

Derleme

Servikal Disk Protezi; 20 Yılın Getirdikleri ve Handikapları

Cervical Disc Prosthesis; The Results of 20 Years and the Handicaps

Atilla YILMAZ¹, Ahmet GÜRÇAY²¹Mustafa Kemal Üniversitesi, Beyin Omurilik ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Hatay, Türkiye²Ankara Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin Omurilik ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Ankara, Türkiye

ÖZ

Anterior servikal diskektomi ve füzyon cerrahisi, cerrahi servikal disk hastalığı için uzun yıllardır uygulanan cerrahi bir yöntemdir. Fakat iyi bilinen bir gerçek olarak füzyon, ilgili seviyedeki hareketsizlikle ilişkili olup komşu seviyede dejenerasyona sebep olabilmektedir. Servikal disk protezi, özellikle ilgili segmentteki hareketin korunması dolayısıyla komşu segment dejenerasyon probleminin çözülmesi için ortaya çıkmıştır. İlk yayınlar bu hipotezi destekler nitelikteydi, ancak son zamanlarda yapılan bazı çalışmalar aslında, komşu seviye dejenerasyonu bakımından uzun vadeli takiplerde her iki yaklaşım arasında beklenen farkın olmadığı yönünde görüş bildirmektedir. Çalışmamız; füzyon cerrahisi ve servikal disk protezi ameliyatlarını komşu seviye dejenerasyonu, klinik sonuçlar ve komplikasyonlar açısından literatürdeki son değerlendirmelerle tartışmayı amaçlamaktadır.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Anterior servikal diskektomi, Karşılaştırma, Klinik sonuç, Komşu seviye hastalığı, Servikal disk protezi

ABSTRACT

Anterior cervical discectomy and fusion is a traditional surgery method for surgical cervical disc disease. However, it is well known that fusion leads to immobility in the relevant level and could be associated with adjacent level degeneration. Cervical disc prosthesis has emerged especially to preserve the motion of the related segment and to solve the adjacent segment degeneration problem. The first reports supported this hypothesis but recently several reviews claimed that, in fact, there is no difference in long-term follow-up in terms of adjacent level degeneration. Our report will discuss the fusion and the cervical disc prosthesis surgeries in terms of adjacent level degeneration, clinical results and the complications, making use of the latest reviews.

KEYWORDS: Anterior cervical discectomy, Comparison, Clinical result, Adjacent level degeneration, Cervical disc prosthesis

■ GİRİŞ

Konservatif tedavi yöntemleri ile tedavi edilemeyen servikal dejeneratif disk hastalıklarında başvuru olan; Anterior servikal diskektomi ve füzyon (ASDF), Posterior laminoforaminotomi, Laminoplasti ve Laminektomi girişimleri, uzun zaman sonuçları olan ve güvenle uygulanan altın standart cerrahi girişimler arasında sayılmaktadırlar (1,2,5,9,20). Yaklaşık elli yıldır uygulanan bu girişimlerin sonuçları, patolojinin giderilmesi konusunda her

ne kadar oldukça başarılı ise de, 1995 yılında Goffin ve ark. tarafından ASDF uygulanan olgularda komşu segment hasarı (KSH) gelişme oranının %60'a yakın olduğunun tanımlanması, cerrahları füzyon yerine hareket kabiliyetinin korunacağı alternatif girişimler arayışına yöneltmiştir (13,19,42,56).

Servikal disk protezleri (SDP) bu sebeple geliştirilen ve uygulanmakta olan yöntemlerden en önemlisidir. Bu implantların tasarlanmasındaki amaçlar arasında; servikal anatomik disk yüksekliğinin ve lordozun yeniden sağlanmasının yanında



Yazışma adresi: Atilla YILMAZ

E-posta: admin@atemya.com

servikal diskektomi sonrası oluşacak füzyonun engellenmesi ve bu sayede hareketin korunarak komşu seviyeye binen yükün dolayısıyla KSH gelişiminin engellenmesi sayılabilir. Her ne kadar ilk uygulandığı dönemdeki sonuçlar beklenenin çok altında olsa da teknolojik gelişmelere paralel olarak tasarlanan yeni protezlerde sağlanan iyileştirmeler özellikle 1990'lı yılların sonlarından itibaren bu tekniğin omurga cerrahları tarafından daha sık kullanılmasını sağlamıştır (7,8,27,32,34,41,46,48,54).

