

## Uzun Seviye Stabilizasyonda Dinamik Sistem ile Rijid Sistemin Karşılaştırılması

### Comparison of Dynamic and Rigid System Instrumentation in Long Segment Stabilization

#### Öz

Dejeneratif omurga hastalıklarının, yaşlanan nüfusla birlikte toplum içerisinde görülme sıklığı artmaktadır. Dejenerasyon süreci, kemik yapılar ve intervertebral diskleri kapsar ve çoğunlukla kronik aşırı yüklenmenin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Uzun yıllardır füzyon ve rijid enstrümantasyon, dejeneratif hastalıkların en ideal cerrahi tedavisi olarak bilinmekteydi. Ancak bu teknikte gelişen komşu segment komplikasyonlar ve enstrümantasyonla birlikte hareket kabiliyetinde azalma, dinamik sistemlerin geliştirilmesinde öncü oldu. Dinamik stabilizasyon, teorik olarak komşu spinal segmentlerde biyomekanik stresi azaltmak ve implantın yorgunluk yetmezliğinin önüne geçmek amacıyla ortaya çıkmıştır. Dejeneratif disk hastalıkları, spinal stenoz, spondilolistezis ve deformite cerrahisinde alternatif bir tedavi yöntemi olarak kullanılabilir. Posterior interspinöz ayrıştırıcılar, posterior pedikül fiksasyonlu dinamik stabilizasyon sistemleri ve total faset replasman sistemleri olarak kategorilendirilmektedir. Rijid ve dinamik sistemlerin klinik sonuçları benzer bulunmuştur. Dinamik sistemlerle komşu segment patolojileri daha az görülmekte ve omurganın fizyolojik hareket kabiliyeti daha fazla korunabilmektedir. Öte yandan, vida gevşemesi gibi implant yetmezliğine bağlı komplikasyonlarla dinamik sistemlerde daha sık karşılaşmaktadır. Bu derleme yazısında dinamik ve rijid sistemlerin uzun segment stabilizasyon gerektiren hastalardaki avantajlarını ve dezavantajlarıyla birlikte birbirlerine olan üstünlüklerini tartışmaktayız.

**Anahtar Sözcükler:** Torakolomber enstrümantasyon, Füzyon, Dinamik sistem, Rijid stabilizasyon, Dejeneratif omurga

#### ABSTRACT

The incidence of degenerative spine diseases is increasing with the aging population. The degeneration process includes alterations in the osseous structures and intervertebral disks and evolves as a consequence of chronic overloading. For decades, fusion and rigid instrumentation were accepted as the mainstay of surgical treatment of degenerative diseases. However, the complications associated with the technique in adjacent spinal segments, and the limitation of motion have led to the improvement of dynamic instrumentation systems. Dynamic stabilization theoretically aims to reduce the biomechanical stress in the adjacent spinal segments and to avoid the fatigue failure of implants. They are indicated in degenerative disc diseases, spinal stenosis, spondylolisthesis, and deformity surgery. Dynamic systems are categorized as posterior interspinous spacers, posterior pedicle fixation dynamic stabilization systems and total facet replacement systems. The clinical outcomes of rigid and dynamic systems are found to be similar. Adjacent segment pathologies are less and motion is better preserved via dynamic systems. On the other hand, the frequency of complications associated with implant failure such as screw loosening is higher, compared with the rigid instrumentation. In this literature review, we discuss the advantages and disadvantages of dynamic and rigid stabilization systems in patients who require long-segment instrumentation.

**Keywords:** Thoracolumbar instrumentation, Fusion, Dynamic system, Rigid stabilization, Degenerative spine

## GİRİŞ

Yaşlanan omurgayla birlikte görülen dejenerasyon, günümüz nöroşirürji pratiğinde sık karşılaşılan bir durumdur. Intervertebral disk dehidratasyonu ve anulusta gerilme ile başlayan süreci, disk yüksekliğinde azalma ve segmental instabiliteye yol açan anormal hareket takip eder. Enstrümantasyonlu veya enstrümantasyonsuz füzyon, günümüze kadar bu hastaların tedavisinde mekanik problemleri azaltmak amacıyla sıklıkla kullanılmaktaydı.

Pedikül vida fiksasyonu ile birlikte yapılan rijid enstrümantasyon, füzyon hızını ve başarısını artırmakta ve iki veya daha fazla spinal segmenti immobilizasyonunu sağlayarak intervertebral ve posterolateral artroz oluşumuna katkıda bulunur. Bazı rijid enstrümantasyon tekniklerinde füzyon oranları %100'ü bulmakta, klinik sonuçlar ise %60-80 arası olmaktadır. Buna rağmen rijid bir füzyon, her zaman başarılı klinik sonuçlara ulaşmayı sağlamayabilir (9). Rijid sistemlerin sertliği, fizyolojik düzeyin çok üstündedir. Bu sebeple rijid enstrümantasyonda psödoartroz, komşu segment bozukluğu ve postural veya yapısal değişikliklere uyumluluk sağlayamayan sagittal denge fiksasyonu gibi komplikasyonlar mevcuttur.

Dinamik sistemler 1980 yılında Sénégas ile başlamış, sonrasında pedikül vidalarını da içeren dinamik sistemlerle birlikte gelişmesi hız kazanmıştır. Füzyonlu sistemlerde esas amaç, füzyon oluşana kadar omurgaya stabilizasyon kazandırmaktır. Dinamik enstrümantasyonun ise bu stabilizasyon görevini ömür boyu sağlaması hedeflenmektedir (17). Ayrıca dinamik sistemlerle komşu segmentte dejenerasyonun da azaltılması hedeflenmektedir. Bu sistemler, disk üzerine binen yükü azaltarak disk dokusunda rehidratasyon ve tamire fırsat vermektedir. Spinal stenoz, dejeneratif disk hastalığı, spondilolistezis ve deformite cerrahisinde günümüzde alternatif bir tedavi yöntemi olarak kullanılabilir (9). Dinamik sistemler; 1) Posterior interspinöz ayrıştırıcılar (spacer), 2) posterior pedikül fiksasyonlu dinamik stabilizasyon sistemleri ve 3) total faset replasman sistemleri olarak kategorilendirilmektedir (21).

