

Servikal Spondilotik Miyelopatide Görüntüleme

Imaging in Cervical Spondylotic Myelopathy

ÖZ

Servikal spondilotik myelopati (SSM), travmatik olmayan omurilik yaralanmasının ve yaşlılarda omurilik fonksiyon bozukluklarının en yaygın nedenidir. Tedavi edilmediği takdirde zamanla kötüleşen ilerleyici bir hastalıktır. Erken teşhis ve tedavi, SSM'nin ilerlemesini yavaşlatmaya ve semptomları iyileştirmeye yardımcı olabilir. Radyolojik görüntüleme yöntemleri bu hastalığın tanısında ve sürecin yönetilmesinde çok sık olarak kullanılmaktadır. Bu derleme, SSM'de merkezi sinir sistemindeki fonksiyonel ve morfolojik değişikliklerin değerlendirilmesinde radyolojik görüntüleme yöntemlerinin kullanımının anlaşılmasını amaçlamaktadır.

Anahtar Sözcükler: Servikal spondilotik myelopati, Spondiloz, Manyetik rezonans görüntüleme

ABSTRACT

Cervical spondylotic myelopathy (CSM) is the most common cause of non-traumatic spinal cord injury and spinal cord dysfunction in the elderly. It is a progressive disease that worsens over time if left untreated. Early diagnosis and treatment can help slow the progression of CSM and improve symptoms. Radiologic imaging modalities are widely used in the diagnosis and management of this disease. This review aims to provide an understanding of the use of radiologic imaging modalities in the evaluation of functional and morphologic changes in the central nervous system in CSM.

Keywords: Cervical spondylotic myelopathy, Spondylosis, Magnetic resonance imaging

GİRİŞ

Servikal spondilotik myelopati (SSM), yetişkinlerde travmaya bağlı olmayan omurilik hasarının en sık görülen sebebidir (3). Servikal spondiloz, genellikle ileri yaşta ortaya çıkan omurga kemik yapılarını, intervertebral diskleri, faset eklemleri ve ligamanları etkileyen dejeneratif değişikliklerle karakterize ilerleyici bir hastalıktır. Bu değişiklikler spinal kordun sıkışması veya çevresindeki kan damarlarının doğrudan kompresyonu yoluyla myelopatiye neden olabilir (16). Bu durum hastalarda ciddi nörolojik fonksiyon kayıplarına yol açabilir. Bu nedenle bu hastaların erken tanınması ve kalıcı nörolojik hasarların ortaya çıkmadan etkili bir şekilde tedavi edilmesi oldukça önemlidir.

SSM nedeni ile cerrahi tedavi uygulanan hasta sayısı her yıl artış göstermektedir. Hastalığın görülme yaşı ortalama 56 olup bu hastaların 60 yaşından sonra %85 oranında radyografik görüntüleme bulgularında progresyon izlenmektedir

(28). Bu nedenle yaygınlığı gün geçtikçe artan bu hastalığın tanısı ve tedavi planlaması daha da önem taşımaktadır (21).

Anatomi

Servikal vertebra omurgadaki en hareketli segmenttir. Fleksiyon, ekstansiyon, rotasyon ve lateral fleksiyon hareketlerini yapabilir (36). 7 adet vertebra korpusuna sahiptir ve korpus büyüklükleri alt segmentlere doğru artış gösterir. Atlas C1 vertebra segmenti olup korpusa sahip değildir. Servikal vertebra lateral yüzünde süperior kesime uzanan kemik çıkıntılar uncusu oluşturur. Uncus bir üstte bulunan vertebra korpusu ile eklem yaparak unkovertebral eklemi oluşturur. Diğer eklemler gibi dejeneratif değişiklikler bu bölgede de izlenebilir (12). Servikal kanal spinal kordu içerir ve kemik vertebra ile çevrilidir. Spinal kanal anteriorunda posterior longitudinal ligaman kanal boyunca uzanım gösterir. Posteriorunda ligamentum flavum ve kemik laminalar yer alır. Omurganın fonksiyonel kısmı iki komşu vertebra, intervertebral disk, li-

gamanlar, faset eklem ve unkovertebral eklemden meydana gelir. Aksiyel yükün yaklaşık %70 kadarı vertebra korpus ve intervertebral diskler tarafından kalan kısmı ise faset eklemler tarafından karşılanır.