SDP ile ASDF cerrahisi sonuçlarının klinik, radyolojik ve biyomekanik açıdan karşılaştırıldığı çok sayıda yayın mevcuttur. Bazı yayınlar SDP'lerinin; daha iyi klinik sonuca sahip olduğunu bununla birlikte daha düşük implant aracılıklı komplikasyon ve yeniden operasyon oranlarına sahip olduğunu belirten (35,40,56), bunun tam tersini ileri süren yayınlar da mevcuttur (10,22,23,28,33). Ne yazık ki günümüzde bu konu ile ilgili net bir konsensüse halen varılmamıştır.

Shangguan ve ark. 6 adet randomize kontrollü çalışmanın sonuçlarını değerlendirdikleri ve 2017 yılında yayınladıkları çalışmalarında her iki yaklaşım arasında Neck Disability Index (NDI), boyun ağrısı ve kol ağrısı iyileşme sonuçları açısından anlamlı bir fark olmadığı, ancak opere edilen seviyedeki eklem hareket açıklığı açısından SDP'nin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha olumlu olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca JOA skoru ve re-operasyon gereksinimi açısından da her iki grup arasında anlamlı bir fark bulunmadığını belirtmişler (43).

Maharaj ve ark.'nın bu tartışmaya bir açıklık getirmek amacıyla 2015 yılında yayınladıkları ve sadece prospektif randomize kontrollü çalışmaların dahil edildiği 2156 SDP ile 1894 ASDF uygulanan ve toplamda 4070 hastayı içeren 28 çalışmanın sonuçlarını değerlendirdikleri meta analizlerinde; SDP uygulanan hastalar ile ASDF uygulanan hastalar arasında kısa ve uzun dönem komplikasyon oranları arasında anlamlı fark olmadığı, SDP uygulanan hastalarda kısa dönemde daha iyi klinik sonuçlar elde edildiği ancak bu farkın uzun dönem sonuçları için geçerli olmadığı, aynı seviyede reoperasyon gereksiniminin

Tablo I: Komşu Seviye Hastalığı Gelişim Oranları

	SDP	ASDF
Kısa dönem	%10,7	%16,9
Uzun dönem	%27,4	%44

SDP: Servikal Disk Protezi. **ASDF:** Anterior Servikal Diskektomi + Füzyon.

Tablo II: Servikal Disk Protezi ve Anterior Servikal Diskektomi + Füzyon Cerrahilerinin Kısa ve Uzun Dönem Sonuçlarının Karşılaştırılması

	Kısa Dönemde Fark	Uzun Dönemde Fark
Klinik sonuç	Var	Yok
Aynı seviyede re-operasyon gereksinimi	Yok	Yok
Diğer seviyelerde re-operasyon gereksinimi	Var	Yok
Komşu seviye hastalığı	Var	Var
Neck Disability Index (NDI)	Var	Yok
Vizüel Analog Skalası (VAS)	Var	Yok

kısa ve uzun dönem için her iki grupta aynı olduğu, diğer segmentler sebebiyle servikal cerrahi girişim gerekliliği açısından ise sadece kısa dönemde SDP'nin daha üstün ve en önemlisi bu cerrahi girişimin ortaya çıkış sebebi olan KSH açısından SDP'nin hem kısa hem uzun dönemde daha üstün olduğu (Tablo I) ve aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiş. Bununla birlikte SDP'nin kısa dönemde Neck Disability Index (NDI) ve Vizüel Analog Skalası (VAS) skorları açısından daha üstün olduğu (Tablo II) (29) ve her ne kadar bazı çalışmalarda öğrenme eğrisi ve end-plate hazırlık süreci gibi sebeplerle SDP cerrahisinin daha uzun olduğu öne sürülse de (28) bu süre farkının göz ardı edilebilecek kadar küçük olduğunu belirtmişlerdir (29).

