

İnsan İntervertebral Diskinin Yapı ve Fonksiyonları

Erdal Kalkan¹ M. Ali Malas² S. Serpil Kalkan³ Nuri Kaya⁴ Hacı Kaymaz⁵ Ahmet Dağtekin⁵

¹Yrd.Doç.Dr. SDÜ Tıp Fakültesi Nöroşirürji Anabilim Dalı, ISPARTA.

²Yrd.Doç.Dr. SDÜ Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı, ISPARTA.

³Doç.Dr. SDÜ Tıp Fakültesi Histoloji-Embriyoloji Anabilim Dalı, ISPARTA.

⁴Doktora öğrencisi SÜ Tıp Fakültesi Histoloji-Embriyoloji Anabilim Dalı, KONYA.

⁵Araş.Gör.Dr. SDÜ Tıp Fakültesi Nöroşirürji Anabilim Dalı, ISPARTA.

Özet

Bu derlemede insan intervertebral diskinin kısaca gelişme, beslenme ve innervasyonundan bahsedildikten sonra; nukleus pulposus, annulus fibrosus ve kartilaj son plak gibi diski oluşturan yapılar detaylı olarak incelenmiştir. İntervertebral diskin yapısal elemanları, hidrostatik özellikleri, fonksiyonel ilişkileri ve mekanik davranışları gözden geçirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnsan intervertebral diski, nukleus pulposus, annulus fibrosus, kartilaj son plak.

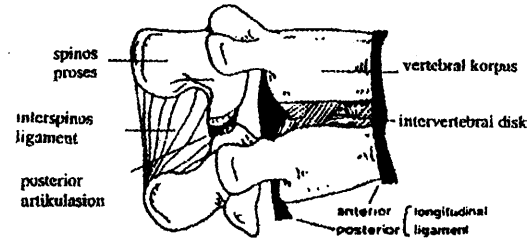
Structure and Functions of Human Intervertebral Disc

Abstract

In this paper, after mentioned shortly about development, feeding and innervation of human intervertebral disc, structures like nucleus pulposus, annulus fibrosus and cartilage end plate which formed disc were reviewed in detail. Structural elements of intervertebral disc, hidrostatic features, functional relations and mechanical attitudes were looked over.

Key Words: Human intervertebral disc, nucleus pulposus, annulus fibrosus, cartilage end plate.

İnsan intervertebral diski anatomik bir yapı olarak ilk kez Vesalius tarafından tanımlanmıştır. Servikal bölgede 6, torakal bölgede 12, lomber bölgede 6 ve sakrum-koksiks arasında bir adet olmak üzere, axisten sakruma kadar toplam 25 adet intervertebral disk (İVD) vardır. Nadiren sakral segmentler arasında ek diskler bulunabilir. Diskler yapısal olarak nukleus pulposus (NP), annulus fibrosus (AF) ve kartilaj son plak (CEP) adında üç dokudan oluşurlar. İVD'ler AF fibrilleri ve CEP ile komşu vertebralara bağlanmışlardır (1,2). Disk alttaki komşu vertebral gövde ve ligamentlerle beraber vertebral üniteyi oluşturur. Longitudinal ligamentler vertebra gövdelerinin ön ve arkalarına yapışmıştır. Anterior Longitudinal Ligament (ALL) vertebra gövdesine sıkıca yapışmış olup, İVD seviyesinde serbesttir ve kaudale uzanan yassı bir bant şeklindedir. Posterior Longitudinal Ligament (PLL) ise dişli görünümünde olup İVD'lere uzantılarıyla yapışır ve aşağı doğru giderek daralır (Şekil 1).



Şekil 1. İntervertebral disk ve komşu elemanlar.

Gelişme

Vertebral kolon embriyonik mezodermde 4. hafta civarında gelişir. Vertebra notokord ve nöral tüpün indükleyici etkileri ile gelişir. Sonradan vertebranın mezenkimal merkezini oluşturmak için birleşen iki sklerotomal zon arasından aort orijinli segmental metamerik damarlar geçer. Böylece diskler kan damarları bulunan bir ortamda gelişirler ve perikondral bir tabaka ile çevrilirler. Vertebralar arasında proteoglikan matriks içindeki hücrelerin lokal

agregasyonu ile notokord genişler ve İVD merkezinde NP denilen jelatinöz merkez oluşur. Daha sonra nükleus perikordal mezenkimden gelişen dairesel fibrillerle sarılır. Bu iki yapı embriyonik İVD'yi oluşturur (3). İkinci veya üçüncü embriyonik aylar arasında vaskülarize kartilajinöz protovertebralarda ossifikasyon merkezleri belirir. Keyes ve Compera, NP'un 6. embriyonik ay civarında notokordun proliferasyon ve mukoid dejenerasyonunun, mezenkimal intervertebral hücrelerin fibrokartilajinöz invazyonunu takip etmesi ile meydana geldiğini belirttiler (4). NP zamanla embriyonik bütünlüğünü kaybeder ve erişkin dönemde santral bölgede yapısal değişiklikler meydana gelir. Bu normal seyir sıklıkla dejenerasyon belirtisi zannedilebilir ancak bu durum gerilme ve kompresyon şeklindeki mekanik streslere maruz kalan konnektif dokunun normal gelişme sürecidir. Büyüme periyodundaki mikroskobik değişiklikler ile dik pozisyonda yük taşıma ile meydana gelen İVD değişiklikleri birbirine benzemektedir (5,6). Mekanik indüksiyonu CEP gelişimi takip eder. CEP disk ve vertebra gövdesinin birbirine bakan yüzlerinde bulunur. Vertebra gövdesinin kartilajı bu ince hyalin kartilajdan gelişir ve diskin veya vertebra gövdesinin parçası sayılabilir (1,7,8).