### 1) Dinamik rodlar

Dinamik stabilizasyon ilk olarak anormal segmenti stabilize etmek ve dejenere disk ve faset eklemleri üzerindeki yükü azaltırken hareketi korumak amaçlı ortaya çıkmıştır (49). Elastik olmayan bantlı Graf ligaman sistemi ve Dynesis sistemi, günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır. Metalik omurga implantları, başarılı füzyon sağlamak ancak sertliklerinden ötürü komşu seviyede disk dejenerasyonu ve yetmezliğe yol açabilmektedir. Semirijid rod fiksasyonu ile komşu segmentte daha az stres olmaktadır.

Graf ligaman sistemi, 1992 yılında Graf tarafından bel ağrısını füzyonsuz tedavi etmek için tanımlanmıştır. Daha sonra semptomatik seviyenin superior ve inferioruna titanyum pedikül vidaları yerleştirilerek ve bu vidalara polipropilen gerilim bantları ekleyerek sistemi geliştirmiştir. Bu sistemle annüler yırtıkların iyileşmesi hedeflenmektedir. Yapılan bir çalışmada Graf ligamentoplastinin ODI skorlarını iyileştirdiği ancak 50 hastanın 12'sinde postoperatif radikülopati geliştiği raporlanmıştır (22). Bir diğer çalışmada bel ağrısı olan 83 hastada Graf ligamentoplasti ve posterolateral füzyon karşılaştırılmış, 2 yıllık takipte Graf ligamentoplasti yapılan hastaların %72'sinde tekrardan cerrahi gerektiği gösterilmiştir (23).

Graf ligamentoplasti, yükün posterior annulustan anteriora geçişini sağlayarak bu bölgede intradiskal basıncın artmasına ve disk dejenerasyonunda hızlanmaya neden olmaktadır. Bu posterior yüklenme de bir ağrı kaynağı olabilmektedir. Ayrıca posterior gerilmeye bağlı lokal lordoz artışıyla birlikte foraminal ve lateral reses stenozunu indüklemekte, bu durum da postoperatif radikülopati riskini artırabilmektedir (9). Spondilolistezis veya fleksiyon instabilitesi olan hastalarda kullanılması önerilmektedir (21).

Dinamik nötralizasyon sistemi (Dynesys), titanyum alaşımlı pedikül vidaları, polyester kordlar ve polikarbonat üreten ayrıştırıcılardan oluşan bir sistemdir. Bu sistemle omurga fleksiyonuna direnç sağlanmaktadır ancak ekstansiyon sırasındaki kompresyonun sebep olduğu foraminal daralma ve posterior annulustaki yüklenmeye karşı zayıftır (21). Ciencia ve ark., dejeneratif disk hastalığı olan ve Dynesis ile stabilizasyon yapılan 102 hastada postoperatif 3 yıllık takipte 26 hastada disk taşmasının kaybolduğu ve posterior longitudinal ligaman ve lomber spinal kanal restore olduğunu bildirmişlerdir (15). Sistemin kontrendikasyonları arasında spinal fraktürler, enfeksiyon, litik veya istmik spondilolistezis, evre 2'den yüksek dereceli dejeneratif spondilolistezis, fasetektomi ve torakal veya servikal stabilizasyon öyküsü sayılabilir (21).

Biyomekanik çalışmalar, Dynesis sisteminin füzyonlu sistemlerden daha fazla esnekliği koruduğunu göstermiştir. Schmoelz ve ark., aksiyel rotasyonla birlikte disk üzerindeki yükün bir miktar değiştiğini ve fleksiyon postüründe intradiskal basıncı azaltarak anterior kolonda iyi bir destek olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada intradiskal basıncın rijid sistemle benzer olduğu gösterilmiştir (43).

### 2) Yarı-rijid rodlar

PEEK rodlar, dejeneratif spinal patolojilerde rijid sistemler kadar stabilite sağlamada alternatif olarak kullanılabilir (16). Laboratuvar testleri, fasetler üzerindeki aksiyel yükün PEEK rod tarafından %33'ünün, rijid rodlar tarafından %71'inin taşındığını göstermektedir (1). PEEK rod kullanımı ile intradiskal basınç, titanyum rodlarla göre daha düşüktür, bu da yük paylaşımı ile ilişkilidir. Özellikle dejeneratif instabilitesi olan hastalarda artroz olmadan posterior gerilim bantının ortaya çıkması, sistemin en önemli özelliğidir. Statik kompresif bükme (67 derecelik yer değiştirme) ve torsiyon (30 derece rotasyon) testlerinde rodta kırılma ve plastik deformasyon görülmemiştir (39). Bir diğer çalışmada, 90,000 fleksiyon/ekstansiyon devrinden sonra PEEK rodlarla stabilite kaybı gözlenmezken titanyum rodlarda stabilite kaybı oluşmuştur (14). Oğrenci ve ark.larının PEEK rod kullanılan 172 hastayla yaptığı bir klinik çalışmada ameliyat öncesi ve sonrası ağrı skorlarında iyileşme ve lomber lordoz açısında düzelme görülmüştür (35). 10 hastada reoperasyon gerekirken 4 hastada komşu segment hastalığı gözlenmiştir. Hiçbir hastada enstrümana bağlı enfeksiyon gözlenmezken 3 hasta yüzeyel yara enfeksiyonu nedeniyle tedavi edilmiştir. Koban ve ark.larının çalışmasında romatoid artrit hastalarında PEEK rod ve rijid rod ile enstrümantasyon karşılaştırılmış, ağrı skorlarının PEEK rod ile 2. yılda daha fazla azaldığı tespit edilmiştir. Dinamik sistem kullanılan 4 hastada, rijid sistem kullanılan 24 hastada revizyon cerrahisi gerekmiştir (30). Dalbayrak ve ark., dejeneratif skolyoz hastalarında peroperatif rijid rod ile korreksiyon sağladıktan sonra PEEK rod ile sis-