Patofizyoloji

Hastalığın patofizyolojisi net olmamakla birlikte hastalarda görülen klinik semptomlar genellikle çok sayıda faktöre bağlı oluşan spinal kordun sıkışması sonucunda ortaya çıkar (4). Spinal kordun sıkışması ise nöronal hasara yol açmaktadır. Spinal kord kompresyonu disk herniasyonu, faset eklem ve ligamentum flavumun hipertrofisi veya spinal kanal stenozuna bağlı olarak görülebilir. İntervertebral disk ve eklemlerin dejenerasyonu çevre sinir ve vasküler yapılara kompresyon oluşturarak hastalığın şiddetlenmesine katkıda bulunabilir (14).

Spinal kord mekanik kompresyonu statik ve dinamik etkilere bağlı olarak iki grupta toplanabilir (26). Statik risk faktörleri stenoza neden olup spinal kordda sürekli bir hasara yol açar. Konjenital spinal stenoz, disk herniasyonları, osteofitler, posterior longitudinal ligaman kalsifikasyonu ve ligaman hipertrofisi bu risk faktörleri arasında sayılabilir. Konjenital spinal stenoz spinal kanalda daralma ile karakterizedir. Spinal kordda lokal iskemi, nöral hücre hasarı ve apoptozise yol açmaktadır. Sonuç olarak hastada servikal myelopati ortaya çıkar (8). İntervertebral disk herniasyonu ve anulus fibrosus yırtığı eşlik edebilir. Bu durum vertebrada strese neden olarak osteofit gelişimine neden olmaktadır. Osteofit gelişimi vertebrayı stabilize eder ancak spinal kord ve çevre vasküler yapıların basısına katkıda bulunabilir (4). Ayrıca ligamentum flavum ve posterior longitudinal ligaman kalsifikasyonları spinal stenozun derecesini artırarak servikal myelopatiye katkıda bulunurlar.

Dinamik etkilere bağlı mekanik kompresyon tekrarlayan spinal kord travmasına neden olmaktadır. Doğal boyun hareket limitlerinin ötesinde zorlayıcı düzeyde manevraların sonucunda ortaya çıkar. Bu durum vertebral kolonda açılanmaya, laminalarda üst üste binmeye ve ligamentum flavumun kıvrılmasına neden olmaktadır (26,33). Boynun hiperekstansiyonu, ligamentum flavumun posteriordan spinal kordu sıkıştırması veya fleksiyonda anterolistezise bağlı spinal korda kompresyon oluşması bu duruma örnek olarak verilebilir.

Spinal kord myelopatisine histopatolojik olarak bakıldığı zaman, intervertebral disk veya vertebra korpusu düzeyinde gerilmeye bağlı anterior spinal arter ve radiküler arterlerin beslediği vasküler yapılarda akımda azalma ortaya çıkmaktadır (9). Bunun sonucunda spinal kord perfüzyonunda azalma ve oligodendrositlerde apoptozis meydana gelir. Spinal kordda nöronal demiyelinizasyon oluşur. Bunun yanı sıra hücre içi enerji metabolizmasının bozulması, serbest radikallerin artmasına ve bu radikallere bağlı hücre hasarına yol açmaktadır (33). Tüm bu histopatolojik mekanizmaların sonucunda spinal kordun afferent ve efferent sinir liflerinin inhibisyonuna bağlı olarak nöronal fonksiyon bozukluğu görülür.