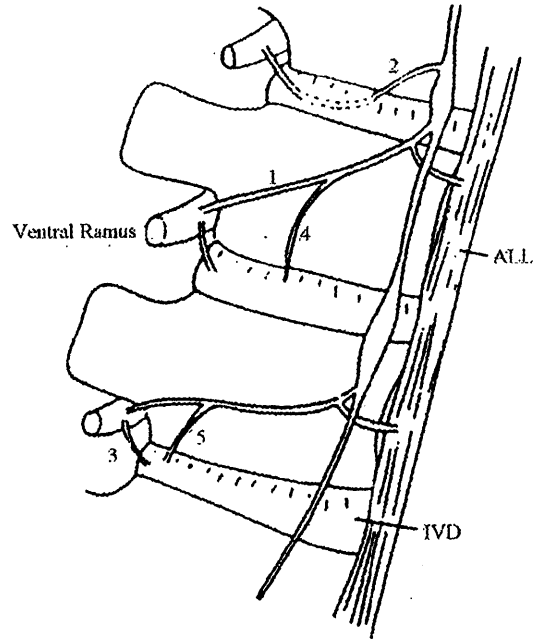
Beslenme

Gelişmenin erken devrelerinde diski saran kan damarları zamanla kaybolur ve periferik kısımları dışında olgun disk, komşu vertebraların spongios kemiklerinden diffüzyon ile beslenir. Crock ve Goldwasser tazılarda, CEP bölgesi kan dolaşımını izleyerek, kemik disk yüzeyinde devamlı kapiller yataklar olduğunu ve bunların NP bölgesinde yoğunlaştığını göstermişlerdir (9).

İnnervasyon

Disklerin innervasyonu ve ilgili yapılarındaki sinir dokuları klinik açıdan önemlidir. Luschka 1858 yılında sinuvertebral sinir (ramus meningeus)'i tanımlamıştır. Bu, vertebral kanalın rekürren siniri olup spinal kanal fibroz dokusunu (PLL ve periosteum), venöz sinüsleri ve dural segmentin innervasyonunu sağlar. Birçok araştırmacı bu sinirin kompozisyon ve dağılımına eklemeler yapmıştır (10,11). Sinuvertebral sinir spinal ve sempatik olmak üzere iki kaynaktan orijin alır. Spinal kısmı, dorsal kök ganglionlarının distalinden tekrar spinal kanala dönerek ortada diskin alt ve üstüne doğru dallar

verir (Şekil 2). Serrano Vela 1973'te fetus ve erişkinde bu sinirin dağılımını tekrar inceledi. Fetusta ALL ve PLL ile birlikte AF lamellasını ligamentlerden ayıran bağ dokuda ve hatta 1-2 mm annulus dış kısmında sinir fibrilleri saptadı. Erişkin İVD santral kısmında ise sinir fibrilleri bulamadı ve disk innervasyonunun sinuvertebral sinirle sınırlı olmadığını, myelinsiz ön fibriller bulunduğunu bildirdi (12). ALL ve disk yan yüzlerinin düşünülenden daha kompleks olduğu saptanmıştır (13). İVD'ler spinal sinir kökleriyle yakın ilişkide olup, bu yakınlık disk protrüzyonlarının patolojik sonuçlarından sorumludur. Lomber ve torakal sinir köklerinin seyirleri farklıdır. Torasik kökler lateralden geçerek disk seviyesinin üstünde seyrederek, bu nedenle torakal bölgede diskopati çok daha nadir olur.

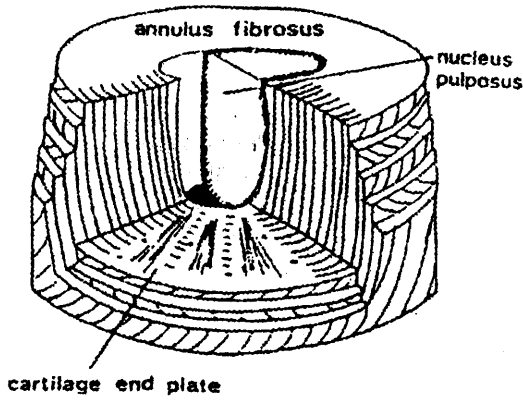


Şekil 2. İntervertebral diskin innervasyonu. (ALL: Anterior Longitudinal Ligament İVD: İntervertebral Disk. 1: Ramus Communicans. 2: Paradiscal Ramus Communicans. 3: Ventral Ramusun İVD dalı. 4-5: Ramus Communicansın İVD dalları).