■ KOMŞU SEVİYE HASTALIĞI

Komşu seviye hastalığının engellenmesi her ne kadar SDP'lerinin ortaya çıkış amacı olsa da son zamanlarda yapılan ve uzun takip sürelerinin sonuçlarının değerlendirildiği bazı çalışmalarda SDP'nin KSH gelişimi açısından ASDF cerrahisine çok da üstün olmadığı öne sürülmektedir. Kearns ve ark. SDP uygulanan hastalarda KSH nedeniyle reoperasyon gereksiniminin yıllık insidansının %2,3 olduğunu ve bunun ASDF uygulanan hastalardaki yıllık %2,9 insidansından çok da farklı olmadığını belirtmişlerdir (19,24).

Zhong ve ark. ise 12 çalışmayı ve toplamda 3234 hastayı içeren ve 2016 yılında yayınladıkları meta analizlerinde; KSH görülme oranının SDP uygulanan grupta %6 iken ASDF uygulanan grupta %12 olduğunu ve SDP'nin KSH nedeniyle yapılan reoperasyon açısından istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde üstün olduğunu tespit etmişlerdir (56).

Takip süresinin 21 yıl olduğu 50 hastalık bir çalışmada ise; her ne kadar SDP uygulanan KSH radyolojik olarak %96 oranında tespit edilse de reoperasyon gereksiniminin sadece %16'lık bir kısımda gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu sonuç radyolojik sonuç ile klinik sonucun paralel olmayabileceği görüşünü ortaya çıkarmakta ve tartışmaya yeni bir boyut kazandırmaktadır (14,17,44). Ayrıca preoperatif disk hastalığı ve osteopeni mevcudiyetinin bu konuda belirgin bir risk faktörü olduğunu belirten yayınlar da mevcuttur (37).

■ HETEROTOPIK OSSİFİKASYON

Heterotopik Ossifikasyon (HO) kalça ve diz eklemi protez cerrahileri sonrasında geliştiği tespit edilen ve bu anlamda ilgili

cerrahlar tarafından iyi bilinen bir komplikasyon olup (3,21) artifisiel disk protezlerinin beyin cerrahisi dünyasına girmesi sonucu omurga cerrahisinde de bir komplikasyon olarak karşımıza çıkmaktadır. Omurgada ilk olarak lomber bölgede tariflenmiş ve 2003 yılında McAfee tarafından sınıflandırılmıştır (30). Bu sınıflama 2005 yılında Mehren ve ark. tarafından servikal bölge için de uyarlanmıştır (31). Longus kolli kaslarına tekrarlayan travmaların mevcudiyetinin veya gereksiz fazla end-plate turlanmasının sebepleri arasında olabileceği öne sürülen HO'da sonuç çoğunlukla, patolojinin ilerleyerek füzyona sebep olmasıdır (15). Bu durum SDP'nin kullanım mantığına gölge düşürmektedir.

Literatürde SDP'nin uzun dönem HO ile ilgili sonuçlarının tartışıldığı çok sayıda makale mevcut olup gelişimi konusunda oldukça farklı oranlar belirtilmektedir (4,6,25,38,47,49,50,52,53,57). Leung ve ark. yayınlarında HO görülme oranının %18,2 olduğunu ileri sürerken (26), Zhao ve ark. bu oranın 10 yıllık takip süresi sonunda %69'a ulaştığını belirtmişlerdir (55).

Kong ve ark.nın 2017 yılında yayınladıkları ve 10 yıllık bir takip süresine sahip 38 çalışmayı içeren meta analizlerinde; HO gelişim prevalansın %16,1 ile %85,7 arasında olduğu, en fazla 2 yıllık takip süresine sahip çalışmalarda bu oranın %38 civarında olduğu, 2-5 yılı kapsayan çalışmalarda bu oranın %52,6'ya 5-10 yılı kapsayan çalışmalarda ise %53,6'ya yükseldiği belirtilmiştir (25). Kong ve ark. çalışmalar arasında bu kadar fark olmasının sebepleri arasında; protez tiplerinin, çevre faktörlerinin veya değerlendirme hatalarının sayılabileceğini bunun da önüne HO tanımında standart bir sınıflamanın kullanılması ile geçilebileceğini belirtmişlerdir.

