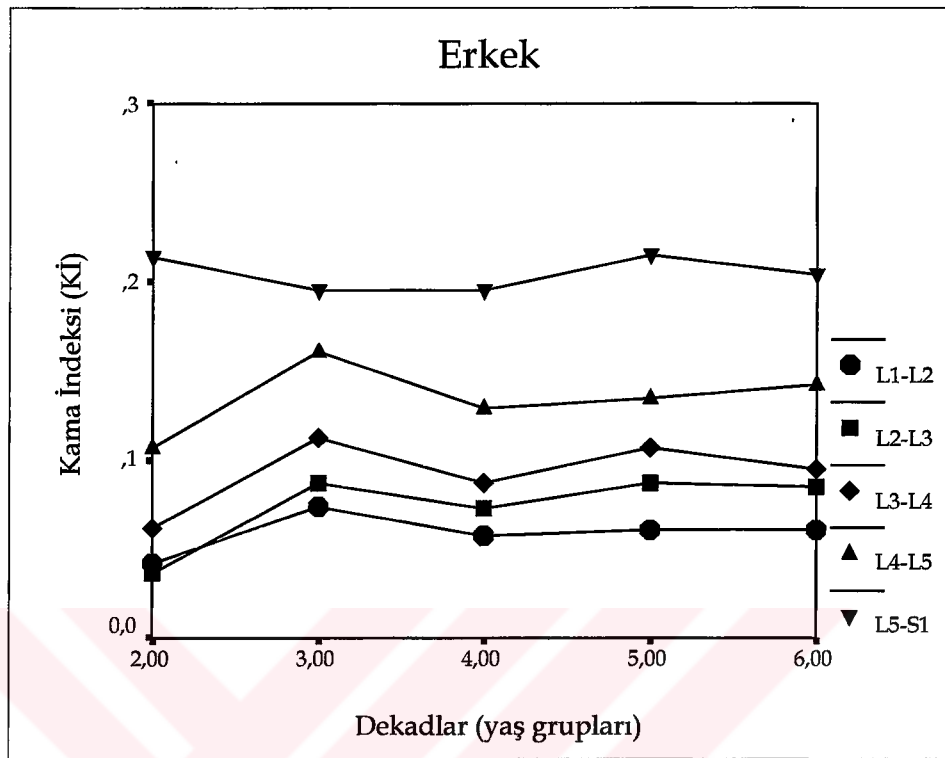
Tablo 4.6. Lumbal intervertebral disklerin kama indeksi değerlerinin yaş grupları ve cinslere göre dağılımı. E : Erkekler, K : kadınlar, Ort : Ortalama

Disk Seviyesi	Cins	Kama (wedge) İndeksi					F	P
		Yaş Grupları (Dekadlar)						
		10-19	20-29	30-39	40-49	50-↑		
		Ort	Ort	Ort	Ort	Ort		
T ¹ -T ¹²	E	0,04	0,07	0,05	0,06	0,06	1,365	0,250
	K	0,00	0,03	0,04	0,06	0,07	6,206	0,000
T ¹² -T ¹	E	0,03	0,08	0,07	0,08	0,08	3,559	0,009
	K	0,04	0,05	0,08	0,07	0,10	3,945	0,004
T ¹² -L ¹	E	0,06	0,11	0,08	0,10	0,09	2,686	0,34
	K	0,06	0,09	0,10	0,10	0,10	1,511	0,201
L ¹ -L ⁵	E	0,10	0,16	0,12	0,13	0,14	2500	0,046
	K	0,12	0,15	0,15	0,17	0,14	2,308	0,060
L ⁵ -S ¹	E	0,21	0,19	0,19	0,21	0,20	0,463	0,763
	K	0,16	0,18	0,21	0,23	0,21	3,265	0,013

Şekil 4.6.1. Kadınlarda Kama İndeksi



Şekil 4.6.2. Erkeklerde Kama İndeksi



4.7. Relatif yükseklik indeksi

Komşu vertebra cisim yüksekliğinde oluşan değişiklikler ile disk yüksekliğinde oluşan değişiklikleri karşılaştırmak için relatif yükseklik indeksini kullandık. (Tablo 4.7., Şekil 4.7.1., 4.7.2.)

Sonuçlar hem erkekler hem de kadınlarda disk kalınlığı ve vertebral cismin yüksekliği arasında bütün seviyelerde sabit bir ilişkinin durumunu koruduğunu ortaya koydu. Bu açıkça diskte oluşan değişikliklerin vertebral cismin yüksekliğindeki değişiklikler ile uyumlu olduğunu gösteriyor.

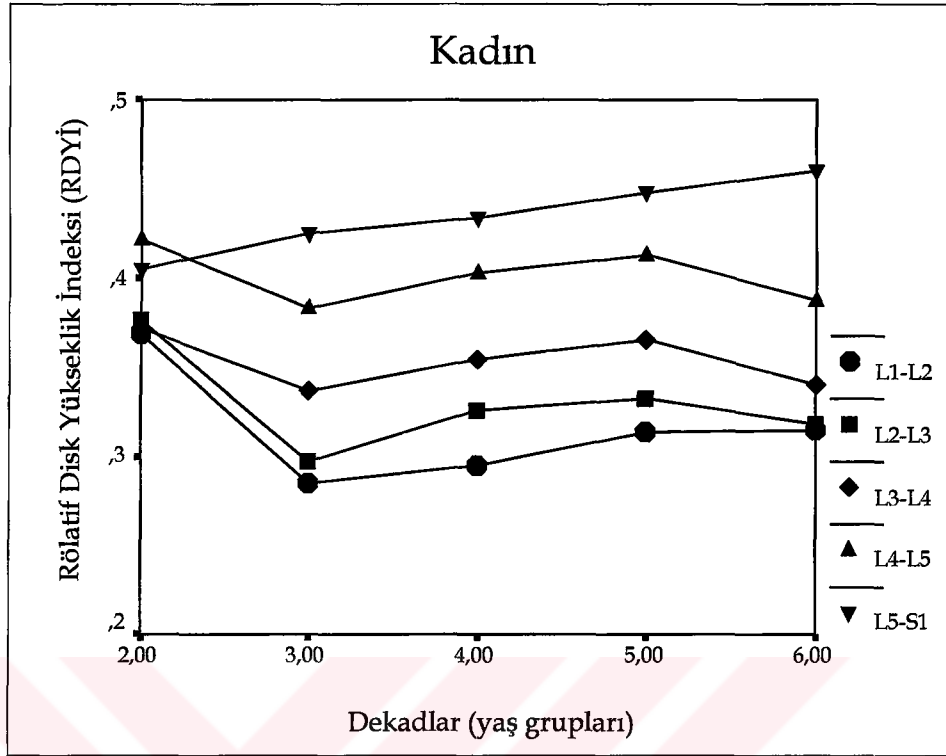
Kadınlarda; L1-L2 seviyesinde rölatif disk yükseklik değerleri 2.-3., 2.-4., 2.-5., 2.-6. ve 3.-5. dekadlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdi. L2-L3 seviyesinde rölatif disk yükseklik değerleri 2.-3., 2.-4., 2.-5., 2.-6., 3.-4. ve 3.-5. dekadlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdi. L3-L4 seviyesinde rölatif disk yükseklik değerleri 3.-5. dekadlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdi. **Erkeklerde;** L1-L2 seviyesinde rölatif disk yükseklik değerleri 2.-3., 2.-4., 2.-5., 2.-6. ve 4.-6. dekadlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdi. L2-L3 seviyesinde rölatif disk yükseklik değerleri 2.-3., 2.-4., 2.-5., 2.-6., 3.-6. ve 4.-6.

dekadlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdi. L3-L4 seviyesinde rölatif disk yükseklik değerleri 2.-3., 2.-4., 2.-5. ve 2.-6. dekadlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdi. L4-L5 seviyesinde rölatif disk yükseklik değerleri 2.-3., 2.-4., 2.-5., 2.-6., 3.-5., 3.-6., 4.-5. ve 4.-6. dekadlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdi. L5-S1 seviyesinde rölatif disk yükseklik değerleri 2.-3., 2.-4., 2.-5., 2.-6., 3.-5., 3.-6., 4.-5. ve 4.-6. dekadlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdi.