Yapı

İnsan İVD'yi nükleus pulposus (NP), annulus fibrosus (AF) ve kartilaj son plak (CEP) olmak üzere üç dokudan oluşur. NP ve AF alttan ve üstten CEP ile kaplıdır (Şekil 3). İVD yapısı ve kompozisyonu fonksiyonla bağlantılıdır.

Vertebralı canlıların İVD'leri farklılıklar göstermektedir. İnsanlarda fetal dönemde İVD'te notokordal hücreler vardır ve bu hücreler 30 yaş altında kondrodistrofoid yolla kaybolurlar. İnsan dahil kondrodistrofoid canlılar erişkin dönemde yüksek disk rahatsızlıkları gösterirler (14). İVD'te yaşlanmak ile meydana gelen değişiklikler 3. dekattan sonra düşünülürse de değişiklikler fetal devrede başlamaktadır. Üçüncü dekattan sonra travma veya başka bir etki olmaksızın NP ve AF'da radyografik, mikroskopik, makroskopik ve biyokimyasal değişiklikler meydana gelir (15,16).



Şekil 3. İntervertebral diskin üç boyutlu görünümü.

Nükleus Pulposus (NP)

İVD santral bölgesinde yumuşak ve oldukça hidrofilik madde içeren, infantlarda ve genç erişkinlerde dikdörtgen şeklinde, yetişkinlerde ise değişken görünümde olan yapıdır. Santral zon ve periferik fibröz duvar arasında net bir sınır bulunmamaktadır. Bu iki bölge arasındaki en önemli fark fibriller yoğunluk olup; NP sıvı tutan glikozaminoglikan içeren ekstrasfibriller alanlara sahiptir. Taylor ve arkadaşları AF ve NP arasında transizyonal zone (TZ) adı verilen yüksek metabolik aktiviteye sahip bir bölge tanımladılar ve NP'un büyüme plağı olduğunu ileri sürdüler (14). Bu bölge hormonal ve kimyasal büyüme etkilerine duyarlı olup; NP iç annulusun genişlemesiyle büyür, AF çapı ise horizontal düzlemde yeni lameller eklenip genişlemesiyle büyür. Diskografik görünümdeki değişikliklerin, santral zon hidrasyonundaki değişikliklere bağlı olabileceği Adams ve arkadaşları tarafından bildirilmiştir (17). Diske uygulanan güç ve

stresleri yansıtan mekanik delaminasyonlara bağlı değişiklikler de meydana gelebilir (18). NP'un yeri bölgeye göre değişir ve fonksiyonla da ilişkilidir. Genellikle servikal disklerde santral, lomber disklerde ise posterior yerleşimlidir. NP glikozaminoglikan (mukopolisakkarit), kollajen fibriller, mineral tuzlar, su ve hücre sel unsurlardan oluşan heterojen bir yapıdır. Yaşamın ilk yıllarında % 80-88 oranında su içeriğine sahip iken bu oran 4. dekattan sonra % 70'e kadar düşer (4,9). NP, elastik ve hidrate jel kayboldukça amorf ve kahverengi hale gelerek fibrotik bir şekil alır. NP üç boyutlu kollajen fibril kafesinden meydana gelmiş olup proteoglikan (mukoprotein) jel içerir. Bu kompleks, nükleusun hidrofilik karakterinden sorumlu olup, disk yaşlandıkça jel yapı kaybolarak kollajen fibriller elektron yoğun granüllerle sarılırlar (20).

İVD proteoglikanları, normal hyalin kırıkdağa göre daha küçük boyutlu ve değişik kompozisyonudur (21). İnsan İVD proteoglikanları hyalüronik asit çökertebilen keratin sülfat ve kondroitin sülfat içerirler (22). Hyalin kırıkda proteoglikanları ile karşılaştırıldığında, İVD'in daha çok keratin sülfat ve protein, daha az kondroitin sülfat içerdiği görülür. Buckwalter ve arkadaşları, insan infant İVD proteoglikanları ile hyalin kırıkda proteoglikanlarının aynı yapıda fakat farklı boyutlarda olduğunu bildirmişlerdir (23). Aynı araştırmacılar AF ve CEP proteoglikanlarının NP'dan farklı olduğunu tesbit etmişlerdir. NP'da proteoglikan agregatlarının oranı doğumdan sonra 6. aya kadar düşer. Bu özellik AF ve CEP proteoglikanlarında bulunmaz. NP proteoglikanları, AF ve CEP'e göre daha az protein içerirler.

İVD proteoglikanları su çekme özelliğinde olup, statik ve dinamik etkilere göre su içeriklerini ayarlayabilirler. Proteoglikan içeriğindeki değişiklikler mekanik sonuçlar doğururlar. Yaşlanma ile total proteoglikan içerik azalır, keratin sülfat-kondroitin sülfat oranı artar (24). Ayrıca yaşla birlikte disk dokusunda amiloid depolanması artar (25).