tem fiksasyonu sağladıkları çalışmalarında koronal dengeyi sağlayabilmişlerdir ve hastaların ağrı skorlarında belirgin iyileşme saptanmıştır. Öte yandan sagittal planda PEEK rodlarla yeterli lomber lordoz elde edilememiştir. Bu çalışma, sagittal dengeyi sağlamada PEEK rodların Dynesys ve rijid sistemler kadar başarılı olmadığını göstermiştir (16).

### 3) Dinamik vidalar

Safinaz sistemi, fleksiyon ve ekstansiyon hareketini korumakta ve 1 derecelik rotasyonel hareket sağlamaktadır. Vida ve rod arasındaki eklem bağlantısı, fleksiyon esnasında sistemde oluşan gerilimi azaltır, bu sebeple de dinamik vida-rod sistemlerinde implant yetmezliği riski düşüktür. Omurgaya binen yükün bir kısmı sistem tarafından paylaşılır ve aktarılır, bu sayede kemik üzerindeki stres de azaltılmış olur. Sistemin rijiditesinin az olması, yük dağılımını elde etmeye ve komşu disk mesafelerindeki dejenerasyonu yavaşlatmaya yarar (28). Yapılan çalışmalar bu sistemin dejeneratif hareket segmentlerinde yeterli stabilizasyon sağlayabildiğini göstermiştir (21). Kozmik posterior dinamik sistem ise segmental hareketi sağlayarak kemik-vida arayüzündeki stresi azaltmayı hedefler. Bu vidalar, neredeyse rijid bir sistem gibi stabilizasyon sağlamaktadır. Yapılan bir çalışmada 2 senelik takipte füz-

yon yapılan hastalarla sonuçlar benzerdir (36). Kaner ve ark., kozmik vidalarla rijid sistemleri karşılaştırdığı klinik çalışmalarında, kısa ve uzun dönem ağrı skorlarının iki sistemde de aynı olduğunu gözlemlemişlerdir. Öte yandan 24 aylık takipte preoperatif ve postoperatif lomber ve segmental lordoz arasındaki farkın dinamik sistemlerle daha fazla olduğu gözlenmiştir. Aynı çalışmada füzyon grubunda interbody füzyon ile disk yüksekliği azalırken dinamik sistemle disk yüksekliği korunmuştur (28). Bu vidaların stabiliteyi arttırdığı ve metal donanım üzerindeki stresi azalttığı gösterilmiştir. Esnek rod ile karşılaştırıldığında dinamik vidalarla komşu seviyeler arasında interpediküler mesafe daha iyi korunabilmektedir, bu da foraminal stenozu önleyici bir özelliktir. Dinamik ve rijid vidaların karşılaştırıldığı bir kadavra çalışmasında rijid vidaların hareket açıklığını ve omurganın esnek alanını tüm eksenlerde azalttığı, bu azalmanın dinamik vidalarda daha az olduğu belirtilmiştir. Dinamik vidalarla aksiyel rotasyon, normal bir omurgaya göre daha fazladır. Yüklenme esnasında rodlar üzerindeki eğilme momentumu, dinamik rodlarla daha fazla olduğu görülmüştür. Bununla birlikte rodlar üzerindeki aksiyel yüklenme de rijid vidalarla daha fazladır (11). Scifert ve ark.larının çalışmasında ise dinamik ve rijid vidaların aynı hareket açıklığını sağladığı ancak yüklenme durumlarında

**Tablo I:** Dinamik Sistemlerin Sınıflandırılması (Kaner, 2010) (29)

| <b>Anterior Dinamik Stabilizasyon</b>             |  |
|---|--|
| <b>Anterior disk protezleri</b>                   | <b>Nukleus pulposus alternatifleri</b>             |
| Charite (DePuy Spine)                             | PDN (PDN-Solo, Raymedica, LLC)                     |
| ProDisc-L (Synthes)                               | Nubac (Invibio)                                    |
| Maverick (Medtronic)                              | Daskor (Disc dynamics)                             |
| FlexiCore (Stryker Spine/Spine Core)              | Neudisc (Replication Med. Inc)                     |
| Regain (Biomet/EBI)                               |  |
| TrueDisc PL (Disc Motion)                         |  |
| Kineflex Lomber Disk (SpinalMotion)               |  |
| <b>Posterior Dinamik Stabilizasyon</b>            |  |
| <b>Pedikül vidalı sistemler</b>                   | <b>Total faset replasmanı</b>                      |
| Dinamik rod-rijid vida                            | TOPS (Impliant Spine)                              |
| Graf ligaman (Surgigraft)                         | TFAS (Archus Orthopedics)                          |
| Dynesys (Zimmer)                                  | ARFS (Facet Solutions)                             |
| Rod dinamik metal                                 | Stabilimax NZ (Applied Spine Technologies)         |
| Talin rod (Medikon)                               | <b>Posterior interspinöz stabilizasyon</b>         |
| Scient'X Isobar (Scient'x)                        | DIAM (Medtronic)                                   |
| Accuflex (Globus Medical)                         | Wallis sistem (Abbott Spine)                       |
| Transizyon stabilizasyon sistemi (Globus medikal) | X-stop interspinöz dekompresyon cihazı (Kyphon)    |
| Bioflex (Biospine)                                | CoFlex (Paradigm Spine)                            |
| CD Horizon Agile (Medtronic)                      | Flexus (Globus Medical)                            |
| Dinamik rod-dinamik vida                          | Superion Spacer (Vertiflex)                        |
| Cosmic  | In-Space İnterspinöz Distraksiyon cihazı (Synthes) |
| Safinaz (Medikon)                                 |  |

özellikle aksiyel rotasyonun daha fazla yapılabildiği gösterilmiştir (44).

