

## Dinamik Stabilizasyon Felsefesi Dynamic Stabilization and Philosophy

### ÖZ

İnsan omurgası da dahil olmak üzere omurga, doğada birçok canlıyı dik tutan ve yaşamsal hareketlerini doğrudan etkileyen sistemin en önemli bileşenlerinden biridir. Modern zamanlarda bel ağrısı, disk dejenerasyonuna bağlı olarak yaşam kalitesini düşüren en önemli sorunlardan biridir. Disk herniasyonu ve dejenerasyonu genellikle ağrının en yaygın nedenleri olarak suçlansa da, bel ağrısının birincil nedeni omurga instabilitesidir. Ancak, instabilite tanımında kullanılan anormal hareket her zaman bel ağrısına neden olmaz. Örneğin, spondilolistezis ile ilişkili dejenere disklerde radyolojik olarak anormal hareket gözlenebilmesine rağmen, ağrı sürekli değildir. Bu nedenle, instabilite tanımı eklem yüzeyindeki anormal hareketi ve değişen yük iletimini içerecek şekilde güncellenmiştir. Dinamik stabilizasyon, omurga segmentindeki hareketi korumayı ve anormal hareketi kontrol etmeyi amaçlarken, ağrıyı hafifletmek için omurganın ön ve arka bileşenleri arasında artan fizyolojik yük iletimi sağlar. Dinamik sistemler, postüral değişikliklere maruz kalındığında hareket segmentinin anatomik modifikasyonuna izin verebilir. Görevimiz, bu kavramları kullanarak ideal omurga fizyolojisiyle uyumlu gelecekteki dinamik sistemleri yaratmaktır. Bu da ülkemizde mevcut olan yeterli teknolojiyi kullanma becerisi, bilgi birikimi ve özgüven ile mümkün olacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** Dinamik, Stabilizasyon, Felsefe

### ABSTRACT

The spine, including the human spine, is one of the most important components of the system that keeps many living beings upright in nature and directly affects their vital movements. In modern times, lower back pain is one of the most significant issues that diminishes quality of life due to disc degeneration. While disc herniation and degeneration are often blamed as the most common causes of pain, the primary cause of lower back pain is spinal instability. However, the abnormal motion used in the definition of instability does not always cause back pain. For example, although radiological abnormal motion can be observed in degenerated discs associated with spondylolisthesis, the pain is not constant. Therefore, the definition of instability has been updated to include abnormal motion at the joint surface and altered load transmission. Dynamic stabilization aims to maintain motion in the spinal segment and control abnormal movement, while providing increased physiological load transmission between the anterior and posterior components of the spine to alleviate pain. Dynamic systems can allow for anatomical modification of the motion segment when subjected to postural changes. Our task is to create future dynamic systems that align with the ideal spinal physiology using these concepts. This will be possible through the ability to utilize the sufficient technologies available in our country, knowledge, and self-confidence.

**Keywords:** Dynamic, Stabilization, Philosophy

### GİRİŞ

Koşup tırmanmak ve derince nefes almak gibi becerileri omurganızla bağdaştıramayabilirsiniz. Oysa ki memeliler bu kabiliyetleri, her biri özelleşmiş işlevlere sahip beş ayrı bölgeden oluşan omurgalarının karmaşık yapılarına borçludur. İnsanoğlu dahil olmak üzere omurga; doğada var olan bir çok canlıyı ayakta tutan, onların yaşamsal hareketlerini birinci derecede etkileyen sistemin en önemli parçalarından biridir. Omurga yapısının sahip olduğu biçimsel mantık insa-

nın yaşamında yer alan birçok tasarım ürününün de biçimsel mantığı olarak gerçekleştirilir. Organik yapısı ve parça bütünü ilişkisi bakımından da son derece estetik bir görünüme sahiptir (14).