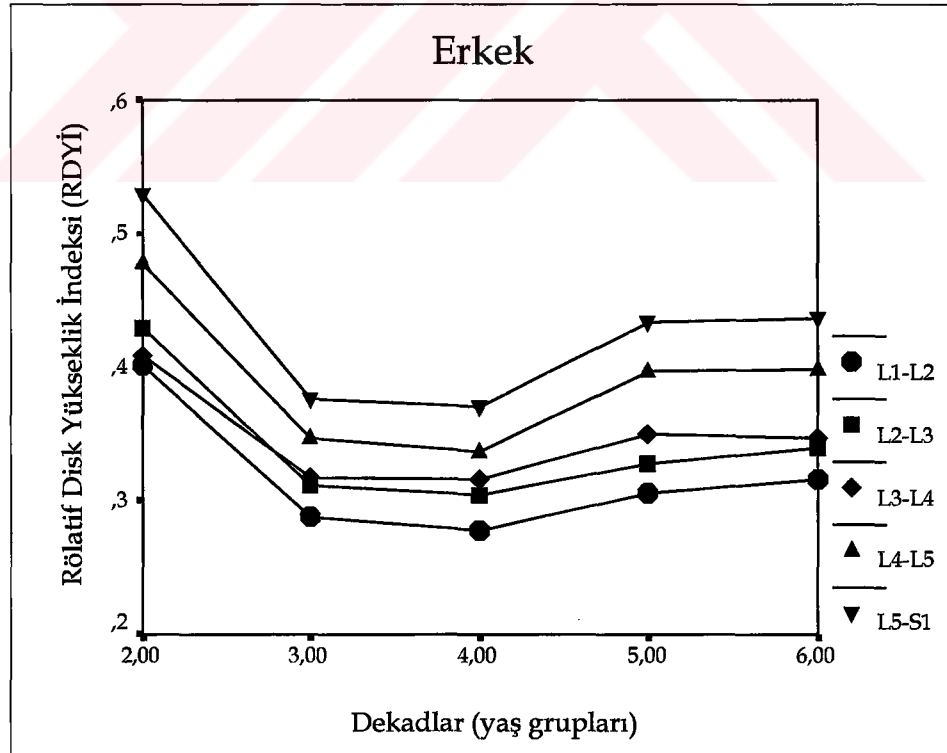
Tablo 4.7. Lumbal intervertebral disklerin rölatif yükseklik değerlerinin yaş grupları ve cinslere göre dağılımı E : Erkekler, K : kadınlar, Ort : Ortalama

Disk Seviyesi	Cins	Relatif Disk Yükseklik İndeksi					F	P
		Yaş Grupları (Dekadlar)						
		10-19	20-29	30-39	40-49	50-↑		
		Ort	Ort	Ort	Ort	Ort		
L ¹ -L ²	E	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3	15,513	0,000
	K	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	4,579	0,002
L ² -L ³	E	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	18,788	0,000
	K	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	4,425	0,002
L ³ -L ⁴	E	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	7,236	0,000
	K	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1,608	0,175
L ⁴ -L ⁵	E	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	11,703	0,000
	K	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	1,370	0,246
L ⁵ -S ¹	E	0,5	0,3	0,3	0,4	0,4	19,825	0,000
	K	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,376	0,244

4.7.1. Kadınlarda Rölatif Disk Yükseklik İndeksi



4.7.2. Erkeklerde Rölatif Disk Yükseklik İndeksi



5. TARTIŞMA

Vertebralara, muhtemelen vücudun değişen ihtiyacına cevap olarak, hayat boyunca sürekli büyüme ve remodelizasyon geçirirler (Eriksen, 1976; Prêteux ve ark., 1985). Porter, Adams ve Hutton tarafından ortaya konan destekleyici kinematik delil gösterdi ki; 18 yaş ve üzerindeki bireylerde, artan fiziksel aktivite lumbal vertebra ve intervertebral disklerin artan dayanıklılığı ile birlikte (Porter ve ark., 1989).

Vertebra ve diske ait parametrelerde yaş ve cins faktörüne bağlı değişiklikler görüldü. Parametre değerleri bazı dekadlarda yükselirken bazı dekadlarda düşme gösterdi. Değişikliklerin yaş ve cinsle ilişkili yapısı ve çeşitli parametrelerde artma ve azalma gerçeği, bunların muhtemelen columna vertebralis üzerinde değişen fonksiyonel ve fiziksel taleplerin belirlediği normal değişiklikler olduğunu ortaya koymaktadır (Amonoo-Kuofi, 1991). Doğumdan tam olgunluğa, intervertebral diskler içinde biyokimyasal, histolojik, gros morfolojik, arteriyografik ve fonksiyonel değişiklikler karmaşık, sürekli, karşılıklı etkileşim gösterilebilir (Humzah ve Soames, 1988). Deliller bu değişikliklerin 3. dekada zirveye ulaştığını ortaya koymaktadır. Hormonal ve genetik düzenleyici faktörlerin katkısı olabileceği düşünülmektedir. Değişiklikler muhtemelen büyüme ve remodelizasyon ile ilgili mekanizmaları yansıtmaktadır (Humzah ve Soames, 1988; Taylor, 1975).

Yaşlanmanın omurga boyunda kısalma ile birlikte olduğunu bildiren çalışmalar vardır (Eriksen, 1976; Vernon-Roberts ve Pirie, 1977; Twomey ve Taylor, 1985). Bu kısalmaya disklerin olası katkısı farklı olarak rapor edildi. Bir çalışmaya göre yaşla birlikte görülen boyda kısalma büyük ölçüde discus intervertebralis'in yüksekliğindeki azalma ile ilgilidir (Vernon-Roberts ve Pirie, 1977). Diğer yandan yaşla birlikte discus intervertebralis'lerin yüksekliğinde artma olduğunu savunan araştırmacılara göre, boyda kısalma vertebra yüksekliğinde azalmaya bağlıdır (Twomey ve Taylor, 1985). Başka bir kantitatif çalışma gösterdi ki disk yüksekliği genellikle durumunu korumakta veya hatta seçilmemiş normal populasyonda ileri yaşta artmaktadır (Oda ve ark., 1988). Amonoo-Kuofi anterior ve posterior yüksekliklerin 5. dekada kadar devamlı arttığını ve daha sonra azaldığını bildirmiştir (Amonoo-Kuofi, 1991). Frobin ve arkadaşları 17-57 yaşlar arasında erkeklerin

lumbal disklerinin T12-L1'den L5-S1'e yüksekliğinin artan yaşla doğrusal arttığını bulmuşlardır. İntervertebral disklerden L4-L5 seviyesindeki yüksekliğini ileri yaş grubunda (50-60) genç yaş grubundakinden (20-30) önemli derecede daha büyük bulmuşlardır (Frobin ve ark., 1997). 69 yaşından sonra işaret edilen disk yüksekliğindeki azalma Vernon-Roberts ve Pirie'nin varsayımını desteklediği görülmektedir (Vernon-Roberts ve Pirie, 1977).

Postacchini ve arkadaşları (Postacchini ve ark., 1983) 63 İtalyan ve 58 Hintliye ait toplam 121 yetişkin iskeletinin lumbal vertebralarında ölçüm yapmışlardır. İtalyanlarda ortalama 27.8 ± 3.4 mm, Hintlilerde 22.6 ± 1.2 mm bulmuşlardır. L1'den L5'e doğru vertebra yüksekliği hem İtalyanlarda hem de Hintlilerde arttığını belirtmişlerdir. Scoles ve arkadaşları 25 erkek ve 25 kadından elde ettikleri L1, L2, L5 omurlarından yaptıkları ölçümlerde, corpus vertebrae'nın frontal plandaki ön yüksekliğini erkekler için 27.4 ± 1.4 mm, kadınlar için 27.4 ± 1.4 mm olarak bulmuşlardır (Scoles ve ark., 1988). Berry ve arkadaşları (Berry ve ark., 1987) 30 iskelette cins ayrımı yapmaksızın, tüm lumbal omurları kapsayan toplam 150 vertebrada bu yüksekliği, ortalama 26.22 ± 1.9 mm olarak ölçmüşlerdir. Gilad ve Nissan sağlıklı erkeklerden çekilen 157 röntgen filminde lumbal vertebra yüksekliğini ortalama 27.2 ± 2.17 mm olarak ölçmüşlerdir (L1 vertebra seviyesinde ortalama 26.2 ± 2.1 mm, L2 vertebra seviyesinde ortalama 27.6 ± 2.0 mm, L3 vertebra seviyesinde ortalama 27.9 ± 2.1 mm, L4 vertebra seviyesinde ortalama 27.2 ± 2.2 mm ve L5 vertebra seviyesinde ortalama 27 ± 2.3 mm) (Gilad ve Nissan, 1986). Marchesi ve arkadaşları (Marchesi ve ark., 1988) 96 lumbal vertebranın yükseklik ortalamasını 27.8 ± 1.5 mm olarak bulmuşlardır. Fidan çalışmasında Vernier kumpas kullanarak yaptığı ölçümlerde 27.01 ± 2.2 olarak tespit etmiştir (Fidan, 1991). Bizim çalışmamızda Türklerde kadın, erkek ve lumbal omur sırası gözetmeksizin yaptığımız ölçümlerde vertebra yükseklik ortalamasını 25.2 ± 2.5 olarak tespit ettik. Erkeklerde ortalama 25.8 ± 2.9 , kadınlarada ortalama 24.7 ± 2.1 olarak bulundu. Erkeklerde L1'den L5'e doğru yükseklik artış gösterirken kadınlarda L1'den L5'e doğru; L1-L3 arası artış, L3-L4 arası düşüş ve L4-L5 arası tekrar artış gösterdi. Vertebra yükseklik değerleri etnik gruplar arasında önemli fark göstermektedir (Postacchini ve ark., 1983).