#### 4) Dinamik rod ve dinamik vidaların birlikte kullanımı

Dinamik rodların ana işlevi omurganın posteriorunda bir arka gerilim bandı oluşturabilmektir. Yapılan çalışmalar; dinamik vidalarla birlikte daha esnek rodların kullanılması, etkin bir stabilizasyon sağlanabileceğini göstermiştir (17). Öte yandan; rijid rod ve dinamik vida, dinamik vida ve dinamik rod, rijid rod ve vida ile rijid vida ve dinamik rod gibi kombinasyonlar birçok in vitro ve finit eleman çalışmalarında değerlendirilmiştir. Bu çalışmaların sonucu, tüm kombinasyonların belirli bir seviyeye kadar segmental stabilite sağladığını ve dinamik vida ve rod kombinasyonunun, rijid/ semi-rijid rod ve vida kombinasyonlarına göre kemik-vida birleşiminde daha iyi yük paylaşımı sağladığını göstermiştir (27). Hamed ve ark.larının bir çalışmasında rijid fiksasyon, yaylı dinamik fiksasyon ve kablo/polimer dinamik fiksasyon karşılaştırılmış, dinamik sistemlerin daha fazla hareket kabiliyeti sağladığını ve intervertebral diskte güvenli sınırdaki maksimum stres oluşturduğunu göstermiştir (34).

#### 5) İnterspinöz ayırıcılar

İnterspinöz süreç dekompresyon (IPD) cihazları, spinal stenoza bağlı nörojenik klaudikasyonun tedavisinde kullanılmaktadır. Fonksiyonu; nöral forameni genişletmek, intervertebral diskin yükünü azaltmak, ekstansiyonu sınırlamak ve segmental hareketi önlemektir (24). Bu amaçla kullanılan X-stop ile stenotik seviyede ekstansiyon önlenmekte ve diğer hareketler korunmaktadır. Öte yandan bu sistemle komşu segment kinematığı de etkilenmemektedir. Bir çalışma ise X-STOP kullanılan hastalardaki disk yüksekliğini ve segmental ve total lomber hareketi incelemiş, X-STOP kullanımının sagittal kinematığı değiştirdiği gösterilmiştir (45).

Bir başka interspinöz ayırıcı olan CoFlex ise artrodeze alternatif olarak üretilmiştir ve faset eklemlerinin yükünü azaltmayı, foraminal yüksekliğin restorasyonunu ve stabilizasyonunu hedefler (40). Stabil segmentlerde bu sistem yeterli tedavi sağlasa da stabil olmayan segmentlerde enstrüman ve kemik arasındaki tekrarlayıcı temas sebebiyle kemik resorpsiyonu ve enstrüman gevşemesi görülebilmektedir (24).

### KLİNİK SONUÇLAR

Brodin ve ark.larının Dynesis ve füzyonlu enstrümantasyonu karşılaştırdığı bir çalışmada ağrı skorlarının Dynesis sistemi ile füzyona göre daha fazla azaldığı gözlenmiştir (12) (Tablo II). Bir meta-analiz çalışmasında ise füzyon ve dinamik sistem grubu arasında aksiyel ve radiküler VAS ve ODI skorlarında belirgin fark bulunamamıştır (46). Aynı çalışmada, füzyon grubunda operasyon süresinin, intraoperatif kan kaybının ve hastane yatış süresinin daha fazla olduğu belirtilmiştir. Cakir ve ark, dejeneratif lomber instabilite ve spinal stenozu olan 20 hastada Dynesis ve füzyon stabilizasyonu karşılaştırmış, dinamik stabilizasyonda klinik sonuçlarda daha belirgin bir iyileşme olduğunu göstermiştir (13). Bordes-Monmeneu ve ark.larının, farklı endikasyonlarda Dynesis sistemini uyguladıkları vaka serilerinde ODI skorları 24 ayda %56.8'dan %21.4'e gerilemiştir ve %82 hasta işine geri dönebilmiştir (10).

Holinka ve ark. yaptıkları çalışmada; spinal stenozda yalnızca dekompresyon ve dekompresyonla birlikte interspinöz

ayırıcıları karşılaştırmış, VAS ve ODI skorları arasında belirgin fark bulunamamıştır. Aynı çalışmada her iki grupta yürüme mesafeleri arasında da istatistiksel fark olmamıştır (24).

#### Komşu Segment Patolojisi

Hareket fonksiyonuna katkısı fazla olan segmentlerde füzyon oluşturmak, üst ve alt vertebralara binen yük miktarını artırmaktadır. Farklı füzyon tipleri, komşu segmentlerde farklı etkiler ortaya çıkarır. Esses ve ark.larının bir çalışmasında anterior füzyonun, posterolateral füzyona kıyasla komşu segment hareketinde daha fazla artışa sebep olduğu gösterilmiştir (18). Ayrıca füzyon sonrası komşu segmentteki rijiditenin azaldığı belirtilmiştir. Bunun sebebi, süperfişyel ligaman yapılarının füzyonlu segmentlerdeki hareketlere artık adapte olması gerekliliğinin ortadan kalkmasıdır. Bir diğer tanımıyla ligaman üzerindeki gerilim aynı olsa da, üzerindeki gerilimin dağılımı değişmektedir (8). Güncel literatürde de birçok çalışma da füzyonsuz dinamik stabilizasyonun oluşturduğu biyomekanik değişiklikleri araştırmaktadır. Beatstall ve ark., yaptıkları in vivo çalışmada Dynesis sisteminin implantasyonlu spinal seviyede hareket sağlarken komşu seviyelerde hareketliliği önemli ölçüde artırmadığını göstermişlerdir (4). Lee ve ark., lomber dinamik stabilizasyon sistemiyle rijid pedikül vida sistemini intradiskal basınç ve faset üzerindeki kuvvet açısından karşılaştırmış, rijid sistemle komşu segmentte intradiskal basıncın arttığı ancak faset üzerine binen yükte iki sistem arasında fark olmadığı şeklinde sonuçlanmıştır (32).