Zho ve ark. ise yayınladıkları çalışmalarında; HO gelişim oranının bu kadar yüksek olması ve ROM değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalmaya sebep olmasına rağmen, bu durumun VAS boyun ağrısı VAS kol ağrısı ve NDI skalaları açısından klinik olarak istatistiksel anlamlı bir farka sebep olmadığını ileri sürmüşlerdir (57).

Literatürde HO'nun engellenmesi için 2 hafta süreyle steroid tedavisinin önerildiği (18) ve HO gelişiminde cinsiyet ve implant tipinin etkili olduğunun öne sürüldüğü bazı yayınlar da mevcuttur (52).

■ KOMPLİKASYONLAR

ASDF ve SDP girişimleri cerrahi yaklaşım olarak birbirlerinden çok farklı olmadıklarından, cerrahi komplikasyonlar arasında da belirgin bir farklılık mevcut değildir. Her iki yaklaşımın komplikasyonları arasında; disfaji, disfoni, kanama, rekürrent laringeal sinir yaralanması, özofagus yaralanması, trakeal yaralanma, dural yırtık, hematoma, ve spinal kord hasarı sayılabilir ve disfaji haricinde bu komplikasyon oranları açısından anlamlı bir fark yoktur (36). Ancak özellikle SDP ile ilişkili komplikasyonlar arasında; segmental kifoz, implant migrasyonu, HO ve enfeksiyon sayılabilir.

Kifoza gidiş SDP cerrahisine atfedilen önemli bir komplikasyon olup Pickett ve ark. 14 hastalık serilerinde 24 aylık takip süresi sonunda hastaların tümünde 6 dereceye varan kifoza gidiş tespit ettiklerini ancak bunun herhangi bir klinik soruna sebep olmadığını belirtmişlerdir (39). Bununla birlikte end-plate'lerin

gereğinden fazla turlanması ve/veya küçük boyutta protez kullanılmasının segmental kifoza sebep olacağını belirttiği az sayıda yayın mevcut olup bu durumun da klinik sonucu etkilemediği belirtilmiştir (51). Bu etmenlerin aynı zamanda implant migrasyonuna da sebep olabileceği bildirilmektedir (11,12).

Bahsettiğimiz komplikasyonların yanı sıra protezde aşınma (12) ve metal implanta karşılık gelişen lenfositik reaksiyonun sebep olduğunun ileri sürüldüğü metallozis gibi komplikasyonların görüldüğüne dair az sayıda yayın da mevcuttur (16).

■ KLİNİK SONUÇLAR

Her iki yaklaşım nörolojik iyileşme açısından karşılaştırıldığında SDP'nin daha üstün olduğunu belirten yayınlar mevcuttur. Özellikle erken mobilizasyon ve işe erken dönüşün SDP cerrahisinin önemli avantajları arasında olduğu belirtilmektedir (18,34). Steinmetz ve ark. işe dönüş süresinin SDP uygulanan hastalarda ortalama 101 gün olduğunu belirtirken ASDF uygulanan hastalarda bu sürenin 222 güne çıktığını tespit etmiş ve bu durumun füzyon gereksiniminin olmayışına dolayısıyla immobilizasyon süresinin daha kısa olmasına bağlamışlardır (45). Ancak 24 aylık takip süresi sonunda her iki yaklaşım arasında boyun ağrısı ve kol ağrısı değerlendirmesi açısından anlamlı fark olmadığını belirten yayınlar da mevcuttur (8,18,35).