NP, notokordal ve kondrosit benzeri hücreler olmak üzere iki tür hücre içerir. Bu hücrelerin NP içindeki kompozisyonları yaşam boyu farklılıklar gösterir. Fetusta NP'un yaygın hücre tipi kondrosit benzeri hücrelerdir, bir kaç izole notokordal hücre de bulunabilir. Yaş artışı ile birlikte büyük kondroid hücreler, dev kondronlar NP matriksinde belirir (26). Bu hücrelerin

çevresinde PAS (+) ekstrasellüler granüler matriks gözlenir, nadiren 30 yaş üzerinde küçük kondroid hücreler belirir (27). Disk dejenerasyonunda ilk gözlenen morfolojik değişiklik CEP'in komşu vertebra üzerinden ayrılmasıdır (2).

İVD'te hücre şekli ve fibrillerin oryantasyon dereceleri arasında fonksiyonel bir ilişki vardır. Annulus ve nükleus hücrelerindeki granüler maddelerin dağılımı kollajen fibril üretimi ile ilgili olduklarını düşündürmektedir. Fibriller; hücrelerin son kısmında üretildiği annulus hücrelerinde, stoplazmik granüllerin olduğu aktif bölgede toplanmıştır. Fibril üretimi her yödedir, NP hücrelerinde ise granüler madde tüm sitoplazmaya dağılmıştır. NP ve AF'daki hücre yapısının önemi; kollajen fibriller ve proteoglikan üretmeleridir.

Annulus Fibrosus

AF, üç boyutlu mimarisi karmaşık fibrokartilaj bantlar içeren, geometrisi fonksiyona göre değişen CEP'ten ayrılarak NP'ü saran bölümdür. Disklerin özellikle iç tabakalarında oblik olmak üzere annuler bantlar kabaca paralel yön izlemektedir. Lamellanın sayısı, boyut, kalınlık ve bant obliklikleri; aynı diskte, diskler arasında ve şahıslar arasında büyük farklılıklar gösterir. Fetusta fibril kalınlığı ve lamella organizasyonunda büyük farklılıklar gözlenmektedir. Mekanik etkiler muhtemelen erişkinde görülen yapıdan sorumludur. Fonksiyonel hücresel aktivite ve vertebra kolonunun yüklenmesi arasındaki ilişkinin belirlenmesi için yapılan elektronmikroskopik çalışmalar göstermiştir ki, emeklemeden yürüyüşe geçiş ve seksüel olgunlaşma döneminde olgun diskten farklılıklar bulunmaktadır (5).

Fibrokartilajinöz lamella yoğunluğu annuler bölgenin fonksiyonuna bağlı olup ön ve arkada sıkı paketlenen lameller yanlarda daha gevşektir. Lameller bantlar tam bir halka oluşturmazlar ancak birbirleriyle karışıp ayrılarak karmaşık bir yapı oluştururlar. AF posterolaterali düzensizlik gösterir ve yaşlanmayla birlikte burası en zayıf bölge haline gelerek, NP herniasyonlarına predispozisyon oluşturur (28).

Yaşamın daha sonraki bölümlerinde hidrasyon etkileri gibi önemli değişiklikler meydana gelmesiyle NP posteriora göç eder ve annuler halkada radyal yırtıklar, deformateler gözlenir;

AF yarıklanması ve kartilajinöz metaplazi meydana gelir (29).

Johnson ve arkadaşları, ışık mikroskobu ile AF'daki elastik fibrillerin dairesel, oblik ve vertikal düzenlendiklerini göstermiştir (30). AF lameller tabakaları arasındaki fibriller; kollajen ve elastik fibriller içeren interlameller fibrillerdir. Elastik fibriller dallanıp serbestçe anastomozlaşarak dokuya dinamik fleksibilite kazandırmaktadır. AF lamellaları içinde longitudinal, sirküler ve oblik düzenlenmiş elastik fibriller kemik vertebraya penetre olarak Sharpey Fibrilleri adını alırlar (30). Elastik fibrillerin AF bağ dokusunun sabit elemanları olduğu bildirilmiştir (31).

AF'daki kollajen fibrillerle ilgili elektron mikroskop çalışmalarında; annulusta matriks kollajen fibrillerinin tabakalar halinde düzenlendikleri ve biaksiyal oryantasyon gösterdikleri tesbit edildi (32,33). Kollajen tipindeki değişikliklerin skolyoz gibi hastalıkların ortaya çıkmasında etkili olduğu düşünülmektedir (14). AF total kollajen içeriği dış tabakadan NP'ya doğru azalır. Bununla beraber Tip II/Tip I kollajen oranı AF dış tabakasından NP'ya doğru bölge bölge artış gösterir. Son çalışmalar kollajen Tip III varlığını da göstermiştir (34,35). Adams ve Deyl normal ve dejenere İVD AF'larında kromatografik tetkiklerle İVD'lerdeki Tip III kollajenin doğal olarak bulunduğunu tesbit ettiler (35). Tip III kollajenin AF dış kısmında İVD prolapsusuna bağlı olabileceği düşünülmüştür.