Doğal Seyir

Spinal kord myelopatisi genel olarak sinsi bir seyre sahiptir.

Yaşa bağlı ortaya çıkan dejeneratif değişiklikler primer etiolojisi oluşturmaktadır. Özellikle ağır işlerde çalışan erkeklerde kadınlara oranla daha sık saptanır. Hastalarda motor ve duyu fonksiyonlarında bozulma progresif olarak ilerler. Hastalarda bu progresyon kademeli olarak artış gösterir. Ancak hastalarda stabil dönemler de bildirilmektedir (19). Tanı anında hastalığın ilerleme derecesi, hastanın yaşı ve semptomların süresi kötü prognoz ile ilişkili risk faktörleri arasında yer almaktadır. Şiddetli SSM'nin tedavisinde genellikle cerrahi yöntemler uygulanır. Opere edilmeyen konservatif tedavi yöntemleri ile takip edilen hastaların %23-54 kadarında ise sonradan cerrahi tedavi yöntemleri uygulanmaktadır (13).

Klinik Bulgular

Servikal spondiloz toplumda çok sık olarak görülür. 60 yaş üstü hastalarda bir veya daha fazla seviyede dejeneratif değişiklikler %90'ın üzerinde ortaya çıkar (39). Hastalarda ilk başlarda daha hafif semptomlar görülür. Sıklıkla ense sertliği, boyun ağrısı, üst ekstremitelerde güçsüzlük ve his kaybı karakteristiktir ve gittikçe artış gösterir. Ayrıca el becerilerinde zorlanma, yürüyüş dengesizliği veya düşmeler görülebilir (34). Hastalardan elde edilen kapsamlı bir öykü ve fizik muayene bulguları tanı için uygulanması gereken ilk adımlardır. Vertebrada dejeneratif değişikliklere bağlı ortaya çıkan spinal kord ve köklerin kompresyonu sonucunda, bası düzeyinde ve altında farklı semptomlar ortaya çıkabilir. Hastalarda sıklıkla üst ve alt motor nöron hasarına bağlı motor defisitler görülür. Bunun yanı sıra spinal kordda spesifik duysal traktların kompresyonundan kaynaklanan değişken duyu kayıpları da saptanabilir.