Omurga ve onun patolojisinin antropometrisi ile ilgilenen çalışmaların büyük çoğunluğu tek vertebranın, belirli kısımların ya da omurganın bir bütün olarak açılanmasını ölçmekte, karşılaştırmakta ve analizini yapmaktadır. Spinal patolojilerin pek çoğu açılmal ölçümlerle tanımlanır. Klinisyenlerin açılmal ölçümlere alışkın olmasının sonucu olarak omurga açılmasıyla ilgili olarak çeşitli veri bankaları vardır (Gilad ve Nissan, 1986). Vertebra ölçülerini çalışmak, vertebranın geometrik modellemesi için yararlı olacak bilgiler sağlayacaktır. Böyle bilgiler çok sayıda potansiyel uygulamaya sahiptir. Omurganın biyomekanik ve ergonomik analizleri sıklıkla omurganın ölçülerine gereksinim duyar (Berry ve ark., 1987).

Erkekler ve kadınlar birlikte ele alındığında, L1 (anterior yükseklik: 23.6 ± 2.3 mm, posterior yükseklik: 25.6 ± 2.6 mm), L2 (anterior yükseklik: 25.2 ± 2.5 mm, posterior yükseklik: 26.2 ± 2.6 mm), L3 (anterior yükseklik: 26.0 ± 2.4 mm, posterior yükseklik: 26.1 ± 2.7 mm), L4 (anterior yükseklik: 25.8 ± 2.5 mm, posterior yükseklik: 24.7 ± 2.6 mm) ve L5 (anterior yükseklik: 26.5 ± 2.7 mm, posterior yükseklik: 21.9 ± 2.6 mm) vertebraların anterior ve posterior yükseklikleri değerlendirildiğinde L1, L2 ve L3 vertebra seviyelerinde posterior değerler daha yüksekti. L4 ve L5 vertebra seviyelerinde anterior değerler daha yüksekti. Vertebra anterior yükseklikleri göz önüne alındığında, 2. dekada bütün seviyelerde kadınlardaki değerler daha yüksek iken, geriye kalan 3., 4., 5. ve 6. dekalarda bütün seviyelerde erkeklerdeki değerler daha yüksekti. Vertebra posterior yükseklikleri göz önüne alındığında, 2. dekad L4 ve L5 seviyesi hariç, bütün dekalarda ve bütün seviyelerde erkeklerdeki değerler daha yüksekti. Oysa Aharinejad ve arkadaşları sadece L1 seviyesinde vertebra posterior değerini daha yüksek bulmuşlar, L2, L3, L4 ve L5 seviyelerinde anterior yüksekliklerini, posterior yüksekliklerden daha yüksek bulmuşlardır (Aharinejad ve ark., 1990).

Disk dejenerasyonu ve yaşlanmanın kaçınılmaz olarak intervertebral disk mesafesinde daralmayla sonuçlandığı belirtilmektedir (Vernon-Roberts ve Pirie, 1977; Butler ve ark., 1990; Ylikoski ve Tallroth, 1990). Bu önemli klinik anlama sahiptir, Çünkü ağrı hem diskin kendisinden hem de faset eklemlerde artan basınçtan ortaya çıkmaktadır (Dunlop ve ark., 1984). Ancak, öteki çalışmalar, disk mesafe daralması ve dejenerasyon veya yaşlanma arasında bir ilişkiyi doğrulamamıştır (Nachemson ve ark., 1979). Farklı yaş gruplarından 615 hastanın düz yan

radıyografılerinin serisinde, Amonoo-Kuofi anterior ve posterior yüksekliklerin 5. dekada kadar sürekli bir şekilde arttığını ve bundan sonra düştüğünü bulmuştur (Amonoo-Kuofi, 1991). Twomey ve Taylor iki yaş grubundan (20-35 yaşlar ve 60 yaş üzeri) örneklerin radyografilerini karşılaştırdı ve yaş ile disk yüksekliğinde açık bir artma eğilimi bildirmiştir (Twomey ve Taylor, 1985).

Çalışmamızda disk anterior ve posterior yükseklik mesafeleri ölçüldü. Disk anterior yüksekliği kadınlarda sadece 2. dekadaki lumbosacral disk (L5-S1), dışında, bütün disklerde yukarıdan aşağıya bir artış gösterdi. Kadınlarda; intervertebral disk anterior yüksekliği L1-L2 seviyesinde 2. dekadan 5. dekada, 3. dekadan 5. ve 6. dekada ve 4.dekadan 5. dekada istatistiksel olarak anlamlı bir yükselme gösterdi. L2-L3 seviyesinde 3. dekadan 4., 5. ve 6. dekada istatistiksel olarak anlamlı bir yükselme gösterdi. L3-L4 seviyesinde 2. dekadan 4. ve 5. dekadlara istatistiksel olarak anlamlı bir yükselme gösterdi. L4-L5 seviyesinde 2. dekadan 5. dekada, 3. dekadan 5. dekada yükselme ve 5. dekadan 6. dekada düşme istatistiksel olarak anlamlıydı. L5-S1 2. dekadan 4., 5. ve 6. dekadlara ve 3. dekadan 5. ve 6. dekadlara istatistiksel olarak anlamlı yükselme gösterdi. Erkeklerde; intervertebral disk anterior yüksekliği L3-L4 seviyesinde 4. dekadan 5. dekada istatistiksel olarak anlamlı bir yükselme gösterdi. L4-L5 seviyesinde 4. dekadan 5. ve 6. dekada istatistiksel olarak anlamlı bir yükselme gösterdi. L5-S1 seviyesinde 2. dekadan 3. ve 4. dekada düşme , 3. dekadan 5. ve 6. dekada ve 4. dekadan 5. ve 6. dekada yükselme istatistiksel olarak anlamlı bulundu. Kadınlardaki genel görünüm; L4-L5 intervertebral diskinde 5. dekadan 6. dekada geçişte düşme haricinde, 4., 5. ve 6. dekada doğru yükselme eğilimi vardı. Erkeklerde L5-S1 diskinde 2. dekadan 3. ve 4. dekada düşme hariç, 5. ve 6. dekadlara doğru yükselme eğilimi vardı.

Ofis çalışanlarından işçilere disk yüksekliğinde L5-S1 seviyesi hariç artma eğilimi vardır (Luoma ve ark., 2001). Disk yükseklikleri L1-L2'den L4-L5'de maksimuma ulaşan artma eğilimi göstermiştir (Tibrewal ve Percy, 1985). Twomey ve Taylor her iki cinsde yaşla birlikte artış tespit etmişlerdir (Twomey ve Taylor, 1985). Çalışmamızda anterior yükseklik açısından, yalnızca erkeklerde son 3 alt disk kalınlığında artma eğilimi bulundu. Kadınlarda L4-L5 seviyesi hariç bütün seviyelerde artış mevcuttu. Amonoo-Kuofi çalışmasında anterior yükseklik

mesafelerini değerlendirdi (Amonoo-Kuofi, 1991). Yukarı seviyelerden aşağı seviyelere anterior yükseklikte artış mevcuttur. Değişiklikler kadınlarda daha fazladır. Her iki cinsde alt 3 vertebrada değişiklikler daha barizdir. 5. dekada kadar anterior yüksekliklerde daha kararlı bir artış mevcuttur. Bütün bu veriler çalışmamızla paralellik gösterdi. Ancak kadınlarda anterior yükseklik 2. ve 3. dekada düşme gösterirken, bizim çalışmamızda tersine erkeklerde anterior yükseklik 2. ve 3. dekadlarda düşme gösterdi.

Çalışmamızda lumbal intervertebral disklerin posterior yükseklik mesafeleri ölçüldü. Kadınlarda 2. ve 3. dekadlar arasında düşme, 3. ve 5. dekadlar arasında yükselme ve 5. ve 6. dekadlar arasında düşme mevcuttu. Bu bulgular Amonoo-Kuofi'nin posterior yükseklik değerlerine benzerlik gösterdi (Amonoo-Kuofi, 1991). Kadınlarda intervertebral disk posterior yükseklikleri bakımından yaş grupları arasında fark istatistiksel olarak önemli değildi. Erkeklerde bu değerler 2. ve 3. dekadlar arasında bütün disklerde belirgin düşme gösterdi. 3. ve 6. dekadlar arasında yükselme eğilimi gösterdi. Erkeklerde bütün seviyelerde 2. dekada maksimum seviyeye ulaştı. Erkeklerde bu değerlerdeki düşme ve yükselmeler istatistiksel olarak önemliydi. Amonoo-Kuofi'nin posterior yükseklik değerleri bizim çalışmamızdan farklı olarak 5. dekada maksimum seviyeye ulaştı. Erkeklerde L5-S1 seviyesindeki disk posterior yüksekliği 3. dekad hariç bütün dekadlarda L4-L5 seviyesindeki disk posterior yüksekliğinden daha düşüktür. Oysa Amonoo-Kuofi'nin posterior yükseklik değerlerinde bütün dekadlarda daha düşüktür. Kadınlarda L5-S1 seviyesindeki disk posterior yüksekliği 3. dekad hariç bütün dekadlarda L4-L5 seviyesindeki disk posterior yüksekliğinden daha düşüktür. Oysa Amonoo-Kuofi'nin posterior yükseklik değerlerinde 3. dekadan 5. dekada daha düşük, 5. dekadan sonra daha yüksektir. Kadınlarda 5. dekadan 6. dekada düşme disklerin hormonal olarak farklı etkilere maruz kaldığını düşündürmektedir. Çünkü disklerde anulus fibrosus ve nucleus pulposus arasında bir bölgede bulunan transisyonel zon hormonal etkilere duyarlıdır (Taylor ve ark., 1981).