AF ve NP'un tüm kimyasal yapısı ve proteoglikanlar yaşlanmayla değişirler. Değişik yaşlardaki normal diskler üzerinde yapılan çalışmalarda AF'un topografik dağılımı belirlenmiştir (24). Tip I kollajen AF dış bölgelerinde, Tip II iç bölgelerinde bulunur, nükleus ise sadece Tip II kollajen içerir. Tip I kollajen tendonlar için tipik olup, Tip II kollajen eklem kıkırdağında bulunur. AF'un gerilme gücü Tip I kollajen, kompressif gücü Tip II kollajen tarafından sağlanır. Yaşlanmayla annulus kollajen içeriği artar ancak Tip II kollajen içeriği değişiklik göstermez.

Annuler fibriller CEP köşelerinden geçerek kompakt kemiğe kendilerini bağlayarak vertebra kenarının dış kısmını oluşturmaktadırlar. Komşu vertebranın merkezine ve periostuna da uzanarak sabit bağlantılar meydana getirmektedirler (2,28,36). Hashizume, İVD'lerdeki fibriller sistemi inceleyerek; lumbal bölgedeki fibriller sisteminin 7. embriyonik ayda geliştiğini ve

yaşamın 10. ayında tamamlandığını bildirmiştir (2). AF 1/3 iç oblik fibril bantları CEP ile bağlantı sağlarken, 2/3 dış bantlar vertebra gövdelerine bağlanırlar. Fibriler bağlanma; vertebra kenarı ossifiye olmasa da fetüsta mevcuttur.

Kartilaj Son Plak (CEP)

Bu yapı vertebranın her iki ucunda bulunarak İVD'in anatomik sınırını teşkil eder. CEP üç ana fonksiyona sahiptir:

1-Vertebra merkezini basınç atrofisinden korur (28),

2-AF ve NP'u anatomik sınırlarıyla kuşatır,

3-Semipermeabl bir membran gibi AF, NP ve vertebral gövde sıvı alışverişini osmotik yolla sağlar (37).

Yapılan permeabilite çalışmalarında CEP'lerin sadece santral bölgesinin geçirgen olduğu saptandı (38). CEP, yapısal olarak yumuşak, homojen ve esnek bir saydam proteoglikan matrikse sahiptir. Matriks boydan boya karmaşık ve rastgele uzanan beyaz fibrillerle doludur. Arada kıkırdak elamanları içeren alanlar mevcuttur (39-43).

Yaşamın ilk yıllarında CEP'ler ince bir kalsifiye tabaka ile vertebra merkezine ve köşelere gevşekçe bağlanırlar (28). CEP derinlerine penetre olan çok sayıda ince vasküler kanal bildirilmiştir. CEP'ler ince yarıklar aracılığıyla vertebra kemik iliği ile ilişki kurarak besinlerini almaktadırlar (43,44). Böylece CEP, İVD beslenmesinde önemli rol oynamaktadır. CEP'teki vasküler kanallar yaşlanmayla daralarak 3. dekattan itibaren ortadan kalkarlar. Bundan sonra CEP'lerde retrogressif değişiklikler meydana gelerek ossifikasyon belirtileri ortaya çıkar ve kalsifikasyon artar (27).

Fonksiyonlar

IVD'in ana fonksiyonu iki vertebra korpusu arasında deformasyon gösterebilen bir yüzey meydana getirerek vertebral kolonun hareketliliğini sağlamak ve kompressif güçlere karşı şok emici rol oynamaktır (8,18,45-47). IVD fleksibl olup kalınlığı ile komşu vertebralar arasında hareket amplitüdünü belirler. Fibröz doku gerilme gücü ile hareketlere izin verir ancak

kompressif güçlere zayıf cevaplar verir. Bu durumda IVD içindeki hidrolik bölgenin varlığı sayesinde aşılır. Hidrolik bölgenin hacmi sabit kaldığı için maruz kalınan basınç fibröz duvara eşit olarak dağıtılır (48). Santral bölge fibröz kollajen ve glikozaminler nedeni ile oldukça hidrofilik olup yoğun bir periferik halka halindeki AF ile kaplıdır. Bu birim stabilizasyonu sağlamak için deformasyonları üç yönlü absorbe edip her yönde dağıtmaktadır. Arka yüzdeki apofizyal eklemler kaymayı sınırlamaktadır (49). IVD fibröz yapıları; kompresyon, torsiyon ve makaslama şeklindeki stressleri karşılamak zorundadır.

Vertebra korpus alanı ortalama 305 mm² olup sakruma doğru artmaktadır (1055 mm²). Servikalde korpus yüksekliği ortalama 14.1 mm, lumbalde ise 26.2 mm'dir (50). IVD yüksekliği aşağı doğru artmak üzere 7.1-12.5 mm arasındadır (51). Servikal bölgede nükleus diskin arkasına doğru yerleşmiş olup, disk yüksekliği vertebra korpusunun 2/5'i kadardır. Torakal bölgede NP servikaldeki gibidir ve disk yüksekliği vertebra korpusunun 1/5'idir. Lumbal bölgede NP boyutları büyür ve disk yüksekliği vertebra korpusunun 1/3'üne ulaşır. Lumbal diskler aynı görünüme sahip olup sağlıklı erişkinlerde ovaldirler.