■ SONUÇ

Son 20 yılı içeren ve geniş serilere sahip çalışmaların sonuçlarına bakıldığında her ne kadar kısa dönem sonuçlarda SDP'nin üstün olduğu görülse de uzun dönem sonuçlarda ve özellikle ortaya çıkış amacı olan KSH'nin önüne geçme konusunda üstünlüğünü ispatlayacak yeterli kanıtı sahip olmadığı öne süren geniş serili yayınlar mevcut olup bu konuda tartışmalar halen devam etmektedir.

Son 20 yıla yönelik yapılmış meta analizler incelendiğinde ise; SDP cerrahisinin avantajları arasında daha kısa sürede işe dönüş imkanı, disfajiye daha az sebep olması ve boyunluk gibi immobilizasyon gerektiren ortezleri gerektirmemesi sayılabilirken, HO, implant migrasyonu ve kifoz gibi kendine özel komplikasyonlara sahip olması ve yüksek maliyeti nedeniyle seçilmiş olgular için dahi altın standart tedavi seçeneği olma özelliğine halen bir miktar uzak olduğu söylenebilir.

■ KAYNAKLAR

1. Agrillo U, Faccioli F, Fachinetti P, Gambardella G, Guizzardi G, Profeta G: Guidelines for the diagnosis and management of the degenerative diseases of cervical spine. J Neurosurg Sci 43:11-14, 1999
2. Anderson PA, Bohlman HH: Anterior decompression and arthrodesis of the cervical spine: Long-term motor improvement. Part II-Improvement in complete traumatic quadriplegia. J Bone Joint Surg Am 74:683-692, 1992
3. Bek D, Beksac B, Della Valle AG, Sculco TP, Salvati EA: Aspirin decreases the prevalence and severity of heterotopic ossification after 1-stage bilateral total hip arthroplasty for osteoarthritis. J Arthroplasty 24:226-232, 2009