Ülkemizde kadınlarda menapoz dönemi ise genellikle 5. dekada görülmekte ve buna bağlı hormonal değişiklikler gelişmektedir. Duruş, sıvı akımı ve disk beslenmesi arasındaki bu bağlantılar, alışkanlık olarak eğilme veya çömelme

duruşlara uyum sağlayan toplumlarda disk degenerasyonun daha düşük sıklığa sahip olmasının nedenini izah edebilir (Fahrni ve Trueman, 1965).

Çalışmamızda lumbal intervertebral disklerin anteroposterior boyutları ölçülerek sonuçları değerlendirildi. Bu parametreye ait değerlerde, bütün dekadlarda ve her iki cinsde, yukarıdan aşağıya artış eğilimi gösterirken, ancak erkeklerde ve kadınlarda L5-S1 seviyesinde düşme tespit edildi. Disk derinliği için değerler L5-S1 disk derinliğinin L4-L5'den daha düşük olduğunu göstermiştir (Tibrewal ve Pearcy, 1985). Dekadlar arası değişiklikler; genel olarak erkeklerde, disklerin çoğunda 2.-5. dekadlar arasında yükselme, 5.-6. dekadlar arasında düşme tespit edildi. Kadınlarda 3.-4. dekadlarda düşme, 4.-6. dekadlarda yükselme bulundu. Twomey ve Taylor kadavralardan elde ettikleri disklerin anteroposterior uzunluklarını ölçmüşlerdir. Yazarlar çalışmalarında, disklerin her dekada yukarıdan aşağı artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Yine aynı çalışmada dekadlar arasında yaşla birlikte artışlar görülmüştür (Twomey ve Taylor, 1985). Amonoo-Kuofi çalışmasında disk derinliğini değerlendirmiştir. Bu çalışmada her iki cinsde 2. dekada disk derinliği benzerlik göstermiştir. Erkeklerde 3. dekadan yukarı doğru 5. dekada kadar devamlı bir artış, 6. dekada düşme tespit edilmiştir. Kadınlarda 2. dekadla 6. dekad arasında devamlı bir artış tespit edilmiştir (Amonoo-Kuofi, 1991). Çalışmamızda anteroposterior uzunluk bulguları erkeklerde kadınlardan daha yüksek değerlerdeydi ve her iki cinsde yaşla birlikte artışlar gösterdi. Çalışmamızdaki bulgular Twomey ve Taylor'ın kadavra çalışmasındaki bulgulara uygunluk gösterdi. Amonoo-Kuofi'nin çalışmasındaki erkeklere ait bulgular paralellik gösterdi. Ama kadınlarda 2. dekadan 6. dekada devamlı bir artış bizim çalışmamızdan farklıydı. Bizim çalışmamızda 2.-3. dekad arası yükselme, 3.-4. dekad arası düşme, 4.-6. dekad arası yükselme tespit edildi. Bununla birlikte bu çalışma ve çalışmamızda genel olarak, disk derinliğinde yaşla birlikte artışlar görülmektedir. Taylor anteroposterior büyümenin dik pozisyonda ağırlık taşıma ve fizik aktivitelere bağımlı olarak meydana geldiğini bildirmiştir (Taylor, 1975). Kadavra diskleri üzerinde yapılan bir kinematik çalışma bu görüşü desteklemiştir. Bu çalışmaya göre fiziksel aktivite hem vertebra hem de disk üzerinde olumlu etki ederek, dayanıklılığı artırmaktadır (Porter ve ark., 1989).

Disk şeklindeki değişiklikleri kama (wedge) indeksini kullanarak değerlendirdik. Genel olarak; Kadınlarda bütün dekadlarda kama indeksinde

yukarıdan aşağıya bir artış görüldü. Kadın disklerinde, genellikle, 4. dekattan sonra daha fazla kamalaşma görüldü. Değişiklikler daha kaudalde yerleşenlerde proksimalde yerleşenlerden daha belirgindi. Kadınlarda 5. dekatta L2-L3 seviyesinde, 6. dekatta L4-L5 ve 6. dekatta L5-S1 seviyesinde düşme hariç yaş ile kamalaşma sürekli bir artış gösterdi. Erkeklerde de benzer şekilde 2. dekad L2-L3 seviyesi dışında bütün dekadlarda kama indeksinde yukarıdan aşağıya bir artış görüldü. Erkeklerde 2.-3. dekadlar arası kamalaşmada artış, 3.-4. dekadlar arası kamalaşmada azalma, 4.-5. dekadlar arası kamalaşmada tekrar artış eğilimi görüldü.

Amonoo-Kuofi çalışmasında kama indeksini kullanmıştır (Amonoo-Kuofi, 1991). Yazar hem erkeklerde hem de kadınlarda, bütün yaş gruplarında, lumbal intervertebral disklerin kamalaşmasında sefalokaudal (yukarıdan aşağıya) artış bildirmiştir. Genellikle kadın intervertebral diskleri özellikle 4. dekattan sonra daha fazla kamalaşma göstermiştir. Bütün seviyelerde yaş ile kamalaşmada artış bildirmiştir. Değişiklikler daha kaudalde yerleşenlerde proksimalde yerleşenlerden daha belirgindi. Bizim çalışmamıza ait veriler genel olarak buna uyum göstermektedir.

Çalışmamızda kullanılan diğer bir parametre rölatif disk yükseklik indeksidir. Komşu vertebra cisim yüksekliğinde oluşan değişiklikler ile disk yüksekliğinde oluşan değişiklikleri karşılaştırmak için rölatif yükseklik indeksini kullandık. Sonuçlar hem erkekler hem de kadınlarda disk kalınlığı ve vertebral cismin yüksekliği arasında bütün seviyelerde sabit bir ilişkinin durumunu koruduğunu ortaya koydu. Bu açıkça diskte oluşan değişikliklerin vertebral cismin yüksekliğindeki değişiklikler ile uyumlu olduğunu gösteriyor. Yapılan hesaplamalarda rölatif disk yükseklik indeksinin ortalamasını kadınlarda ortalama 0.4 ± 0.08 ve erkeklerde ortalama 0.4 ± 0.08 olarak tespit ettik. Bu bulgu her iki cinsde de disk/vertebra ilişkisinin sabit olduğunu ve değişikliklerin birbiriyle uyumlu bir şekilde meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Çalışmamızda ortaya konan bulgular Amonoo-Kuofi'nin çalışmasındaki bulgularla paralellik göstermektedir (Amonoo-Kuofi, 1991).

Disk yüksekliğinde artışlar, osteoporotik kollapsdan daha çok vertebral cisimlerin malign tutulumunun daha yaygın sebep olduğu, son plakların yer

değiştirmesine bağlı patolojik vertebral kompresyon kırıkları ile görülür. Artan disk yüksekliği aynı zamanda burst kırıkları ile de oluşabilir.

Azalan vertebra disk yüksekliğinin en yaygın sebebi degeneratif disk hastalığıdır. Diğer sebepler; akut disk hernisi, infeksiyon, travma, romatoid artrit amiloidosis ve okronosisdir (Morgan ve Saifuddin, 1999).

Bütün disklerin analizi fleksiyon ve ekstansiyon pozisyonları arasında nucleus'un öne yer değiştirmesi ve anterior disk yüksekliğinde anlamlı bir artış göstermektedir (Edmondston ve ark., 2000).

İntervertebral disk yüksekliği birkaç faktör tarafından etkilenir. Tersine çevrilebilir yükseklik değişiklikleri, disk üzerinde kompressif kuvvetlere karşı dinamik olarak dengelenen yüksek disk içi osmotik basınç ile, günlük olarak ayarlanır (Adams ve ark., 1990). Yük altında, disk sodyum ve potasyum iyonlarının konsantrasyon artışı ile su kaybeder. Elektrolit konsantrasyonundaki artış osmotik reabsorbsiyon kuvveti olarak rol oynar ve yükün azalması ile disk hacmi ve yüksekliği eski durumuna gelir (Krämer ve ark., 1985). Tersine çevrilemez disk yükseklik kaybı, örneğin disk herniyasyon vakalarında, disk doku hacminin azalması ile ortaya çıkabilir (Tibrewal ve Pearcy 1985). İnterspongiyöz herniyasyon veya anular yırtığın madde kaybı, kaybedilen hacim önemli olmadığı için, disk kalınlığı üzerinde önemli bir etkiye sahip olması çok olası değildir (Nachemson ve ark., 1979). Tersine, yaşları 20-40 arasında 15 insan lumbal diski üzerinde *in vitro* parsiyel disektomi yapılmıştır. Ortalama olarak, 1 gram disk dokusunun uzaklaştırılması 0.8 mm yükseklik azalması ve 0.2 mm'lik radyal bulge artışı ile sonuçlanır. Deneysel olarak, yükseklik azalması uzaklaştırılan doku miktarı ile orantılıdır. Brinckmann ve Grootenboer'in deneysel çalışma sonuçları gösterdi ki; disk dokusunun kaybı disk yüksekliğinin azalması, radyal disk bulge'nin artması ve intradiskal basıncın azalması ile sonuçlanır. Bu üç mekanik parametre birbiriyle ilgilidir. Ötekileri etkilemeksizin birini değiştirmek imkansızdır. Disk doku kaybı tedavi işlemi ve hyalin kırıkta kırığı yüzünden oluşabilir (Brinckmann ve Grootenboer, 1991).