Ultrastrüktürel düzeyde NP, AF ve CEP ile fibrilleri paket sistem görünümündedirler (2). Bu sistem yerçekimi ve torsiyona karşı tampon olarak düşünülmektedir (44,52). Bu sistem aynı zamanda vertebra kolonuna yansıyan kuvvetlere karşı şok absorpsiyon görevi yüklenir (53).

IVD fonksiyonlarının önemli ölçüde NP elastisitesine bağlı olduğu, bunun da su bağlama kapasitesi ile ilgili olduğu bilinmektedir. Suyun disk tarafından alıkonması: 1-Osmotik basınç, 2-Proteoglikan jel tarafından sağlanan emme basıncı şeklinde olmaktadır (15). Osmosis oldukça önemli olup, IVD osmotik bir sistem olarak kabul edilir. AF veya CEP'da meydana gelen küçük bir yırtık, su dengesini alt üst edebilmektedir (54).

IVD' in Mekanik Davranışları

IVD güç ve basınç ölçümleri göstermiştir ki AF gerilme kuvveti 15-50 kg/cm² arasındadır, vertebral korpusun ise 8-10 kg/cm² dir (18). Longitudinal ligamentlerin gerilme gücü ortalama 200 kg/cm² olup disk rüptürüne

rezistans sağlamaktadır. İVD gerilme gücünün vertebra korpusundan daha fazla olduğu zira vertebral fraktürlerin disk rüptürü olmaksızın gerçekleşebildiği düşünülmüştür. İVD'in nihai torsiyonel gücü üçlü eklem sağlam olduğu sürece 40 kg/cm²'dir ve izole diskte ise 21 kg/cm²'dir (55).

İVD son noktası çelik gibidir. Son nokta açılrsa bile disk dinlendikten sonra toparlanabilir. Diskin toparlanması; doku sıvısının disk tarafından emilmesi ve deforme eden kuvvetin ayrılması gibi iki faktöre bağlıdır.

İVD'in statik yüklenmesinde, disk deformasyonu yüklemenin süreklilik göstermesi ile meydana gelir, 5 dakikadan sonra stabil hale gelir. Dinamik bir yük uygulandığında ise İVD 1 sn kadar vibrasyon yapar, tedricen vibrasyonlar ortadan kalkar, böylece İVD salınımları azalarak şok emici rol oynar (56,57).

İVD statik olarak elastik sınırına ulaşınca kadar yüklenir, ek olarak dinamik yüklenme yapılırsa vibrasyon oluşur ve AF ile kemik bağlantıların limiti aşıldığında disk hasarı meydana gelir. Disk sıvı akımı ve beslenme açısından intradiskal basınç önemlidir (58-60). Bazı özel koşullarda (öksürmede % 40, yük taşırken % 50, gövde rotasyonunda % 40, merdiven çıkarken % 40, yavaş yürürken % 15) disk basıncı artmaktadır. Lumbal segmentlerin fleksiyon yüklenmesi İVD sıvı kaybına ve yüksekliğinin azalmasına yol açar (58,59). Böylece lumbal vertebraların fleksiyonunu gerektiren oturma pozisyonu dik pozisyona göre fazla sıvı kaybına yol açar. Postür, sıvı akımı ve disk beslenmesi arasındaki ilişki; geleneksel olarak çöelmeye alışmış toplumlarda lumbal disk dejenerasyonu insidansının az olmasını açıklamaktadır (61).

Yaşlanma ile İVD'in mekanik düzenlenmesi ve biyomekanik tepkileri ilk dekadlara göre değişme gösterir. Disk alanı daralır ve arka yüz eklemleri temas alanı büyür. İVD'lerde yapısal değişiklikler meydana geldiğinde arka eklemlerde de değişiklikler oluşur. Nükleus turgoru kaybolup, alan azaldıkça eklemler aktif olarak yük taşıyan unsurlar haline gelir (62).

İVD kompleks bir yapıya sahip olup, yaş ve travma ile değişikliğe uğrar ve rejeneratif özelliği vardır. Nükleus ile anulustaki yapısal ve

biyokimyasal değişikliklere bağlı olarak yaşlanmayla tamir yeteneği azalır.

Daha ileri çalışmalar ile İVD'in yapısı ve üç komponentinin ilişkileri bilinirse; disk davranış ve mekanizmaları daha iyi anlaşılacaktır.