Homo Sapiens'in evrimsel atası olarak kabul edilen Homo Erectus ile birlikte yaklaşık 1,9 milyon yıldır, İnsanoğlu'nun en belirleyici özelliği omurgamızdan yansımaktadır, "Dik durmak". İnsanlar iki ayak üzerinde yürüyebilecek şekilde evrimleşirken, evrimin kullanabileceği çok da fazla malzeme bulunmuyordu (26). Ağaçlar üzerine tırmanırken faydalı olan

S şeklindeki omurgamız, “birdenbire” 90 derece dönüvermiş oldu. Bunu, adeta 26 ayrı bardak ve tabağı üst üste dizip de dengede kalmasını sağlamaya çalışmaya benzetebiliriz. Tabak ve bardak yerine, omur ve dikleri düşündüğümüzde bir de üstüne kafa gibi aşırı ağır bir nesnenin dengede taşınması gerekliliği eklendiğinde, omurga ile ilgili problemlerin yaşanılması kaçınılmaz olacaktır (1,10,21). Boston Üniversitesi’nden Jeremy DeSilva bunu net bir şekilde şöyle ifade etmektedir, “Ola ki sıfırdan bir anatomi tasarlayacak olsaydınız, insan vücudu kesinlikle tasarlayacağınız ürün olmazdı. Ne yazık ki evrim, adeta bir elinde bant, diğer elinde ataçlar olan kötü bir mühendis gibi çalışır”.

Dünyanın neresinden olursa olsun, insanoğlu yapılacaklar listesini tamamlamak için, günlük rutinlerini büyük bir koşuşturmaca içinde gerçekleştirirler. Zamanın kısıtlı olması ve yapılacak işlerin bitmemesi dolayısı ile yıllar içerisinde hem zihinsel hem de fiziksel ciddi yıpratmalar gerçekleşmektedir. Günümüz çağının en büyük problemlerinden olan omurga ağrısının temelinde bu yaklaşım önemli rol oynamaktadır.

Omurilik hastalıklarında ağrı, hastaları tıbbi yardım aramaya yöneltten birincil faktördür. Ağrı ile birlikte nörolojik defisit de ortaya çıkabilir; ancak hastaların başlıca şikâyetleri günlük yaşam aktivitelerini kesintiye uğratan akut-konvülsif veya kronik-sürekli ağrılardır. Ağrı, anulusun hızlı laserasyonuna bağlı aksenal ağrı veya herniye diskin sinir köküne uyguladığı baskıya bağlı kök ağrısı olarak ortaya çıkabilmektedir (29). Sonuç olarak ağrı, biz cerrahların tedavi etmeye çalıştığı temel problemdir. Tıp fakültesinde bize öğretilen ve Latince “primum nihil nocere” (“önce zarar verme”) sloganı, meslek hayatımızın temel etik ilkelerinden birini oluşturur. Bu nedenle, hastaları potansiyel zarar verme riski en az olan yöntemle tedavi etmek, gerek mesleki etik normlara uygunluk gerekse cerrahın başarılı addedilmesi bağlamında bu ilkenin “zorunlu koşul” olması gerekli görülmelidir.

Günümüzde bel/sırt ağrısı, disk dejenerasyonu sonucu yaşam kalitesini düşüren en önemli sorunlardan biridir. Ağrının en sık nedeni olarak genellikle disk herni ve dejenerasyonları suçlansada, bel/sırt ağrısının birincil nedeni omurganın instabilitesidir. İntervertebral disk dejenerasyonu ile ilişkili instabilite ilk olarak 1944’te Knutsson tarafından tarif edilmiştir. Knutsson, direkt grafilerde disk dejenerasyonu ile anormal fleksiyon-ekstansiyon kaymasını tanımlamıştır. Ayrıca, dinamik grafilerde sagittal kaymanın 3 mm’den büyük olmasının segmental instabilite lehine önemli bir bulgu olması gerektiğini de vurgulamıştır (18).

Lomber omurganın dejenerasyon süreci ve diskojenik ağrının patolojisi ise 1982’de Kirkaldy-Willis ve Farfan tarafından tanımlanmıştır (17). Disk dejenerasyon sürecinin ve hücresel mekanizmaların sonucunda, bel ağrısına neden olan spinal stenoz ve dejeneratif spondilolistezis olgularının meydana geldiğini bildirmişlerdir. Frymoyer ve Selby ise primer ve sekonder instabilite kavramını ortaya koymuşlar ve dejeneratif disk hastalığı, dejeneratif spondilolistezis ve dejeneratif skoliotik deformiteleri primer instabilite grubuna dahil etmişlerdir (9). Panjabi ise instabilitenin, patolojik harekete, deformitelere ve nörolojik defisitlere neden olduğunu vurgulamıştır (27). Benzel, kronik instabiliteyi glasiyel ve disfonksiyonel segmental hareket olmak üzere iki gruba ayırmıştır. Benzel’e göre glasiyel instabilite için en yaygın örnek, dejeneratif spondilolistezis iken, disfonksiyonel segmental hareket için ise dejeneratif disk hastalığıdır (5).