Disklin davranışı büyük ölçüde disk içerisindeki proteoglikan macromolekülleri ve kollogenin kompozisyonu ve organizasyonuna bağlıdır. Proteoglikanlar yüksek osmotik basınca sahiptir ve sıvıyı çekme eğilimindedir.

Kollogen ağı, dayanıklı ve bükülebilir diski sağlayarak, nucleus pulposus içinde başlıca var olan proteoglikan şişmesini sınırlandırmak için rol oynar. Nucleus pulposus'un proteoglikan içeriği ve su konsantrasyonu ilerleyen yaş ile azalır, çünkü kollogen nucleus'un jelatinöz dokusuyla yer değiştirir. Bu disklerin yaş ile ilişkili dejenerasyonunu sağlar, onların T2 ağırlıklı Manyetik Rezonans görüntülerinde azalan sinyal ile kendini gösterir (Roberts ve ark., 1998).

İntervertebral disklerin bileşimi yaşla değişir. Erişkin dönemde toplam kollogen konsantrasyonu oldukça sabit kalmasına rağmen (Hallen, 1962), sıvı tutmak için asıl unsur olan, nucleus'da proteoglikan miktarı yaşla düşer (Adams ve Muir, 1976; Hallen, 1958). Sonuç olarak, yüksek proteoglikan/kollogen oranına sahip diskler (Genç diskler), düşük proteoglikan/kollogen oranına sahip yaşlı disklerden daha fazla sıvı tutarlar (Urban ve McMullin, 1988).

19. yüzyıldan beri omurganın gün içinde kısaldığı ve gece esnasında tekrar eski konumuna geldiği bilinmektedir. Bu fenomenin yaş ile disk hidrasyonunda azalmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Sonuç olarak diskin günlük kompresyonlardan tamamen kurtulamaması ile sonuçlanır. Bu hipotez intervertebral disklerin morfolojik yönünü çalışan birkaç araştırmacı tarafından desteklenmiştir (Eklund ve Niegel, 1984; Hindle ve ark., 1987).

Birkaç çalışma MRG yöntemini kullanarak, in vivo, intervertebral disklerde günlük su içeriğindeki değişiklikleri gösterdiler (Roberts ve ark., 1998; Malko ve ark., 1999).

Genç ve orta yaşlılar arasındaki disk yüksekliğindeki farklar kısmen en azından 30 yaşına kadar disk gelişimin devam etmesi ile açıklanabilir. Diskin su içeriği 30 yaş veya biraz öncesinde maksimuma ulaşır (Coventry, 1969). Anulusun su içeriği yaşam boyunca nispeten sabit durumunu korur, buna karşın nükleusunki erken erişkin yaşamdan ileri yaşlara % 6 kadar azalır. Üstelik, diskin toplam glukozaminoglikan içeriği ileri yaşlara kadar durumunu korurken buna karşın kollogen miktarı biraz artar (Adams ve Muir, 1976). Önceki bir MRG çalışmasında, Maksimum disk mesafe yüksekliği yaşlılarda (50-60 yaş) gençlerden (20-30 yaş) daha büyük bulundu. Bu bulgu intervertebral disklerin daha konkav şekline yol açan, erişkin yaşam esnasındaki hyalin kırıkdağların mikro kırıklarının sonucu olduğu varsayıldı (Roberts ve ark., 1997).

Luoma ve ark. (2001)'nin belirttiğine göre Hutton ve arkadaşları in vitro bir çalışmada, hidrostatik basıncın intervertebral disk hücreleri tarafından proteoglikan ve kollogen sentezini doğrudan etkilediğini bildirmişlerdir. Bel ağrılı hastaların boy ölçümleri yoğun bir fiziksel egzersiz programından sonra sabah yüksekliğinin arttığını göstermiştir. Bu çok olasılıkla intervertebral diskleri yüksekliğindeki artıştan kaynaklanmaktadır (Hupli ve ark., 1997). Omurga üzerinde ağır ve dinamik işlerin kuvvetlendirici etkisi de keza ileri sürülmüştür (Porter, 1987). Ratlardaki bir çalışmada, başlangıçta daralmış lumbal diskler aylarca biyomekanik stresden sonra normal ölçülerini kazandı ve biyomekanik stresin artan soğurma özelliğine sahip disk matriksini değiştirebildiği sonucuna varılmıştır (Neufeld, 1992).

Disk dejenerasyonu üzerine güçlü bir genetik etki birkaç çalışmada ileri sürülmektedir ve genetik etki şüpheli çevresel faktörlere üstün gelebilir. Omurgasında problemi olan insanlar başlangıçta daha hafif fiziksel yüklenmeli bir iş arayabilir, buna karşın böyle problemi olmayan kişiler daha ağır fiziksel yüklenmeli bir iş seçmeleri daha muhtemeldir. Bu dolaylı olarak genetik duyarlılığa göre seçime yol açabilir. Böyle seçim disk dejenerasyonu üzerinde genellikle işin etkisini zayıflatmaya yol açacaktır (Luoma ve ark., 2001).

Açıkça, disklerin boyutları bireyler yaşlandıkça artar, fakat artış doğrusal bir kalıp göstermez. Aşırı büyüme ve yeniden şekillenmenin (fizyolojik inceme) değişen dönemleriyle karakterizedir. Omurganın büyümesi nispeten daha yavaş fazın takip ettiği başlangıçta hızlandırılmış büyüme fazıyla karakterizedir (Tanner ve ark., 1966). Erişkin diskinin regenerasyon ve remodelizasyon geçirmeye devam ettiğinin histolojik delilleri vardır (Oda ve ark., 1988). Disk içindeki olaylar siklusu mevcut çalışmada 2. ve 4. dekadlar arasında işaret edilen disk yüksekliğinin artmasının azalma veya yavaşlamasını açıklayabilmektedir. Azalmanın zamanlamasından onun programlanmış bir olay olduğunu göstermesi makul görünmektedir. Arteryel ağın yaygın reorganizasyona maruz kaldığı döneme rastlamaktadır (Ratcliffe, 1986).

Üstelik, klinik deliller göstermektedir ki idiyopatik bel ağrılarının çoğunluğu 25 yaş civarında başlamaktadır (White ve Gordon, 1982). Bu, disk yüksekliğinin geçici kaybı ile tetiklenen değişikliklerin çeşitliliğinden doğmaktadır. Ancak, diskin regenerasyon ve büyümesi 4. ve 5. dekadlarda devam ettiği için, bu değişiklikler

düzeltilir ve klinik bulguların doğruladığı gibi, semptomlar genellikle vakaların en az % 93 de zamanla düzelir (White ve Gordon, 1982).

Disk yüksekliği birkaç metotla ölçülmüştür (Dabbs ve Dabbs, 1990). Mevcut çalışmada disk yüksekliği intervertebral mesafenin anterior ve posterior yüksekliklerinin ortalama değerleri kullanılarak değerlendirildi. Bu metod lateral radyografilerde kullanılan benzerdir (Andersson ve ark., 1981). MRG kullanılarak, radyografilerde bulunan ve radyografi ışınlarının değişen yönlerinin sebep olduğu geometrik distorsiyondan sakınılmıştır (Luoma ve ark., 2001).

Genellikle, lumbal omurganın yan grafilere radyolojik ölçümler, omurganın longitudinal rotasyonu ve yan yatmadaki varyasyonlardan önemli derece etkilenebilir. Ayrıca, değerlendirmeyi yapanlar arasındaki varyasyonlarda ölçümleri etkileyebilir (Andersson ve ark., 1981; Saraste ve ark., 1985). Manyetik Rezonans Görüntüleme hem gros anatomik hem de biyokimyasal bilgiler sağlayan, intervertebral diskin normal ve anormal durumlarını değerlendirmek için seçenek yöntemdir.

6. SONUÇLAR

1. Türk bireylerde hem kadın hem de erkeklere ait vertebra anterior yükseklik, vertebra posterior yükseklik, disk anterior yükseklik, disk posterior yükseklik, disk derinliği, disk kama indeksi ve rölatif disk yükseklik indeks değerleri elde edilmiştir. Bu veriler hem vertebraların geometrik modellemesinde hem de biyomekanik ve ergonomik analizlerde önemli katkılar sağlayacaktır.