Dynesis sistemiyle komşu segment dejenerasyon oranı %0-47.7 olarak bildirilmiştir, rijid sistemlerdeyse bu oran %35-45 arasındadır (12,49). Putzier ve ark.larının bir çalışmasında 76 aylık takipte füzyonlu komşu segment dejenerasyon oluşma riski, dinamik sisteme göre daha fazladır. Aynı çalışmada komşu segment hastalığına bağlı revizyon oranı %0-12.8 olarak bildirilmiştir (38). Kullanılan fiksasyon sistemi ne olursa olsun, enstrümantasyon sırasında spinal dengeyi göz önünde bulundurmak cerrahi sonrası komşu segmentte bir sorun çıkmasını azaltacaktır. Dynesis sistemi, segmenti distraksiyonda stabilize eder ve normal diskin hareket merkezinin posteriora kaymasına sebep olur. Nötral pozisyonda operasyon öncesi ve sonrası arasında lordozda ortalama 0.64 derece bir kayıp ve disk yüksekliğinde de 0.7 mm azalma görülebilmektedir. Akamuru ve ark.larının bir kadavra çalışmasında ise hiperlordotik pozisyonda füzyonun komşu

**Tablo II:** Dinamik ve Rijid Sistemlerle Enstrümantasyonun Karşılaştırılması (29)

|                              | Dinamik sistemler | Rijid sistemler |
|------------------------------|-------------------|-----------------|
| Ağrı skorunda iyileşme       | +                 | +               |
| Hareket açıklığı             | +                 | -               |
| Disk yüksekliğinin korunması | +                 | -               |
| Komşu segment hastalığı      | +                 | ++              |
| Vida gevşemesi               | ++                | +               |
| Lordoz kaybı                 | ++                | -               |
| İntraoperatif kanama         | +                 | ++              |
| Cerrahi süresi               | +                 | ++              |

segment hareketini artırdığını, ancak dinamik sistemde bunun olmadığını göstermiştir (2).

Günümüzde komşu segment patolojisini önlemek ve en aza indirmek için yarı rijid rod fiksasyon kullanılabilmektedir. Bu sistemler ayrıca anormal segmentte dinamik stabilizasyon sağlamak amacıyla da kullanılmaktadır. Yeni bir rod konsepti olarak ise nitinolden yapılan hafızalı rodler geliştirilmiştir. Bu rodler, sıcaklığa bağlı olarak orijinal şekline dönme özelliğine sahiptir ve skolyoz cerrahisinde umut vadetmektedir (49).

### Hareket Açıklığı

Dinamik sistemler, rijid sistemlerin sağladığı füzyona bağlı oluşan hareket açıklığındaki azalmanın önüne geçmeyi hedefler. Bredin ve ark.larının yaptığı bir çalışmada dinamik sistemlerde hareket açıklığının füzyona göre daha fazla olduğu gösterilmiştir (12). Bir metaanaliz çalışmasında L2-S1 ROM'un, Dynesis ve füzyon gruplarında belirgin fark olmadığı, ancak enstrümanın olduğu segmentte füzyon grubunda ROM'un daha fazla azaldığı belirtilmiştir (46). Bir diğer çalışmada hareket açıklığının enstrümente edilen seviyeye bağlı olduğu gösterilmiş ve dinamik sistemlerde %74 vaka da 4 dereceden az olduğu bildirilmiştir (25). Lordozdaki ve disk yüksekliğindeki kaybın sebebi olarak, sistemin fleksiyon rezervine geri dönme eğiliminin sebep olduğu diskopati gösterilmiştir (12). Bir diğer çalışma, Dynesis enstrümantasyon yapılan segmentte hareketin azaldığı ancak komşu segmentteki hareket açıklığının değişmediğini göstermiştir (4).

Dinamik sistemlerde, dahil edilen segment ne kadar fazlaysa, segmental hareket açıklığı o kadar artmaktadır. Bu, vidanın konumu ve ayırıştırıcı uzunluğunun mesafeden mesafeye ve taraftan tarafa farklılık göstermesiyle açıklanabilir. Schmoelz ve ark.larının bir in vitro biyomekanik çalışmasında Dynesis sisteminin rijid fiksasyonla kıyaslandığında fleksiyonu benzer ölçüde kısıtladığını öte yandan normal bir omurga kadar ekstansiyona izin verdiğini göstermiştir (43). Bu çalışmada komşu segment hareketinin, füzyon veya stabilizasyon gruplarında hareket açıklığında artışa sebep olmadığı sonucuna varılmıştır. Beatstall ve ark.larının çalışması ise in vivo olarak Dynesis sisteminin ekstansiyonu değil, fleksiyonu kısıtladığını belirtmektedir (4). Bu çalışmada ayrıca lateral eğilmenin komşu segmentte azaldığı tespit edilmiştir. Bunun sebebi olarak da komşu seviyede vida başının inferior faset eklemi-ne yakınlığı gösterilmiştir.