Ancak instabilite tanımı olarak kullanılan anormal hareket her durumda bel/sırt ağrısına neden olmamaktadır. Örneğin spondilolistezis ile ilişkili dejenerer disklerde radyolojik olarak anormal hareket gözlenmesine karşın ve ağrı sürekli değildir. Bu nedenle, instabilite tanımı, eklem yüzeyindeki anormal hareketleri ve değiştirilmiş yük iletimini içerecek şekilde güncellenmiştir. İntervertebral disk aslında içi sıvı dolu bir top gibi izotropik bir yapıya sahiptir, ancak intervertebral disk dejenerer oldukça değişir. İntervertebral diskin izotropik özellikleri ve yük iletimi, disk dejenerasyonuna bağlı olarak değişmektedir. “Ayakkabıda taş” fenomeni lomber disk dejenerasyonu olan hastalarda postüral ağrı paternini açıklar çünkü yüklenme paterni dejenerer omurgada bir hastayı diğerine değiştiren ağrı oluşumu ile ilişkilidir. Bel ağrısı semptomları genellikle birincil ağrı kaynağı olarak anormal hareketten ziyade anormal yük dağılımını içermektedir. Çoğu hasta, baskın bir semptom olarak postüral veya pozisyonel ağrıdan şikâyet etmektedir. Böylelikle, yük iletiminin fizyolojik şartlara en yakın şekilde gerçekleştirilmesinin, en ideal cerrahi sonuçları sağlayacağı fikri gün yüzüne çıkmıştır (20,24,30).

Lomber disk cerrahisinin etkileri, prosedürün 1934 yılında Mixter ve Bar tarafından tanıtılmasından bu yana tartışılmaktadır (22). Albee ile Hibbs tarafından tanımlanan spinal füzyon ise ilk olarak Pott hastalığının ve spinal deformitenin tedavisi için uygulanmıştır (3,13). İlerleyen yıllarda spinal füzyon, kronik bel ağrısı, disk herniasyonu, spondilolistezis, faset artropatisi ve spinal stenoz gibi diğer spinal patolojilerde de kullanılan yaygın bir cerrahi tedavi hâline gelmiştir. Son 50 yılda ise, teknolojik gelişmelerin ve enstrüman sistemlerin de gelişmesi ile, spinal füzyon, çeşitli dejeneratif spinal bozuklukların tedavisinde altın standart hâline gelmiştir (28).

Füzyon cerrahisi konusunda tüm dünyada ortak bir deneyim oluşmasına ve %100’e varan başarılı radyolojik sonuçların bildirilmesine rağmen, hasta memnuniyeti ve klinik sonuçlar göz önüne alındığında başarı beklendiği gibi olmamıştır. Lomber spinal füzyonun sonuçlarını, sistematik olarak değerlendirilen bir meta analiz çalışmasına göre başarı oranları, %16 ila %95 (ortalama %70) arasında değişmektedir (31). Ek olarak, rijit spinal implantlar ile birlikte komşu segmentlerde artan streslere neden olmakta ve iyi bilinen komşu segment dejenerasyonu gelişmektedir. Ayrıca füzyon cerrahisinin ağrı, yara sorunları, uzun operasyon süresi nedeniyle enfeksiyonlar, psödartroz ve implantların yorulma yetersizliği gibi donör saha morbiditesi gibi bazı önemli dezavantajları da vardır. Bu gözlemler, bel ağrısının anormal yük dağılımına bağlı etiyolojileri ve füzyonun ötesinde başarılı tedavilerin olabileceğini düşündürmektedir (23).