4. Brenke C, Scharf J, Schmieder K, Barth M: High prevalence of heterotopic ossification after cervical disc arthroplasty: Outcome and intraoperative findings following explantation of 22 cervical disc prostheses. *J Neurosurg Spine* 17:141-146, 2012
5. Bydon M, Mathios D, Macki M, de la Garza-Ramos R, Sciubba DM, Witham TF, Wolinsky JP, Gokaslan ZL, Bydon A: Long-term patient outcomes after posterior cervical foraminotomy: An analysis of 151 cases. *J Neurosurg Spine* 21:727-731, 2014
6. Chen J, Wang X, Bai W, Shen X, Yuan W: Prevalence of heterotopic ossification after cervical total disc arthroplasty: A meta-analysis. *Eur Spine J* 21:674-680, 2012
7. Coric D, Guyer RD, Nunley PD, Musante D, Carmody C, Gordon C, Laurysen C, Boltes MO, Ohnmeiss DD: Prospective, randomized multicenter study of cervical arthroplasty versus anterior cervical discectomy and fusion: 5-year results with a metal-on-metal artificial disc. *J Neurosurg Spine* 5:1-10, 2018
8. Coric D, Nunley PD, Guyer RD, Musante D, Carmody CN, Gordon CR, Laurysen C, Ohnmeiss DD, Boltes MO: Prospective, randomized, multicenter study of cervical arthroplasty: 269 patients from the Kineflex|C artificial disc investigational device exemption study with a minimum 2-year follow-up: Clinical article. *J Neurosurg Spine* 15:348-358, 2011
9. Edwards CC 2nd, Heller JG, Murakami H: Corpectomy versus laminoplasty for multilevel cervical myelopathy: An independent matched-cohort analysis. *Spine (Phila Pa 1976)* 27:1168-1175, 2002
10. Gao Y, Liu M, Li T, Huang F, Tang T, Xiang Z: A meta-analysis comparing the results of cervical disc arthroplasty with anterior cervical discectomy and fusion (ACDF) for the treatment of symptomatic cervical disc disease. *J Bone Joint Surg Am* 95:555-561, 2013
11. Goffin J: Complications of cervical disc arthroplasty. *Semin Spine Surg* 18:87-98, 2006
12. Goffin J, Van Calenbergh F, van Loon J, Casey A, Kehr P, Liebig K, Lind B, Logroscino C, Sgrambiglia R, Pointillart V: Intermediate follow-up after treatment of degenerative disc disease with the Bryan cervical disc prosthesis: Single-level and bi-level. *Spine (Phila Pa 1976)* 28:2673-2678, 2003
13. Goffin J, van Loon J, Van Calenbergh F, Plets C: Long-term results after anterior cervical fusion and osteosynthetic stabilization for fractures and/or dislocations of the cervical spine. *J Spinal Disord* 8:500-508; discussion 499, 1995
14. Gore DR, Sepic SB, Gardner GM, Murray MP: Neck pain: A long-term follow-up of 205 patients. *Spine (Phila Pa 1976)* 12:1-5, 1987
15. Guerin P, Obeid I, Bourghli A, Meyrat R, Luc S, Gille O, Vital JM: Heterotopic ossification after cervical disc replacement: Clinical significance and radiographic analysis. A prospective study. *Acta Orthop Belg* 78:80-86, 2012
16. Guyer RD, Shellock J, MacLennan B, Hanscom D, Knight RQ, McCombe P, Jacobs JJ, Urban RM, Bradford D, Ohnmeiss DD: Early failure of metal-on-metal artificial disc prostheses associated with lymphocytic reaction: Diagnosis and treatment experience in four cases. *Spine (Phila Pa 1976)* 36:E492-497, 2011
17. Harrod CC, Hilibrand AS, Fischer DJ, Skelly AC: Adjacent segment pathology following cervical motion-sparing procedures or devices compared with fusion surgery: A systematic review. *Spine (Phila Pa 1976)* 37:S96-S112, 2012
18. Heller JG, Sasso RC, Papadopoulos SM, Anderson PA, Fessler RG, Hacker RJ, Coric D, Cauthen JC, Riew DK: Comparison of BRYAN cervical disc arthroplasty with anterior cervical decompression and fusion: Clinical and radiographic results of a randomized, controlled, clinical trial. *Spine (Phila Pa 1976)* 34:101-107, 2009
19. Hilibrand AS, Carlson GD, Palumbo MA, Jones PK, Bohlman HH: Radiculopathy and myelopathy at segments adjacent to the site of a previous anterior cervical arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am* 81:519-528, 1999
20. Huang D, Du X, Liang H, Hu W, Hu H, Cheng X: Anterior corpectomy versus posterior laminoplasty for the treatment of multilevel cervical myelopathy: A meta-analysis. *Int J Surg* 35:21-27, 2016
21. Iorio R, Healy WL: Heterotopic ossification after hip and knee arthroplasty: Risk factors, prevention, and treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 10:409-416, 2002
22. Jiang H, Zhu Z, Qiu Y, Qian B, Qiu X, Ji M: Cervical disc arthroplasty versus fusion for single-level symptomatic cervical disc disease: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Arch Orthop Trauma Surg* 132:141-151, 2012
23. Karabag H, Cakmak E, Celik B, Iplikcioglu AC, Soran AF: Arthroplasty versus fusion for single-level cervical disc disease. *J Pak Med Assoc* 64:1348-1351, 2014
24. Kearns S, Janssen M, Murrey D, Delamarter R: Five-year results of the Prodisc-C multicenter randomized clinical trial. *Spine J* 11:S46, 2011
25. Kong L, Ma Q, Meng F, Cao J, Yu K, Shen Y: The prevalence of heterotopic ossification among patients after cervical artificial disc replacement: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)* 96:e7163, 2017
26. Leung C, Casey AT, Goffin J, Kehr P, Liebig K, Lind B, Logroscino C, Pointillart V: Clinical significance of heterotopic ossification in cervical disc replacement: A prospective multicenter clinical trial. *Neurosurgery* 57:759-763; discussion 759-763, 2005
27. Leven D, Meaie J, Radcliff K, Qureshi S: Cervical disc replacement surgery: Indications, technique, and technical pearls. *Curr Rev Musculoskelet Med* 10:160-169, 2017
28. Luo J, Huang S, Gong M, Dai X, Gao M, Yu T, Zhou Z, Zou X: Comparison of artificial cervical arthroplasty versus anterior cervical discectomy and fusion for one-level cervical degenerative disc disease: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 25 Suppl 1:S115-125, 2015
29. Maharaj MM, Mobbs RJ, Hogan J, Zhao DF, Rao PJ, Phan K: Anterior cervical disc arthroplasty (ACDA) versus anterior cervical discectomy and fusion (ACDF): A systematic review and meta-analysis. *J Spine Surg* 1:72-85, 2015
30. McAfee PC, Cunningham BW, Devine J, Williams E, Yu-Yahiro J: Classification of heterotopic ossification (HO) in artificial disk replacement. *J Spinal Disord Tech* 16:384-389, 2003