Jahng ve ark.; NFlex dinamik stabilizasyon, rijid, PEEK ve Dynesis stabilizasyon sistemlerini karşılaştırmış ve en fazla NFlex'in sağladığı rotasyonun sağlam omurgaya yakın olduğunu, ayrıca en fazla hareket açıklığını sağladığını göstermişlerdir (26). Titanyum pedikül vidaları, titanyum alaşım kablo rod ve iki PEEK ayırıcıyı içeren K-ROD sistemiyle diğer rodleri karşılaştıran bir çalışmada PEEK rodlerin en fazla hareket açıklığı sağladığı ve en kuvvetli sistem olduğu belirtilmiştir (6). Benzer bir çalışma; PEEK rodlerin, titanyum alaşımlara göre daha iyi olduğunu göstermiştir (5). Dynesis ve K-Rod'u karşılaştıran bir çalışmada Dynesis'in ekstansiyon, eğilme ve bükülme hareketleri esnasında daha sağlam olduğunu göstermiştir. Aynı çalışmada K-ROD, Dynesis'e göre daha fazla faset kontakt kuvveti ve pedikül vidasında daha az oluşturmuştur (33). İki titanyum başlık arasında yedi tane 1 mmlik titanyum kablunun birleşmesi sonucu oluşan

FlexPLUS sistemi, dejeneratif disk üzerindeki yükü azaltmış ve segment sağlamlığını belirgin şekilde artırmaktadır. Bir çalışmada sağlam omurgaya göre FlexPLUS ile %50, Dynesis ile %30 hareketin korunduğu gösterilmiştir (19).

### İmplant Yetmezliği ve Reoperasyon

Dinamik sistemlerde vida gevşemesi, önemli bir sorun teşkil etmektedir. Wilke ve ark., dinamik bir sistem eğer hareketi dejenere olmayan segmente göre %70 azaltıyorsa, vida gevşemesinin önlenebileceğini savunmuştur. Aynı çalışmada pedikül vidası bazı dinamik stabilizasyonlarda vida gevşemesinin daha az olduğu gösterilmiştir (47). Xu ve ark., L2-3 ve L2-4 seviyelerinde kemik, pedikül vidası ve rod üzerindeki stres dağılımını finit eleman modelinde değerlendirmiş; fiks edilmiş spinal segment sayısının fazla olmasının, pedikül vidaları üzerindeki yükü azalttığı ve dağıttığını ve bu sayede vida kuvvetini, vida üzerindeki stresi ve spinal instabiliteyi azalttığını göstermişlerdir (48)

Enstrümantasyon revizyonu; hastanın yaşı ve cinsiyeti, cerrahi öncesi ve sonrası lomber lordoz ile ilişkilidir. Rienmüller ve ark.larının yaptığı bir çalışmada görülme sıklığı bir yılda %7.4, iki yılda ise %15'tir (41). Aynı çalışmada vida gevşemesine bağlı revizyon ise %4'tür. Sato ve ark., 1 senelik revizyon oranını %6.1, 5 senelik revizyonu ise %23.3 olarak bildirmişlerdir (42). Bu çalışmada, rijid ve dinamik stabilizasyon arasında revizyon oranları açısından fark saptanmamıştır. Dynesis dinamik pedikül vidaları kullanılan bir çalışmada ise 4 senelik takipte radyolojik vida gevşemesi riski her vida için %8.2, her hasta için 20.4% olarak bildirilmiştir (31).

### Postoperatif Enfeksiyon

İmplant sistemlerinin majör komplikasyonlarından biri de postoperatif cerrahi alan enfeksiyonudur. Spinal füzyon enfeksiyonları; enstrümansız füzyonlarda %1-5, enstrümanlı füzyonlarda %1-11 olarak bildirilmiştir (20). Akyoldas ve ark.larının bir çalışmasında Dynesis sistemi yerleştirilen 83 hastada %6 enfeksiyon oranı görülmüştür (3). Uzun segment enstrümantasyonda Dynesis kordunun implantasyonu zor olduğundan, uzun operasyon süresiyle birlikte cilt kontağı yüzünden Dynesis kord kontaminasyonu; enfeksiyon riskini artırmaktadır. Ayrıca Dynesis sistemindeki multifilaman kordun, monofilaman materyallerden daha fazla enfeksiyon oluşturduğu diğer çalışmalarda gösterilmiştir (7).

### SONSÖZ

Dejeneratif disk hastalıkları ve bel ağrısının tedavisinde füzyon, en iyi tedavi seçeneği olarak sunulmuştur. Ancak bu cerrahi teknikte stabilize edilen segmentten komşu seviyelere stres iletiminin fazla olması, komşu segment patolojilerini de beraberinde getirmiştir. Dinamik sistemlerdeki gelişmelerle ve farklı enstrümantasyonların kullanılmasıyla birlikte günümüzde hareket koruyucu stabilizasyon yaygınlaşmaktadır. Dinamik sistemler, fizyolojik yapıyı korumada rijid sistemlere göre üstün olsa da cerrahi öncesi hasta seçiminin doğru yapılması, en iyi sonuçların alınmasında önemli bir noktadır. İleride yapılacak çalışmalarla omurga biyomekaniklerinin daha iyi anlaşılması, doğal yapıya ve fizyolojiye daha yakın enstrümantasyon sistemlerinin üretimini artırabilir, bu sayede cerrahi işlemlerde daha iyi sonuçlar elde edilebilir.