Kaynaklar

- 1-Beadle O. *The intervertebral discs: Observations on their normal and morbid anatomy in relation to certain spinal deformities. M.R.C. Spec Rep Ser (Lond) 1931; 161: 1-79.*
- 2-Hashizume H. *Three dimensional architecture and development of lumbar intervertebral disc. Okayama Acta Med 1980; 34: 301-14.*
- 3-Papova-Latkina NA. *Development of the intervertebral disks and chorda in the embryonal stage in man. Anat Anz 1967; 121: 518-36.*
- 4-Keyes DC, Compere FL. *The normal pathophysiology of the nucleus pulposus of the intervertebral disc. J Bone Joint Surg 1932; 14: 897-938.*
- 5-Pavlova MN, Pogozhwa TI. *Structural and functional characteristics of the IVD of infants in the first year of life. Arkh Anat Histiol Embriol 1980; 79: 91-8.*
- 6-Taylor JR. *Growth of the human IVD and vertebral bodies. J Anat 1975; 120: 149-61.*
- 7-Peacock A. *Observations on the pre-natal development of the intervertebral disc in man. J Anat 1951; 85: 260-74.*
- 8-Walmsley R. *The development and growth of the intervertebral disc. Edin Med J 1953; 60: 341-63.*
- 9-Crock HV, Goldwasser M. *Anatomic studies of the circulation in the region of the vertebral end plate in adult greyhounds. Spine 1984; 9: 702-6.*
- 10-Pederson HE, Blunck CF, Gardner F. *The anatomy of lumbosacral posterior rami and meningeal branches of spinal nerves with an*

- experimental study of their function. *Am J Bone Surg* 1956; 38: 377-81.
- 11-Roofe PG. Innervation of annulus fibrosus and posterior longitudinal ligaments. *Arch Neurol Psychiatry* 1940; 44: 100.
- 12-Serrano Vela R. La discographie. *Confrontations Anatomo-Radio-Logiques et Cliniques dans l'Etude du Desque Intervertebral Lorbaire. Marseille, Thesis, 1973.*
- 13-Bogduk N, Tynan W, Wilson AS. The nerve supply to the human lumbar IVD. *J Anat* 1981; 132: 39-56.
- 14-Taylor TKF, Ghosh P, Bushell GR. The contribution of the intervertebral disc to the scoliotic deformity. *Clin Orthop* 1981; 156: 79-90.
- 15-Hendry N. The hydration of the nucleus pulposus and its relation to intervertebral disc dearangement. *Br J Bone Joint Surg* 1958; 40: 132-44.
- 16-Hallen A. The collagen and ground substance of human intervertebral discs at different ages. *Acta Chem Scand* 1962; 16: 705-10.
- 17-Adams MA, Dolan A, and Hutton WC. The stages of disc degeneration as revealed by discogram. *Br J Bone Joint Surg* 1986; 68: 36-41.
- 18-Rabischong P, Louis R, Vegraud J, Massacre C. The intervertebral disc. *Anat Clin* 1978; 1: 55-64.
- 19-Lindahl O. *Über den Wassergehalt des Knorpels. Acta Orthop Scand* 1948; 17: 134.
- 20-Buckwalter JA, Maynard JA, Cooper RR. Sheathing of collagen fibrils in human IVD. *J Anat* 1978; 125: 615-18.
- 21-Berthert C, Hulmes DJS, Miller A, Timmins PA. Structure of collagen in cartilage of IVD. *Science* 1978; 199 (4328): 547-49.
- 22-Stevens RL, Ewins RJF, Revell PA, Muir H. Proteoglycans of the intervertebral disc. Homology of structure with laryngeal proteoglycans. *Biochem J* 1979; 179: 564-72.
- 23-Buckwalter JA, Pedrini-Mille A, Pedrini V, Tudisco C. Proteoglycans of human infant intervertebral disc: Electron microscopic and biochemical studies. *Am J Bone Joint Surg* 1985; 67: 284-94.
- 24-Adams P, Eyre DR, Muir H. Biochemical aspects of development and aging of human lumbar intervertebral discs. *Rheum Rehabil* 1977; 16: 22-9.
- 25-Ladefoged C, Fedders O, Petersen OF. Amyloid in intervertebral disc: A histopathological investigation of surgical material from 100 consecutive operations on herniated discs. *Ann Rheum Dis* 1986; 45: 239-43.
- 26-Peereboom JWC. Some biochemical and histochemical properties of the age pigment in the human IVD. *Histochemie* 1976; 37: 119-30.
- 27-Pritzker KPH. Aging and degeneration in the lumbar IVD. *Orthop Clin North Am* 1977; 8: 65-77.
- 28-Kazarian L. Injuries to the human spinal column: Biomechanics and injury classification. *Exerc Sport Sci Rev* 1981; 9: 297-352.
- 29-Fahrni WH. Conservative treatment of lumbar disc degeneration: Our primary responsibility. *Orthop Clin North Am* 1975; 6: 93-104.
- 30-Johnson EF, Chetty K, Moore IM, Stewart A, Jones A. Distribution and arrangement of elastic fibres in intervertebral discs of adult humans. *J Anat* 1982; 135: 301-9.
- 31-Johnson EF, Caldwell R, Berryman H, Miller A, Chetty K. Elastic fibres in annulus fibrosus of dog intervertebral disc. *Acta Anat* 1984; 118: 238-42.
- 32-Happey F, Horton WG, MacRae TP, Naylor A. The human intervertebral disc. *Nature* 1955; 175: 1032.
- 33-Happey F, MacRae TP, Naylor A. X-ray cryotallographic investigation of the changes with age in the structure of the human intervertebral disc. In: Randall JT Jackson