2. Vertebra anterior yüksekliğinin hem kadınlar hem de erkeklerde, hem bütün lumbal vertebra seviyelerine hem de yaş gruplarına göre ortalama ve standart sapmaları belirlendi (Tablo 4.1.).

3. Vertebra posterior yüksekliğinin hem kadınlar hem de erkeklerde, hem bütün lumbal vertebra seviyelerine hem de yaş gruplarına göre ortalama ve standart sapmaları belirlendi (Tablo 4.2.).

4. İntervertebral disk anterior yüksekliğinin hem kadınlar hem de erkeklerde, hem bütün lumbal intervertebral disk seviyelerine hem de yaş gruplarına göre ortalama ve standart sapmaları belirlendi (Tablo 4.3.).

5. İntervertebral disk posterior yüksekliğinin hem kadınlar hem de erkeklerde, hem bütün lumbal intervertebral disk seviyelerine hem de yaş gruplarına göre ortalama ve standart sapmaları belirlendi (Tablo 4.4.).

6. İntervertebral disk derinliğinin hem kadınlar hem de erkeklerde, hem bütün lumbal intervertebral disk seviyelerine hem de yaş gruplarına göre ortalama ve standart sapmaları belirlendi (Tablo 4.5.).

7. Lumbal intervertebral disklerin kama indeksi değerleri cinslere ve yaş gruplarına göre elde edildi (Tablo 4.6.).

8. Lumbal intervertebral disklerin rölatif disk yükseklik değerleri cinslere ve yaş gruplarına göre elde edildi (Tablo 4.7.).

9. Vertebra anterior yüksekliğinde; genel olarak; her iki cinsde ve her dekada L1'den L5'e doğru yukarıdan aşağı bir yükseklik artışı görüldü. Ancak, kadınlarda L4 seviyesinde 3. dekad ve üzerinde düşme ve L5 seviyesinde 3.dekad ve üzerinde yeniden yükseliş görüldü.

10. Vertebra posterior yüksekliğinde; genel olarak; kadınlarda L1'den L2'ye doğru yukarıdan aşağı bir yükseklik artışı, L2 den L5'e doğru yükseklik

azalması gözlemlendi. Erkeklerde L1'den L3'ye doğru yukarıdan aşağı bir yükseklik artışı, L3 den L5'e doğru yükseklik azalması gözlemlendi.

11. Disk anterior yüksekliğinde; genel olarak; her iki cinsde ve her dekatta L1'den L5'e doğru sefalokaudal (yukarıdan aşağı) bir yükseklik artışı görüldü. Ancak, kadınlarda L5-S1 intervertebral diskinde 2.dekatta bu artışa uygunluk göstermedi.

12. Disk posterior yüksekliğinde; her iki cinsde ve her dekatta L1-L2'den L5-S1'e doğru yukarıdan aşağı doğru bir genelleme yapılamadı. Değişken bir durum mevcuttu.

13. Genel olarak; her iki cinsde ve her dekatta L1-L2 aralığından L5-S1'e doğru yukarıdan aşağı bir derinlik artışı görüldü. Ancak her iki cinsde ve her dekatta L5-S1 seviyesinde derinlik azalması görüldü.

14. Hem erkeklerde hem de kadınlarda, bütün yaş gruplarında, lumbal intervertebral disklerin kamalaşmasında sefalokaudal (yukarıdan aşağıya) artış tespit edildi. Değişiklikler daha kaudalde yerleşenlerde proksimalde yerleşenlerden daha belirgindi. Kadın disklerinde, genellikle, 4. dekattan sonra daha fazla kamalaşma görüldü.

15. Yapılan hesaplamalarda rölatif disk yükseklik indeksinin ortalamasını kadınlarda ortalama 0.4 ± 0.08 ve erkeklerde ortalama 0.4 ± 0.08 olarak tespit ettik. Bu bulgu her iki cinsde de disk/vertebra ilişkisinin sabit olduğunu ve değişikliklerin birbiriyle uyumlu bir şekilde meydana geldiğini ortaya koymaktadır.

16. Vertebra ve intervertebral disklerin morfometrik ölçümleri ile bireylerin kiloları arasında anlamlı bir ilişki mevcut değildi.

KAYNAKLAR

1. Adams MA, Dolan P, Hutton WC, Porter RW. 1990. Diurnal changes in spinal mechanics and their clinical significance. *J Bone Joint Surg [Br]* 72:266-270.
2. Adams P, Eyre DR, Muir H. 1977. Biochemical aspects of development and aging of human lumbar intervertebral discs. *Rheumatol Rehabil* 16:22-29.
3. Adams P, Muir H. 1976. Qualitative changes with age of proteoglycans of human lumbar discs. *Ann Rheum Dis* 35:289-296.
4. Aguila LA, Piraino DW, Modic MT, Dudley AW, Duchesneau PM, Weinstein MA. 1985. The Intranuclear Cleft of the Intervertebral Disk: Magnetic Resonance Imaging. *Radiology* 155:155-158.
5. Aharinejad S, Bertagnoli R, Wicke K, Firbas W, Schneider B. 1990. Morphometric Analysis of Vertebrae and Intervertebral Discs as a Basis of Disc Replacement. *The American Journal of Anatomy* 189:69-76.
6. Amonoo-Kuofi HS. 1991. Morphometric changes in the heights and anteroposterior diameters of the lumbar intervertebral discs with age. *J. Anat.* 175:159-168.
7. Andersson GBJ, Schultz A, Nathan A, Irstam L. 1981. Roentgenographic measurement of lumbar intervertebral disc height. *Spine* 6:154-158.
8. Arıncı K, Elhan A. 1997. *Anatomi 1. Cilt. İkinci Baskı.* Ankara: Güneş Kitapevi LTD. ŞTİ. s 79-80, 146-152.
9. Aydın T, Karacan İ, Koyuncu H, Rezvani A. 2004. İntervertebral Diskte Dejenerasyon Sürecinin Lomber Disk Hernisi Gelişiminde Rolü. Erişim: [<http://www.ftr.org.tr/Dergi/ekim2001/11Taydin.htm>]. Erişim Tarihi: 19.10.2004.
10. Başaklar C. 1993. *Langman's Medikal Embriyoloji. Altıncı Baskı.* Ankara: Palme Yayıncılık. s 146-147.
11. Beadle O. 1931. The intervertebral discs: Observations on their normal and morbid anatomy in relation to certain spinal deformities. *M. R. C. Spec. Rep. Ser* 161:1-79.
12. Berquist-Ullman M, Larson U. 1977. Acute low back pain in industry: A controlled prospective study with specific reference to therapy and vocational factors. *Acta Orthop Scand* 170:289-299.
13. Berry JL, Moran JM, Berg WS, Steffee AD. 1987. A Morphometric Study of Human Lumbar and Selected Thoracic Vertebrae. *Spine* 12 (4):362-366.
14. Biering-Sorensen F. 1982. Low back pain trouble in a general population of 30-, 40-, 50- and 60- year old men and women: Study design, representativeness and basic results. *Dan Med Bull* 29:289-299.

15. Böttcher J, Petrovitch A, Sörös P, Malich A, Hussein S, Kaiser WA. 2004. Conjoined lumbosacral nerve roots: current aspects of diagnosis. *Eur Spine J* 13:147-151.
16. Brickley-Parsons D, Glimcher MJ. 1984. Is the chemistry of collagen in intervertebral discs an expression of Wolff's law? a study of the lumbar spine. *Spine* 9:148-163.
17. Brinckmann P, Grootenboer H. 1991. Change of disc height, radial disc bulge, and intradiscal pressure from discectomy: an in vitro investigation on human lumbar discs. *Spine* 16:641-646.
18. Bruehlmann SB, Rattner JB, Matyas JR, Duncan NA. 2002. Regional variations in the cellular matrix of the annulus fibrosus of the intervertebral disc. *J. Anat.* 201:159-171.
19. Buckwalter JA. 1995. Spine Update Aging and Degeneration of the Human Intervertebral Disc. *Spine* 20:1307-1314.
20. Butler D, Trafimow JH, Andersson GBJ, McNeill TW, Huckman MS. 1990. Discs degenerate before facets. *Spine* 15:111-113.
21. Castellvi A, Goldstein L, Chan D. 1984. Lumbosacral transitional vertebrae and their relationship with lumbar extradural defects. *Spine* 9:493-495.
22. Chafetz NI, Genant HK, Moon KL, Helms CA, Morris JM. 1983. Recognition of Lumbar Disk Herniation with NMR. *AJR* 141:1153-1156.
23. Cinotti G, De Santis P, Nofroni I, Postacchini F. 2002. Stenosis of Lumbar Intervertebral Foramen. Anatomic Study on Predisposing Factors. *Spine* 27:223-229.
24. Coşkun E, Süzer T, Oktay G, Tokgöz Z, Köseoğlu MH. 2004. Collagen contents in lumbar intervertebral disc protrusions and free fragments. Erişim: [<http://www.med.ege.edu.tr/norolbil/2000/NBD08800.html>]. Erişim Tarihi: 19.10.2004.
25. Coventry MB. 1969. Anatomy of the intervertebral disk. *Clin Orthop* 67:9-15.
26. Currey HLF. Çev. Ed.: Akoğlu T, Akoğlu E. 1986. Klinik Romatoloji "Mason ve Currey'in klinik romatolojisi". İkinci Türkçe baskı. Ankara: Renk Ofset Matbaacılık. s 9-15.
27. Dabbs VM, Dabbs LG. 1990. Correlation between disc height narrowing and low back pain. *Spine* 15:1366-1369.
28. Dagi FF, Beary JF. 1987. Low back pain. In: Beary JF. *Rheumatology and outpatient orthopedic disorders; Diagnosis and therapy*. 2nd ed. Boston: Little Brown. s 97-103.
29. Deyo RA, Bigos SJ, Maravilla KR. 1989. Diagnostic Imaging Procedures for the Lumbar spine. *Annals of Internal Medicine* 111(11): 865-867.
30. Diren HB. 1991a. Manyetik Rezonans Görüntüleme. Temel İlkeler. Ankara: Ünal Ofset. s 1-51.