**KAYNAKLAR**

1. Ahn YH, Chen WM, Lee KY, Park KW, Lee SJ: Comparison of the load-sharing characteristics between pedicle-based dynamic and rigid rod devices. *Biomedical Materials* 3(4):044101, 2008
2. Akamuru T, Kawahara N, Tim Yoon S, Minamide A, Su Kim K, Tomita K, Hutton WC: Adjacent segment motion after a simulated lumbar fusion in different sagittal alignments: A biomechanical analysis. *Spine (Phila Pa 1976)* 28(14):1560-1566, 2003
3. Akyoldas G, Yilmaz A, Aydin AL, Oktenoglu T, Sasani M, Suzer T, Akiz C, Ozer AF: High infection rates in patients with long-segment dynesys system. *World Neurosurg* 119:e403-e406, 2018
4. Beastall J, Karadimas E, Siddiqui M, Nicol M, Hughes J, Smith F, Wardlaw D: The dynesys lumbar spinal stabilization system: A preliminary report on positional magnetic resonance imaging findings. *Spine (Phila Pa 1976)* 32(6):685-690, 2007
5. Biswas JK, Rana M, Roy S, Majumder S, Karmakar SK, Roychowdhury A: Effect of range of motion (ROM) for pedicle-screw fixation on lumbar spine with rigid and semi-rigid rod materials: A finite element study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 402(1):012146, 2018
6. Biswas JK, Rana M, Majumder S, Karmakar SK, Roychowdhury A: Effect of two-level pedicle-screw fixation with different rod materials on lumbar spine: A finite element study. *J Orthop Sci* 23(2):258-265, 2018
7. Blatnik JA, Krpata DM, Jacobs MR, Gao Y, Novitsky YW, Rosen MJ: In vivo analysis of the morphologic characteristics of synthetic mesh to resist MRSA adherence. *J Gastrointest Surg* 16:2139-2144, 2012
8. Bogduk N, Twomey LT: Clinical anatomy of the lumbar spine, 2nd ed. London: Churchill Livingstone, 1991
9. Bono CM, Kadaba M, Vaccaro AR: Posterior pedicle fixation-based dynamic stabilization devices for the treatment of degenerative diseases of the lumbar spine. *J Spinal Disord Tech* 22(5):376-383, 2009
10. Bordes-Monmeneu M, Bordes-Garcia V, Rodrigo-Baeza F, Saez D: Sistema de neutralización dinámica en la columna lumbar. Sistema Dynesys. Experiencia en 94 casos. *Neurocirugia (Astur)* 16(6):499-506, 2005
11. Bozkus H, Senoglu M, Baek S, Sawa AG, Ozer AF, Sonntag VK, Crawford NR: Dynamic lumbar pedicle screw-rod stabilization: in vitro biomechanical comparison with standard rigid pedicle screw-rod stabilization. *J Neurosurg* Spine 12(2):183-189, 2010
12. Bredin S, Demay O, Mensa C, Madi K, Ohl X: Posterolateral fusion versus Dynesys dynamic stabilization: Retrospective study at a minimum 5.5 years' follow-up. *Orthop Traumatol Surg Res* 103(8):1241-1244, 2017
13. Cakir B, Ulmar B, Koeppe H, Huch K, Puhl W, Richter M: Dorsale dynamische Stabilisierung als alternative zur dorso-ventralen fusion bei spinalkanalstenose mit degenerativer instabilität. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 141(4):418-424, 2003
14. Chou WK, Chien A, Wang JL: Biomechanical analysis between PEEK and titanium screw-rods spinal construct subjected to fatigue loading. *Clin Spine Surg* 28(3):121-125, 2015
15. Cienciala J, Chaloupka R, Repko M, Krbec M: Osetrení degenerativního onemocnění bederní páteře metodou dynamické neutralizace systémem Dynesys. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 77(3):203-208, 2010
16. Dalbayrak S, Öğrenci A, Akar E, Koban O, Yılmaz A, Yılmaz M: Clinical and radiological outcomes after correction of degenerative lumbar scoliosis with dynamic stabilization (with the help of a rigid rod); and describing an alternative technique. *J Clin Neurosci* 79:123-128, 2020
17. Erbulut D, Kiapour A, Oktenoglu T, Ozer A, Goel V: Kinematical and load sharing effect of a novel posterior dynamic stabilization system implanted in lumbar spine. Proceedings of the 36th Annual Meeting of the American Society of Biomechanics, Gainesville, Fla, USA, 2012
18. Esses SI, Doherty BJ, Crawford MJ, Dreyzin V: Kinematic evaluation of lumbar fusion techniques. *Spine (Phila Pa 1976)* 21(6):676-684, 1996
19. Galbusera F, Bellini CM, Anasetti F, Ciavarrò C, Lovi A, Brayda-Bruno M: Rigid and flexible spinal stabilization devices: A biomechanical comparison. *Med Eng Phys* 33(4):490-496, 2011
20. Goldstein IM, Agarwal N, Mammis A, Barrese JC, Christiano LD: Dynamic stabilization: A nidus for infection? *Int J Neurosci* 125:191-200, 2015
21. Gomleksiz C, Sasani M, Oktenoglu T, Ozer AF: A short history of posterior dynamic stabilization. *Adv Orthop* 2012:629698, 2012
22. Grevitt MP, Gardner AD, Spilsbury J, Shackelford IM, Baskerville R, Pursell LM, Hassaan A, Mulholland RC: The Graf stabilisation system: Early results in 50 patients. *Eur Spine J* 4(3):169-175, 1995
23. Hadlow SV, Fagan AB, Hillier TM, Fraser RD: The Graf ligamentoplasty procedure. Comparison with posterolateral fusion in the management of low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)* 23(10):1172-1179, 1998
24. Holinka J, Krepler P, Matzner M, Grohs JG: Stabilising effect of dynamic interspinous spacers in degenerative low-grade lumbar instability. *Int Orthop* 35(3):395-400, 2011
25. Hoppe S, Schwarzenbach O, Aghayev E, Bonel H, Berlemann U: Long-term outcome after monosegmental L4/5 stabilization for degenerative spondylolisthesis with the Dynesys device. *Clin Spine Surg* 29:72-77, 2016
26. Jahng TA, Kim YE, Moon KY: Comparison of the biomechanical effect of pedicle-based dynamic stabilization: A study using finite element analysis. *Spine J* 13:85-94, 2013
27. Jain P, Rana M, Biswas JK, Khan MR: Biomechanics of spinal implants-a review. *Biomed Phys Eng Express* 6(4):042002, 2020
28. Kaner T, Dalbayrak S, Oktenoglu T, Sasani M, Aydin AL, Ozer AF: Comparison of posterior dynamic and posterior rigid transpedicular stabilization with fusion to treat degenerative spondylolisthesis. *Orthopedics* 33(5), 2010
29. Kaner T, Sasani M, Oktenoglu T, Ozer AF: Dynamic stabilization of the spine: A new classification system. *Turk Neurosurg* 20(2):205-215, 2010
30. Koban O, Öğrenci A, Akar EA, Uyanik AS, Yılmaz M, Dalbayrak S: Radiological and clinical comparisons of the patients with rheumatoid arthritis operated with rigid and dynamic instrumentation systems due to lumbar degenerative spinal diseases. *J Orthop Sci* 26(3):369-374, 2021