Wolf yasasına göre füzyonun gerçekleşmesi için greft basınç altında olmalıdır. Bazı araştırmacılar greft üzerinde sürekli baskı olmasının, füzyonun gelişimi esas olduğunu düşünmüşlerdir. Rijit sistemlerde gelen yük doğrudan aşağıya iletildiği için greftin yüklenmesinin engellendiğini ve rijit yapının “stres kalkanı” olgusuna neden olduğunu belirtmişlerdir. Dinamik pediküler sistemlerde enstrümantasyondan gelen yük aktarımı anterior kolon ile paylaşılacağı için greft üzerinde sürekli bir yük aktarımı olur ve füzyon gelişme olasılığı artar (2).

Graf Roma’da 2. Eurospine kongresinde kendi adını taşıyan pediküler vida kullanılarak füzyonsuz dinamik stabilizasyonu sunmuş ve sonuçlarını daha sonra yayınlamıştır. Hem Graf-

f'in Graff bağı ile ilk stabilizasyon konsepti hem de hareketli vida başı konseptini ilk kez sunan Von Strempel'in her ikisinin de omurgada hareketi sürdürme amacı yoktur. Dinamik pediküler vida sistemini sadece minör instabilitelerde kullanılabilen basit bir stabilizasyon sistemi olarak tanımlamışlardır (12,32). Stabilizasyonun yanı sıra, hareketi sürdürme kavramı Fernstrom ile birlikte ortaya çıkmıştır. Sengupta, daha büyük fizyolojik yük aktarımları ile ağrının hafifletilebileceğini ve bitişik segment dejenerasyonlarının önlenebileceğini bildirmiştir. Ek olarak, normal hareket ve yük iletimi sağlandıktan sonra, dejenerasyon çok ilerlememişse, hasarlı diskin rejenerere olabileceğini belirtmiştir (8).

Alternatif spinal implant arayışında temel amaç, komşu segmentler üzerindeki zıt etkilerinden kaçınmak, implant başarısızlığını önlemek ve son olarak, yükü kesmeden artan yük paylaşımına ve kontrollü harekete izin veren bir sistem geliştirmektir. Dinamik stabilizasyon, omurga segmentinde hareketi sürdürmeye ve anormal hareketi kontrol etmeye çalışırken, omurganın ön ve arka bileşenleri arasında daha fazla fizyolojik yük iletimi ile ağırlığı vererek ağrıyı ortadan kaldırmayı amaçlar. Dinamik sistemler, postüral değişikliklere maruz kaldığında hareket segmentinin anatomik bir şekilde değiştirilmesine izin verebilir (15).

Dinamik stabilizasyon cerrahisi sırasında en başta bahsettiğimiz prensibi birçok kez hatırlamalıyız. Daha önce de belirttiğim gibi ağrı, tedavi etmemiz gereken temel sorundur. Hasta ağrıdan kurtulmak için doktora başvurur; bu nedenle doktorun asıl görevi hastayı en az riskle tedavi etmektir. Hastayı ağrıdan kurtarıırken ikinci kaygımız "Hareketliliği de koruyabilir miyiz?" olmalıdır. Cerrah her iki görevi de hastaya zarar vermeden gerçekleştirme olanağına sahipse sonuç mükemmel olarak kabul edilmelidir (11).

Sonlu elemanlar ve kadavra çalışmaları ile dinamik vida ve rod sisteminin biyomekanik yeterliliğinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Dinamik rod olarak kendi ürettiğimiz ve Talin rod adını verdiğimiz rodu kullanılmıştır. Bu çalışmada, dinamik, yarı sert ve rijit posterior stabilizasyon sistemlerinin lomber omurga üzerindeki biyomekanik etkisini bildirilmiş ve sonuçta ortaya çıkan hareket açıklığı, faset eklem yükleri, disk içi basınçlar ve pedikül vidalarındaki gerilmeler gözlemlenmiş ve tüm vakalar için karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak hibrit moment fleksiyon, ekstansiyon, sağ ve sol yan eğilmelerde dinamik vida-dinamik rod kombinasyonu ile sağlam omurgaya en yakın sonuçları elde edilmiştir. Yine L4-5 segmentinde ortalama hareket açıklığı (ROM) değerleri incelendiğinde dinamik kombinasyonun sağlam omurgaya yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir (7,25).