31. Diren HB. 1991b. Manyetik Rezonans Görüntüleme. Vertebral Kolon Patolojileri . Ankara: Ünal Ofset. s 6-9, 17-25.
32. Dorwart RH, Genant HK. 1983. Anatomy of the lumbosacral spine: Symposium on C.T. of the lumbar spine. Radiol. Clin. North Am. 21:201-220.
33. Dunlop RB, Adams MA, Hutton WC. 1984. Disc space narrowing and the lumbar facet joints. J Bone Joint Surg [Br] 66:706-710.
34. Edmondston SJ, Song S, Bricknell RV, Davies PA, Fersum K, Humphries P, Wickenden D, Singer KP. 2000. MRI evaluation of lumbar spine flexion and extension in asymptomatic individuals. Manual Therapy 5(3):158-164.
35. Eklund JAE, Niegel Corlett E. 1984. Shrinkage as a measure of the effect of load on the spine. Spine 9:189-194.
36. Eriksen MF. 1976. Some aspects of aging in the lumbar spine. American Journal of Physical Anthropology 45:575-580.
37. Ethelberg S, Riishede J. 1952. Malformation of lumbar spinal roots and sheaths in the causation of low backache and sciatica. J Bone Joint Surg [Br] 34:442-446.
38. Fagan A, Moore R, Roberts BV, Blumbergs P, Fraser R. 2003. The Innervation of the Intervertebral Disc: A Quantitative Analysis. Spine 28:2570-2576.
39. Fahrni WH, Trueman GE. 1965. Comparative radiological studies of the spines of a primitive population with North Americans and North Europeans. J. Bone Joint Surg. [Br] 47:552-555.
40. Fardon DF, Milette PC. 2001. Nomenclature and Classification of Lumbar Disc Pathology. Spine 26(5):E93-E113.
41. Fidan G. 1991. Vertebrae lumbales'te corpus vertebrae ve pediculus arcus vertebrae üzerinde morfometrik çalışma. Tıpta Uzmanlık Tezi. Ankara Üniversitesi. Tıp Fakültesi.
42. Fleckenstein P, Tranum-Jensen J. 1993. Anatomy in Diagnostic Imaging. First Edition. Copenhagen: Munksgaard. s 31-44.
43. Frobin W, Brinckmann P, Biggemann. 1997. Objektive Messung der Höhe lumbaler Bandscheiben aus seitlichen Röntgen- Übersichtsaufnahmen. Z. Orthop. 135:394-402.
44. Fujiwara A, An HS, Tae-Hong L, Haughton VM. 2001. Morphologic Changes in the Lumbar Intervertebral Foramen Due to Flexion-Extension, Lateral Bending, and Axial Rotation. Spine 26:876-882.
45. Gilad I, Nissan M. 1986. A study of Vertebra and Disc Geometric Relations of the Human Cervical and Lumbar Spine. Spine 11:154-157.
46. Gillard DM. 2005. Basic Disc Anatomy. Erişim: [http://www.chirogeek.com/000_Disc_Anatomy.htm]. Erişim Tarihi: 30.05.2005

47. Gower WF, Pedrini V. 1969. Age-related variations in protein polysaccharides from human nucleus pulposus, anulus fibrosus and costal cartilage. *J Bone Joint Surg Am* 51:1154-1162.
48. Gökalp HZ, Erongun U. 1988. Nöroşirürji ders kitabı. Ankara: Mars Matbaası. s 185-186.
49. Hallen A. 1958. Hexosamine and ester sulfate content of the human nucleus pulposus in different ages. *Acta Chem Scand* 12:1869-1872.
50. Hallen A. 1962. The collagen and ground substance of the human disc at different ages. *Acta Chem Scand* 16:705-709.
51. Han JS, Kaufman B, El Yousef SJ, Benson JE, Bonstelle CT, Alfidi RJ, Haaga JR, Yeung H, Huss RG. 1983. NMR Imaging of the spine. *AJR* 141:1137-1145.
52. Harada Y, Nakahara S. 1989. A Pathologic Study of Lumbar Disc Herniation in Elderly. *Spine* 14(9):1020-1029.
53. Harrington JF, Sungarian A, Rogg J, Makker VJ, Epstein M. 2001. The Relation Between Vertebral Endplate Shape and Lumbar Disc Herniations. *Spine* 26(19):2133-2138.
54. Hendry NG. 1958. The hydration of nucleus pulposus and its relation to intervertebral disc derangement. *J Bone Joint Surg [Br.]* 40: 132-144.
55. Hindle RJ, Murray-Leslie C, Atha J. 1987. Diurnal stature variation in ankylosing spondylitis. *Clin Biomechanics* 2:152-157.
56. Humzah MD, Soames RW. 1988. Human Intervertebral Disc: Structure and Function. *The Anatomical Record* 220:337-356.
57. Hupli M, Heinonen R, Vanharanta H. 1997. Height changes among chronic low back pain patients during intense physical exercise. *Scand J Med Sci Sports* 7:32-37.
58. Jensen MC, Brant-Zawadzki MN, Obuchowski N, Modic MT, Malkasian D, Ross JS. 1994. Magnetic Resonance Imaging of the Lumbar Spine in People without Back Pain. *N Engl J Med* 331:69-73.
59. Johnson WEB, Roberts S. 2003. Human intervertebral disc cell morphology and cytoskeletal composition: a preliminary study of regional variations in health and disease. *J. Anat.* 203:605-612.
60. Kadioğlu HH. 1998. Lumbal Vertebraların Pedikül Anatomisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
61. Kayalı H. 1987. İnsan Embriyolojisi. Üçüncü Baskı. Ankara: Atlas Tıp Kitapçılık LTD. ŞTİ, s. 96-99.
62. Kelsey JL, Golden AL, Mundt DJ. 1990. Low back pain/prolapsed lumbar intervertebral disc. *Rheum Dis Clin North Am* 16:699-716.
63. Keyes DC, Compere EL. 1932. The normal pathophysiology of the nucleus pulposus of the intervertebral disc. *J. Bone Joint Surg* 14:897-938.

64. Kimura S, Steinbach GC, Watenpaugh DE, Hargens AR. 2001. Lumbar Spine Disc Height and Curvature Responses to an Axial Load Generated by a Compression Device Compatible with Magnetic Resonance Imaging. *Spine* 26(23):2596-2600.
65. Kirkaldy-Willis WH. 1984. The relationship of structural pathology to the nerve root. *Spine* 9:49.
66. Koehler W, Muehlhaus S, Meier W, Hartmann F. 1986. Biomechanical properties of human intervertebral discs subjected to axial dynamic compression: influence of age and degeneration. *J Biomech* 19:807-816.
67. Krämer J, Kolditz D, Gowin R. 1985. Water and electrolyte content of human intervertebral discs under variable load. *Spine* 10:69-71.
68. Lee S, Hargens A, Fredericson M, Lang PK. 2003. Lumbar Spine Disc Heights and Curvature: Upright Posture vs. Supine Compression Harness. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 74(5):512-516.
69. Lipson S, Muir H. 1986. Proteoglycans in experimental intervertebral disc degeneration. *Spine* 6:194-210.
70. Luoma K, Vehmas T, Raininko R, Luukkonen R, Riihimäki H. 2004. Lumbosacral Transitional Vertebra. *Spine* 29(2):200-205.
71. Luoma K, Vehmas T, Riihimäki H, Raininko R. 2001. Disc Height and Signal Intensity of the Nucleus Pulposus on Magnetic Resonance Imaging as Indicators of Lumbar Disc Degeneration. *Spine* 26(6):680-686.
72. Malko JA, Hutton WC, Fajiman WA. 1999. An in vivo magnetic resonance imaging study of lumbar intervertebral discs during diurnal load cycle. *Spine* 24:1015-1022.
73. Marchand F, Ahmad AM. 1990. Investigation of the laminate structure of the lumbar disc anulus fibrosus. *Spine* 14:402-410.
74. Marchesi D, Schneider E, Glauser P, Aebi M. 1988. Morphometric analysis of the thoracolumbar and lumbar pedicles. *Surg. Radiol. Anat.* 10:317-322.
75. Modic MT, Masaryk TJ, Ross JS, Carter JR. 1988. Imaging of Degenerative Disk Disease. *Radiology* 168:177-186.
76. Modic MT, Pavlicek W, Weinstein MA, Boumpfrey F, Ngo F, Hardy R, Duchesneau PM. 1984. Magnetic Resonance Imaging of Intervertebral Disk Disease. *Radiology* 152:103-111.
77. Modic MT, Weinstein MA, Pavlicek W, Starnes DL, Duchesneau PM, Boumpfrey F, Hardy RJ. 1983. Nuclear Magnetic Resonance Imaging of the Spine. *Radiology* 148:757-762.
78. Moore KL. 1988. *The Developing Human. "Clinically Oriented Embryology"*. Fourth Edition. Philadelphia, London, Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo: W. B. Saunders Company. s 338-340.
79. Morgan S, Saifuddin A. 1999. MRI of the Lumbar Intervertebral Disc. *Clinical Radiology* 54:703-723.