31. Kuo CH, Chang PY, Tu TH, Fay LY, Chang HK, Wu JC, Huang WC, Cheng H: The effect of lumbar lordosis on screw loosening in dynesys dynamic stabilization: Four-year follow-up with computed tomography. *Biomed Res Int* 2015;152435, 2015
32. Lee CH, Jahng TA, Hyun SJ, Kim CH, Park SB, Kim KJ, Chung CK, Kim HJ, Lee SE: Dynamic stabilization using the Dynesys system versus posterior lumbar interbody fusion for the treatment of degenerative lumbar spinal disease: A clinical and radiological outcomes-based meta-analysis. *Neurosurg Focus* 40(1):E7, 2016
33. Lin HM, Pan YN, Liu CL, Huang LY, Huang CH, Chen CS: Biomechanical comparison of the K-ROD and Dynesys dynamic spinal fixator systems - a finite element analysis. *Biomed Mater Eng* 23(6):495-505, 2013
34. Najafi-Ashtiani H, Najafi-Ashtiani M: Comparative evaluation between rigid and dynamic spinal fixation systems: A three-dimensional finite element analysis. *Zahedan J Res Med Sci* 17(8):e1021, 2015
35. Ogrençi A, Koban O, Yaman O, Yılmaz M, Dalbayrak S: Polyetheretherketone rods in lumbar spine degenerative disease: mid-term results in a patient series involving radiological and clinical assessment. *Turk Neurosurg* 29(3):392-399, 2019
36. Oktenoglu T, Ozer AF, Sasani M, Kaner T, Canbulat N, Ercelen O, Sarioglu AC: Posterior dynamic stabilization in the treatment of lumbar degenerative disc disease: 2-year follow-up. *Minim Invasive Neurosurg* 53(3):112-116, 2010
37. Plev D, Sutcliffe J: Outcome and complications using a dynamic neutralization and stabilization pedicle screw system (Dynesys): Is this a "soft fusion"? *Spine J* 5(4):141-142, 2005
38. Putzier M, Hoff E, Tohtz S, Gross C, Perka C, Strube P: Dynamic stabilization adjacent to single-level fusion: Part II. No clinical benefit for asymptomatic, initially degenerated adjacent segments after 6 years follow-up. *Eur Spine J* 19:2181-2189, 2010
39. Qi L, Li M, Zhang S, Xue J, Si H: Comparative effectiveness of PEEK rods versus titanium alloy rods in lumbar fusion: A preliminary report. *Acta Neurochirurgica* 155(7):1187-1193, 2013
40. Richter A, Schütz C, Hauck M, Halm H: Does an interspinous device (Coflex) improve the outcome of decompressive surgery in lumbar spinal stenosis? One-year follow up of a prospective case control study of 60 patients. *Eur Spine J* 19(2):283-289, 2010
41. Rienmüller AC, Krieg SM, Schmidt FA, Meyer EL, Meyer B: Reoperation rates and risk factors for revision 4 years after dynamic stabilization of the lumbar spine. *Spine J* 19(1):113-120, 2019
42. Sato S, Yagi M, Machida M, Yasuda A, Konomi T, Miyake A, Fujiyoshi K, Kaneko S, Takemitsu M, Machida M, Yato Y, Asazuma T: Reoperation rate and risk factors of elective spinal surgery for degenerative spondylolisthesis: Minimum 5-year follow-up. *Spine J* 15(7):1536-1544, 2015
43. Schmoelz W, Huber JF, Nydegger T, Claes L, Wilke HJ: Influence of a dynamic stabilisation system on load bearing of a bridged disc: An in vitro study of intradiscal pressure. *Eur Spine J* 15(8):1276-1285, 2006
44. Scifert JL, Sairyo K, Goel VK, Grobler LJ, Grosland NM, Spratt KF, Chesmel KD: Stability analysis of an enhanced load sharing posterior fixation device and its equivalent conventional device in a calf spine model. *Spine (Phila Pa 1976)* 24(21):2206-2213, 1999
45. Siddiqui M, Karadimas E, Nicol M, Smith FW, Wardlaw D: Effects of X-STOP device on sagittal lumbar spine kinematics in spinal stenosis. *J Spinal Disord Tech* 19(5):328-333, 2006
46. Wang H, Peng J, Zeng Q, Zhong Y, Xiao C, Ye Y, Huang W, Liu W, Luo J: Dynesys system vs posterior decompression and fusion for the treatment of lumbar degenerative diseases. *Medicine (Baltimore)* 99(21):e19784, 2020
47. Wilke HJ, Heuer F, Schmidt H: Prospective design delineation and subsequent in vitro evaluation of a new posterior dynamic stabilization system. *Spine* 34(3):255-261, 2009
48. Xu M, Yang J, Lieberman I, Haddas R: Stress distribution in vertebral bone and pedicle screw and screw-bone load transfers among various fixation methods for lumbar spine surgical alignment: A finite element study. *Med Eng Phys* 63:26-32, 2019
49. Yoshihara H: Rods in spinal surgery: A review of the literature. *Spine J* 13(10):1350-1358, 2013