Pediküler dinamik sistemde hareketin sürdürülmesi amaçlanıyorsa, dinamik sistemin ideal olarak kabul edilebilmesi için, hareket bölümündeki bozulan nötr bölgeyi normal veya yakınında stabilize etmesi gerekir. İnsanların hareket segmentleri yapısal olmak üzere birçok nedenden dolayı birbirinden farklılık gösterebilir. Hareket segmentini oluşturan yapıların dejenerasyon derecesi de oldukça önemlidir. "İdeal bir hareket segmentinde rod gerilimi nedir?". Her yöne hareketin normal fizyolojik sınırlar içinde yapılmasının yaş, boy ve kas hacmi ile bir ilgisi var mıdır? Etnik nedenler ne kadar etkiliyor? Hiperomobil olmak, hareket segmentlerinin instabil olduğu anlamına gelmez. "Olimpiyatlarda yarışan cimnasitikçiler hareketlerini acı içinde mi yapıyorlar?" Bu durumda kişiye göre değişen hareketli segment özelliğinin tek bir rod

ile sağlanabileceği beklentisi pek mümkün değildir. Ancak klinik olarak uyguladığımız hem rod hem de vidanın hareketli olduğu sistemlerin sonuçlarının tatmin edici bulunmasından sonra yeni bir sınıflama yapılması gerektiği sonucuna varmış bulunmaktayız (4,16).

Füzyon savunucularının kullandığı en güçlü argüman "Füzyon doğal sonuçtur, gerisi yalan"dır. Sorunlu bir hareket segmentindeki hareketliliği dondurarak sonlandırmanın çözümü de bu fikirden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, dinamik stabilizasyon gibi daha basit bir prosedür kullanarak, sorunlu segmentin anormal hareketliliğini aşağı yukarı normal aralığa geri getirmeye çalışmak da mümkündür. Neden başlangıçta tüm köprüleri yakalım. Daha basit bir seçenek varken, neden daha zorlu seçenekle başlamalıyız? Neden organizmaya kendisi için seçim yapmasını sağlayan koşulları sağlamayalım? Bu soruların cevapları sonunda bizi dinamik istikrara götürecektir.

Bugünün "doğru"larının yarının "yanlışları" olabileceğini ve binlerce yıllık insanlık tarihi boyunca "mutlak" olmadıklarını görmedik mi? Bilinci keskinleştirmek, sorgulanamaz olanı sorgulamak, entelektüel körlüğün göz bağını ortadan kaldırmak bizi Aydınlanma hareketine götürmedi mi? Antik çağın Pyrrho'su, mantıksal düşünmenin yanılmaz kesinliğe yol açamayacağını öne sürerek "şüphecilik" temellerini atarken, modern çağda Bacon, "Bir insan kesinliklerle başlarsa, şüphelerle bitirir; ama şüpheyle başlamakla yetinirse, kesinliklerle bitirir", şüphecilik gerçeği aramanın zorunlu bir adımı olarak tanımladı. Ayrıca Kant, şüphecilik eleştirel bir yaklaşım atfetti ve bilmemiz ya da bilmememiz gerekeni garanti altına almanın tek yolunun bu olduğunu savundu.

"Beyin eğitimi" gerektiren bir diğer düşünce sistemi de hayatta hiçbir şeyin sabit olmadığı ve sürekli değiştiği düşüncesidir. Bu düşüncüyü Herakleitos'un yüzlerce yıl öncesine dayanan felsefi doktrinlerinde ve 20. yüzyılda Bergson'da takip edebiliriz. Dolayısıyla Herakleitos, akış teorisinin temeli olarak "Hiç kimse aynı nehre iki kez girmez, çünkü aynı nehir değildir ve aynı insan değildir" sözüyle doğadaki her şeyin sürekli bir değişim hâlinde olduğunu vurgulamıştır. Bergson doktrininde her şey için süregelen bir değişim olduğunu belirtmiş; evrendeki değişimi "akış" ile, akışı "zaman" ile ve "varlığı" zamanın toplamı ile ifade edilmiştir.