80. Morris JM. 1973. Biomechanics of the spine. *Arch Surg* 107:418-423.
81. Nachemson AL, Schultz AB, Berkson MH. 1979. Mechanical properties of human lumbar spinal segments. *Spine* 4:1-8.
82. Naylor A. 1962. The biophysical and biochemical aspects of intervertebral disc herniation and degeneration. *Ann R Coll Surg* 31:91-114.
83. Neufeld JH. 1992. Induced narrowing and back adaptation of lumbar intervertebral discs in biomechanically stressed rats. *Spine* 17:811-816.
84. Oda J, Tanaka H, Tsuzuki N. 1988. Intervertebral disc changes with aging of human cervical vertebra from the neonate to the eighties. *Spine* 13:1205-1211.
85. Panjabi MM, Goel V, Oxland T, Takata K, Duranceau J, Krag M, Price M. 1992. Human Lumbar Vertebrae. Quantitative Three-Dimensional Anatomy. *Spine* 17:299-306.
86. Pavlova MN, Pogozhwa TI. 1980. Structural and functional characteristics of the IVD of infants in the first year of life. *Arkh. Anat. Gistol. Embriol.* 79:91-98.
87. Peacock A. 1951. Observations on the pre-natal development of the intervertebral disc in man. *J. Anat.* 85:260-274.
88. Pearce RH, Thompson JP, Bebault GM, Flak B. 1991. Magnetic resonance imaging reflects the chemical changes of aging degeneration in the human intervertebral disk. *J Rheumatol Suppl* 27:42-43.
89. Petorak İ. 1986. *Medikal Embriyoloji. İkinci Baskı. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A. Ş. s 118.*
90. Pfirmann CWA, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. 2001. Magnetic Resonance Classification of Lumbar Intervertebral Disc Degeneration. *Spine* 26(17):1873-1878.
91. Porter RW, Adams MA, Hutton WC. 1989. Physical activity and the strength of the lumbar spine. *Spine* 14:201-203.
92. Porter RW. 1987. Does hard work prevent disc protrusion? *Clin Biomech* 2:196-198.
93. Postacchini F, Pipani M, Carpano S. 1983. Morphometry of the Lumbar Vertebrae. *Clinic. Orthop. and Related Research* 172:296-303.
94. Prêteux F, Bergot C, Laval-Jeantet AM. 1985. Automatic quantification of vertebral cancellous bone remodelling during aging. *Anatomia Clinica* 7:203-208.
95. Putz RL, Muller-Gerbl M. 1996. The vertebral column-A phylogenic failure? A theory explaining the function and vulnerability of the human spine. *Clin Anat* 9:205-212.
96. Rabischong P, Louis R, Vegraud J, Massacre C. 1978. The intervertebral disc. *Anat. Clin.* 1:55-64.

97. Ratcliffe JF. 1986. Arteriyel changes in the human vertebral body associated with aging. The ratios of peripheral to central arteries. *Spine* 11:235-240.
98. Roberts N, Gratin C, Whitehouse GH. 1997. MRI analysis of the lumbar intervertebral disk height in young and older populations. *J Magn Reson Imaging* 7:880-886.
99. Roberts N, Hogg D, Whitehouse GH, Dangerfield P. 1998. Quantitative Analysis of Diurnal Variation in Volume and Water Content of Lumbar Intervertebral Discs. *Clin Anat* 11:1-8.
100. Saraste H, Broström LA, Aparisi T, Axdorph G. 1985. Radiographic measurement of the lumbar spine. *Spine* 10:236-241.
101. Sargon MF. 1994. Anatomik Pozisyondaki Normal Diz Eklemine Eklem Aralıklarının MR (Magnetik Rezonans) Görüntüleme Yöntemi ile Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
102. Scoles PV, Linton AE, Latimer B, Levy ME, Digiovanni BF. 1988. Vertebral Body and Posterior Element Morphology: The Normal Spine in Middle Life. *Spine* 13:1082-1086.
103. Scoles PV, Linton AE, Latimer B, Levy ME, Digiovanni BF. 1988. Vertebral Body and Posterior Element Morphology: The Normal Spine in Middle Life. *Spine* 13:1082-1086.
104. Sether LA, Yu S, Houghton VM, Fischer ME. 1990. Intervertebral Disk: Normal Age-related Changes in MR Signal Intensity. *Radiology* 177:385-388.
105. Taner D. 2000. Fonksiyonel Anatomi. Ekstremiteler ve Sırt Bölgesi. İkinci Baskı. Ankara: Palme. s 214-216, 223-225.
106. Tanner JM, Whitehouse RH, Takaishi M. 1966. Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity and weight velocity; British children. *Archives of Disease in Childhood* 41:613-635.
107. Taylor JR. 1975. Growth of the human IVD and vertebral bodies. *J. Anat.* 120:149-161.
108. Taylor T, Akerson W. 1971. Intervertebral Disk prolapse: a review of morphologic and biochemic knowledge concerning the nature of prolapse. *Clin Orthop* 76:54-79.
109. Taylor TKF, Ghosh P, Bushell GR. 1981. The contribution of the intervertebral disc to the scoliotic deformity. *Clin. Orthop.* 156:79-90.
110. Tibrewal SB, Percy MJ. 1985. Lumbar Intervertebral Disc Heights in Normal Subjects and Patients with Disc Herniation. *Spine* 10:452-454.
111. Torun Y. 2004. Manyetik Rezonans Görüntülemenin Tarihçesi ve Temel Prensipler. Erişim: [<http://www.gantep.edu.tr/~torun/dersnot/TGS/mr.htm>]. Erişim Tarihi: 01.11.2004.
112. Tuncel E. 1989. Diyagnostik Radyoloji. İstanbul: Taş. s 280-291.

113. Twomey L, Taylor J. 1985. Age changes in lumbar intervertebral discs. *Acta Orthop Scan* 56:496-499.
114. Twomey LT, Taylor JR. 1987. Age changes in lumbar vertebrae and intervertebral discs. *Clin Orthop* 224:97-104.
115. Urban JPG, McMullin JF. 1988. Swelling pressure of the lumbar intervertebral discs: influence of age, spinal level, composition, and degeneration. *Spine* 8:665-671.
116. Uşaklı AB. 2004. Magnetic Resonance Imaging Techniques. Erişim:[<http://www.eee.metu.edu.tr/~biomed/brl/people/bulent.html>]. Erişim Tarihi: 01.11.2004
117. Vernon-Roberts B, Pirie CJ. 1977. Degenerative changes in the intervertebral discs of the lumbar spine and their sequelae. *Rheum. Rehabil.* 16:13-21.
118. Wagner M, Sether LA, Yu S, Ho PSP, Haughton VM. 1988. Age changes in the lumbar intervertebral disc studied with magnetic resonance and cryomicrotomy. *Clin Anat* 1:93-103.
119. Walmsley R. 1953. The development and growth of the intervertebral disc. *Edin. Med. J.* 60:341-363.
120. White AA, Gordon SL. 1982. Synopsis: Workshop on Idiopathic low back pain. *Spine* 7:141-149.
121. Williams PL. 1995. *Gray's anatomy international student edition*. 38th Ed. London: Churchill Livingstone. s 322-24.
122. Ylikoski M, Tallroth K. 1990. Measurement variations in scoliotic angle, vertebral rotation, vertebral body height, and intervertebral disc space height. *J Spinal Disord* 3:387-391.
123. Yu S, Haughton VM, Sether LA, Ho KC, Wagner M. 1989. Criteria for classifying normal and degenerated lumbar intervertebral discs. *Radiology* 170:523-526.
124. Yu S, Sether LA, Ho PSP, Wagner M. 1988. Tears of the anulus fibrosus: correlation between MR and pathologic findings in cadavers. *AJNR* 9:367-370.