- SF, eds. *Nature and Structure of Collagens*. London: Butterworths, 1953; 65-85.
- 34-Beard HK, Roberts S, O'Brien JP. Immunofluorescence staining for collagen and proteoglycan in normal and scoliotic intervertebral disc. *Br J Bone Joint Surg* 1981; 63: 529-39.
- 35-Adams M, Deyl Z. Degenerated annulus fibrosus of the intervertebral disc contains collagen type 3. *Ann Rheum Dis* 1984; 43: 258-63.
- 36-Inoue H. Three dimensional architecture of lumbar intervertebral disc. *Spine*, 1981; 6:139-46.
- 37-Armstrong J. *Lumbar Disc Lesions*. Edinburgh: ES Livingstone 1958.
- 38-Nachemson A, Elfstrom G. Intravital dynamic pressure measurements in lumbar discs. A study of common movements, maneuvers and exercises. *Scand J Rehab Med* 1970; 1 (Suppl): 1-40.
- 39-Cleland C. On fibroblasts and intervertebral disc. *J Anat Physiol* 1989; 24: 373.
- 40-Coventry M, Ghormley R, Kernohan J. The intervertebral disc: Part I-Its microscopic anatomy, development and pathology. *J Bone Joint Surg* 1945a; 27: 105-12.
- 41-Coventry M, Ghormley R, Kernohan J. The intervertebral disc: Part II-Changes in the intervertebral disc concomitant with age. *J Bone Joint Surg* 1945b; 27: 233-47.
- 42-Coventry M, Ghormley R, Kernohan J. The intervertebral disc: Part III-Pathological changes in intervertebral disc. *J Bone Joint Surg* 1945c; 27: 460-74.
- 43-Schmorl G, Junghanns H. *The Human Spine in Health and Disease*. New York: Grune & Stratton, 1971.
- 44-Inoue H. Three dimensional observations of collagen framework of intervertebral disc in rats, dogs and humans. *Arch Histol Jpn* 1973; 36: 39-56.
- 45-Smith R. The intervertebral disc. *Br J Surg* 1951; 18: 358-75.
- 46-Hansen H. A pathologico-anatomical study on disc degeneration in dog. *Acta Orthop Scand* 1952; 1 (Suppl): 1-117.
- 47-De Palma AF, Rothman RH. *The Intervertebral Disc*. Philadelphia: WB Saunders, 1970; 26-30.
- 48-Van den Hooff A. Histological age changes in the annulus fibrosus of the human intervertebral disc. *Gerontologia* 1964; 9: 136-49.
- 49-Yang KH King IA. Mechanism of facet load transmission as a hypothesis of low-back pain. *Spine* 1984; 9: 557-65.
- 50-Yamada H. *Strength of Biological Materials*. Huntington, N.Y., R.E. Krieger, 1973; 297.
- 51-Lin H, Liu Y, Adams K. Mechanical response of the lumbar intervertebral joint under physiological (complex) loading. *Am J Bone Joint Surg* 1978; 60: 41-55.
- 52-Takeda T. Three dimensional observation of collagen framework of human lumbar disc. *J Jpn Orthop Assoc* 1975; 49: 47-75.
- 53-Broberg KB, Von Essen HO. Modeling of IVD. *Spine* 1980; 5: 155-67.
- 54-Inman VT, Saunders JB. Anatomicophysiological aspects of injuries to the intervertebral disc. *J Bone Joint Surg* 1947; 29: 461.
- 55-Farfan HF, Cossette JW, Robertson GH, Wells RV, Kaus H. The effects of torsion of the lumbar intervertebral joints: The role of torsion in the production of disc degeneration. *Am J Bone Joint Surg* 1970; 52: 468-97.
- 56-Hirsch CS. The reaction of IVD to compressive forces. *Am J Bone Joint Surg* 1955; 37: 1188-92.
- 57-Rayhinstein VH, Ovseychik JG. Functional state of the intervertebral lumbar disc in rapid dynamic vertical loads. *Ortop Travmatol Protez* 1984; 8: 26-9.

58-Adams MA, Hutton WC. *The effect of posture on the fluid content of the lumbar IVD. Spine* 1983; 8 (6): 665-71.

59-Adams M, Hutton WC. *The effect of posture on the lumbar spine. Br J Bone Joint Surg* 1985; 67: 625-29.

60-Kraemer J, Kolditz D, Gowin R. *Water and electrolyte content of human IVD under variable load. Spine* 1985; 10: 69-71.

61-Fahrni WH, Trueman GE. *Comparative radiological studies of the spines of a primitive population with North Americans and North Europeans. Br J Bone Joint Surg* 1965; 47: 552-55.

62-Kazarian L. *Creep characteristics of the human spinal column. Orthop Clin North Am* 1975; 6: 3-18.

Yazışma Adresi:

Yrd.Doç.Dr. Erdal Kalkan

Süleyman Demirel Üniversitesi

Tıp Fakültesi

Nöroşirürji Anabilim Dalı

32040/ İSPARTA