Dinamik sistemleri sorgulamayacak mıyız? Tabii ki sorgulayacağız. Her sorgulama gibi bu da bizim yeni bir teknolojinin körü körüne savunucusu olmamızı engelleyecektir. Kaldı ki, neyin doğru olduğuna nasıl karar verebiliriz? Bunu yapmanın en iyi yolu, dinamik sistem gerçeğinin içinde aktif olarak bulunmakla olur.

Omurga anatomisindeki bilgimizi, biyomekaniğindeki yetkinliğimizi ve enstrümantasyon sistemlerinin omurga ile uyumluluğu konusundaki bilgimizi artırmak, avantajlı olanı seçmemize ve yararsız olanı eleştirmemize olanak sağlamalıdır. Bize düşen ise ideal omurga fizyolojisini koruyarak geleceğin dinamik sistemlerini tasarlamak için bu kavramları kullanmak olmalıdır. Bu, milletimizin mevcut yeni teknolojileri kullanabilme kabiliyetinden, bilgi birikiminden ve özgüveninden kaynaklanmaktadır.

Şu anda, dinamik stabilizasyon cihazlarının cerrahi implantasyonu, kas ve bağ yapılarının bozulmasına neden olacak kadar invazivdir. Bu yumuşak doku yapılarının normal spinal hareket, denge ve yük iletiminde önemli rol oynadığı iyi bilin-

mektedir. Zamanla, bu cihazların çalışması için ideal olarak kasların ve bağların doğal desteğine ihtiyacı olacaktır. Neyse ki, interbody kafesler, çubuklar ve vidalar gibi füzyonla ilgili cihazların cerrahi implantasyonundaki ilerlemeler minimal invaziv teknikler sağlamıştır. Bu teknikler, bu destekleyici yapılara çok daha az zarar verir ve daha hızlı iyileşme süreleriyle ilişkilidir. Dinamik sistemlerin optimum performansının, bu minimal invaziv tekniklerin implantın kendisiyle birleştirilmesinden kaynaklanması muhtemel görünmektedir. Gerçekten de, minimal invaziv cerrahi teknikler, hareket koruyucu cihazlarla kullanıldığında, uzun vadeli sonuçlarda füzyona göre çok daha faydalı olabilir (6,19).

Sonuçta, bir ders çıkarırsak, Graf'ın yolunu açtığı yapay ligamanla birlikte sunduğu dinamik stabilizasyon kavramı ve Stempel'in eklemli vida konseptleri önümüzde durmaktadır. Bize düşen görev, bu kavramları kullanarak ideal omurga fizyolojisine uygun gelecekteki dinamik sistemleri oluşturmaktır. Bu da, ülkemizde var olan yeterli teknolojileri kullanma yetisi, bilgi ve öz güvenden kaynaklanacaktır.