31. Mehren C, Suchomel P, Grochulla F, Barsa P, Sourkova P, Hradil J, Korge A, Mayer HM: Heterotopic ossification in total cervical artificial disc replacement. *Spine (Phila Pa 1976)* 31:2802-2806, 2006
32. Moatz B, Tortolani PJ: Cervical disc arthroplasty: Pros and cons. *Surg Neurol Int* 3:S216-224, 2012
33. Mummaneni PV, Amin BY, Wu JC, Brodt ED, Dettori JR, Sasso RC: Cervical artificial disc replacement versus fusion in the cervical spine: A systematic review comparing long-term follow-up results from two FDA trials. *Evid Based Spine Care J* 3:59-66, 2012
34. Mummaneni PV, Burkus JK, Haid RW, Traynelis VC, Zdeblick TA: Clinical and radiographic analysis of cervical disc arthroplasty compared with allograft fusion: A randomized controlled clinical trial. *J Neurosurg Spine* 6:198-209, 2007
35. Murrey D, Janssen M, Delamarter R, Goldstein J, Zigler J, Tay B, Darden B: Results of the prospective, randomized, controlled multicenter Food and Drug Administration investigational device exemption study of the ProDisc-C total disc replacement versus anterior discectomy and fusion for the treatment of 1-level symptomatic cervical disc disease. *Spine J* 9:275-286, 2009
36. Murtagh R, Castellvi AE: Motion preservation surgery in the spine. *Neuroimaging Clin N Am* 24:287-294, 2014
37. Nunley PD, Jawahar A, Cavanaugh DA, Gordon CR, Kerr EJ 3rd, Utter PA: Symptomatic adjacent segment disease after cervical total disc replacement: Re-examining the clinical and radiological evidence with established criteria. *Spine J* 13: 5-12, 2013
38. Nunley PD, Jawahar A, Kerr EJ 3rd, Gordon CJ, Cavanaugh DA, Birdsong EM, Stocks M, Danielson G: Factors affecting the incidence of symptomatic adjacent-level disease in cervical spine after total disc arthroplasty: 2- to 4-year follow-up of 3 prospective randomized trials. *Spine (Phila Pa 1976)* 37:445-451, 2012
39. Pickett GE, Mitsis DK, Sekhon LH, Sears WR, Duggal N: Effects of a cervical disc prosthesis on segmental and cervical spine alignment. *Neurosurg Focus* 17:E5, 2004
40. Puttlitz CM, Rousseau MA, Xu Z, Hu S, Tay BK, Lotz JC: Intervertebral disc replacement maintains cervical spine kinetics. *Spine (Phila Pa 1976)* 29:2809-2814, 2004
41. Reitz H, Joubert MJ: Intractable headache and cervicobrachialgia treated by complete replacement of cervical intervertebral discs with a metal prosthesis. *S Afr Med J* 38:881-884, 1964
42. Robertson JT, Papadopoulos SM, Traynelis VC: Assessment of adjacent-segment disease in patients treated with cervical fusion or arthroplasty: A prospective 2-year study. *J Neurosurg Spine* 3:417-423, 2005
43. Shanguan L, Ning GZ, Tang Y, Wang Z, Luo ZJ, Zhou Y: Discover cervical disc arthroplasty versus anterior cervical discectomy and fusion in symptomatic cervical disc diseases: A meta-analysis. *PLoS One* 12:e0174822, 2017
44. Song KJ, Choi BW, Kim JK: Adjacent segment pathology following anterior decompression and fusion using cage and plate for the treatment of degenerative cervical spinal diseases. *Asian Spine J* 8:720-728, 2014