## KAYNAKLAR

- Abelin-Genevois K: Sagittal balance of the spine. *Orthop Traumatol Surg Res* 107(1S):102769, 2021
- Ahn YH, Chen WM, Lee KY, Park KW, Lee SJ: Comparison of the load-sharing characteristics between pedicle-based dynamic and rigid rod devices. *Biomed Mater* 3(4):044101, 2008
- Albee FH: Transplantation of a portion of the tibia into the spine for Pott's disease. *JAMA* 57:885, 1911
- Beazell JR, Mullins M, Grindstaff TL: Lumbar instability: An evolving and challenging concept. *J Man Manip Ther* 18(1):9-14, 2010
- Benzel EC: Stability and Instability of the Spine. In: *Biomechanics of Spine Stabilization*. USA: New York, 2001:29-43
- Chang CC, Kuo CH, Chang HK, Tu TH, Fay LY, Wu JC, Cheng H, Huang WC: Minimally invasive dynamic screw stabilization using cortical bone trajectory. *BMC Musculoskelet Disord* 21(1):605, 2020
- Erbulut DU, Kiapour A, Oktenoglu T, Ozer AF, Goel VK: A computational biomechanical investigation of posterior dynamic instrumentation: Combination of dynamic rod and hinged (dynamic) screw. *J Biomech Eng* 136(5):051007, 2014
- Fernström U: Arthroplasty with intercorporeal endoprosthesis in herniated disc and in painful disc. *Acta Chirurgica Scandinavica Supp* 357:154-159, 1966
- Frymoyer JW, Selby DK: Segmental instability: Rationale for treatment. *Spine* 10(3):280-286, 1985
- Galbusera F, Bassani T: The spine: A strong, stable, and flexible structure with biomimetics potential. *Biomimetics (Basel)* 4(3):60, 2019
- Gomleksiz C, Sasani M, Oktenoglu T, Ozer AF: A short history of posterior dynamic stabilization. *Adv Orthop* 2012:629698, 2012
- Graf H: Evaluation of the therapeutic effect of the graf stabilisation system. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Annual Meeting of the European Spine Society, 1991, Rome, Italy*
- Hibbs RH: An operation for progressive spinal deformities. *NY J Med* 93:1013, 1911
- Jones KE, Angielczyk KD, Polly PD, Head JJ, Fernandez V, Lungmus JK, Tulga S, Pierce SE: Fossils reveal the complex evolutionary history of the mammalian regionalized spine. *Science* 361(6408):1249-1252, 2018
- Kaner T, Ozer AF: Dynamic stabilization for challenging lumbar degenerative diseases of the spine: A review of the literature. *Adv Orthop* 2013:753470, 2013
- Kaner T, Sasani M, Oktenoglu T, Ozer AF: Dynamic stabilization of the spine: A new classification system. *Turk Neurosurg* 20(2):205-215, 2010
- Kirkaldy-Willis WH, Farfan HF: Instability of the lumbar spine. *Clin Orthop Relat Res* 165:110-123, 1982
- Knutsson F: The instability associated with disc degeneration in the lumbar spine. *Acta Radiologica* 25:593-609, 1944
- Kuo YH, Kuo CH, Chang HK, Ko CC, Tu TH, Chang CC, Cheng H, Lirng JF, Huang WC, Wu JC: Cortical bone trajectory-based dynamic stabilization. *World Neurosurg* 159:e416-e424, 2022
- McNally DS, Adams MA: Internal intervertebral disc mechanics as revealed by stress profilometry. *Spine* 17(1):66-73, 1992
- Meyer MR, Haeusler M: Spinal cord evolution in early Homo. *J Hum Evol* 88:43-53, 2015
- Mixter WJ, Barr JS: Rupture of the intervertebral disc with involvement of the spinal canal. *New Engl J Med* 211:210-215, 1934
- Murphy RF, Mooney JF 3rd: Complications following spine fusion for adolescent idiopathic scoliosis. *Curr Rev Musculoskelet Med* 9(4):462-469, 2016
- Nockels RP: Dynamic stabilization in the surgical management of painful lumbar spinal disorders. *Spine* 30(16):S68-S72, 2005
- Oktenoglu T, Erbulut DU, Kiapour A, Ozer AF, Lazoglu I, Kaner T, Sasani M, Goel VK: Pedicle screw-based posterior dynamic stabilisation of the lumbar spine: In vitro cadaver investigation and a finite element study. *Comput Methods Biomech Biomed Engin* 18(11):1252-1261, 2015
- Oró JJ: Evolution of the brain: From behavior to consciousness in 3.4 billion years. *Neurosurgery* 54(6):1287-1296; discussion 1296-1297, 2004
- Panjabi MM: Clinical spinal instability and low back pain. *J Electromyography Kinesiol* 13(4):371-379, 2003
- Reid PC, Morr S, Kaiser MG: State of the union: A review of lumbar fusion indications and techniques for degenerative spine disease. *J Neurosurg Spine* 31(1):1-14, 2019
- Schwarzer AC, Aprill CN, Derby R, Fortin J, Kine G, Bogduk N: The relative contributions of the disc and zygapophyseal joint in chronic low back pain. *Spine* 19(7):801-806, 1994
- Sengupta DK: Dynamic stabilization devices in the treatment of low back pain. *Neurology India* 53(4):466-474, 2005
- Tavares WM, de França SA, Paiva WS, Teixeira MJ: A systematic review and meta-analysis of fusion rate enhancements and bone graft options for spine surgery. *Sci Rep* 12(1):7546, 2022
- von Stempel A, Moosman D, Stoss C, Martin A: Stabilization of the degenerated lumbar spine in the non fusion technique with Cosmic posterior dynamic system. *World Spine J* 1(1):40-47, 2006