45. Steinmetz MP, Patel R, Traynelis V, Resnick DK, Anderson PA: Cervical disc arthroplasty compared with fusion in a workers' compensation population. *Neurosurgery* 63:741-747; discussion 747, 2008
46. Sundseth J, Fredrikli OA, Kolstad F, Johnsen LG, Pripp AH, Andresen H, Myrseth E, Muller K, Nygaard OP, Zwart JA; Group Ns: The Norwegian Cervical Arthroplasty Trial (NORCAT): 2-year clinical outcome after single-level cervical arthroplasty versus fusion-a prospective, single-blinded, randomized, controlled multicenter study. *Eur Spine J* 26:1225-1235, 2017
47. Tortolani PJ, Cunningham BW, Eng M, McAfee PC, Holsapple GA, Adams KA: Prevalence of heterotopic ossification following total disc replacement. A prospective, randomized study of two hundred and seventy-six patients. *J Bone Joint Surg Am* 89:82-88, 2007
48. Vaccaro A, Beutler W, Peppelman W, Marzluff JM, Highsmith J, Mugglin A, DeMuth G, Gudipally M, Baker KJ: Clinical outcomes with selectively constrained SECURE-C cervical disc arthroplasty: Two-year results from a prospective, randomized, controlled, multicenter investigational device exemption study. *Spine (Phila Pa 1976)* 38:2227-2239, 2013
49. Verma K, Gandhi SD, Maltenfort M, Albert TJ, Hillbrand AS, Vaccaro AR, Radcliff KE: Rate of adjacent segment disease in cervical disc arthroplasty versus single-level fusion: Meta-analysis of prospective studies. *Spine (Phila Pa 1976)* 38:2253-2257, 2013
50. Wu JC, Huang WC, Tsai HW, Ko CC, Fay LY, Tu TH, Wu CL, Cheng H: Differences between 1- and 2-level cervical arthroplasty: More heterotopic ossification in 2-level disc replacement: Clinical article. *J Neurosurg Spine* 16:594-600, 2012
51. Xu JX, Zhang YZ, Shen Y, Ding WY: Effect of modified techniques in Bryan cervical disc arthroplasty. *Spine (Phila Pa 1976)* 34:1012-1017, 2009
52. Yi S, Kim KN, Yang MS, Yang JW, Kim H, Ha Y, Yoon DH, Shin HC: Difference in occurrence of heterotopic ossification according to prosthesis type in the cervical artificial disc replacement. *Spine (Phila Pa 1976)* 35:1556-1561, 2010
53. Yi S, Shin DA, Kim KN, Choi G, Shin HC, Kim KS, Yoon DH: The predisposing factors for the heterotopic ossification after cervical artificial disc replacement. *Spine J* 13:1048-1054, 2013
54. Zechmeister I, Winkler R, Mad P: Artificial total disc replacement versus fusion for the cervical spine: A systematic review. *Eur Spine J* 20:177-184, 2011
55. Zhao Y, Zhang Y, Sun Y, Pan S, Zhou F, Liu Z: Application of cervical arthroplasty with Bryan cervical disc: 10-year follow-up results in China. *Spine (Phila Pa 1976)* 41:111-115, 2016
56. Zhong ZM, Zhu SY, Zhuang JS, Wu Q, Chen JT: Reoperation after cervical disc arthroplasty versus anterior cervical discectomy and fusion: A meta-analysis. *Clin Orthop Relat Res* 474:1307-1316, 2016
57. Zhou HH, Qu Y, Dong RP, Kang MY, Zhao JW: Does heterotopic ossification affect the outcomes of cervical total disc replacement? A meta-analysis. *Spine (Phila Pa 1976)* 40:E332-340, 2015