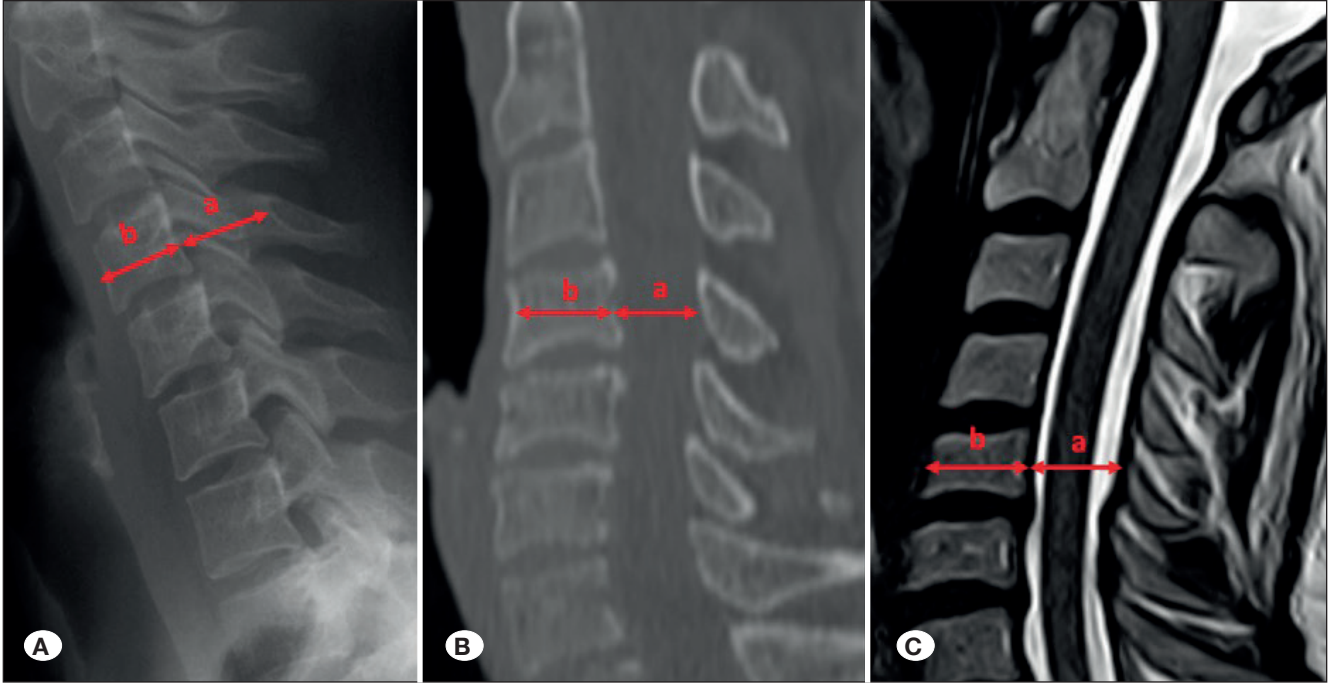
Radyolojik Görüntüleme

Hastalarda tanıyı doğrulamak için radyolojik görüntüleme yöntemlerinin kullanılması oldukça önemlidir. Spinal kanalda daralma ve vertebralardaki patolojik değişikliklerin gösterilmesinde direkt grafi, bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) sıklıkla kullanılan görüntüleme yöntemleridir.

Direkt Grafi

Direkt grafi, SSM tanısında en sık ve öncelikli olarak kullanılan görüntüleme yöntemidir. Direkt grafinin hızlı, kolay ve ucuz olması yöntemin en önemli avantajlarından. Anterior-posterior (AP) ve lateral grafiler omurganın dizilimi, disk yüksekliği, osteofit ve Torg-Pavlov oranını belirlemede kullanılabilir (Şekil 1). Torg-Pavlov oranı lateral grafide vertebra korpus uzunluğunun spinal kanal genişliğine oranını temsil eder. Bu oran 0.82'den küçük ise spinal stenozu gösterir. Spinal kanal AP çapı 13-17 mm arasında ise spondiloza bağlı semptomlar genellikle ortaya çıkmaya başlar. Ancak kanal çapı 10 mm'nin altında ise myelopati görülme olasılığında ciddi artış görülür. 17 mm üzerinde kanal çapı genellikle herhangi bir semptomu neden olmaz. Ancak bu oranlar ve ölçüm sonuçları her hastaya göre farklılık gösteren anatomik varyasyonlara bağlı olarak yanlış pozitif ve negatif sonuçlara yol açabilir (37).

Lateral grafilerde spinal kanal AP çapı vertebra korpus posterior korteksinden pedinkül seviyesinde spinolaminar çizgi-



Şekil 1: A) Lateral grafide Pavlov oranı gösterilmekte (a/b). **B)** Spinal kanal/vertebra korpus oranını gösteren sagittal BT (a/b). **C)** Tekal kesenin vertebra korpusuna oranını gösteren sagittal T2A MR (a/b).

nin en yakın kısmına çizilen bir doğru ile kolayca ölçülebilir. Ancak hasta rotasyonu veya görüntülemenin magnifikasyonu gibi teknik nedenler ölçüm sonuçlarını etkileyebilir. Bu ölçümün en önemli dezavantajı yumuşak doku bileşenlerinin ölçüme dahil edilememesidir.

Lateral grafiler, kifoz ve lordozun tespitinde de kullanılabilir. Servikal spinal kavisi değerlendiren en iyi görüntüleme yöntemi lateral grafilerdir (31). Sagittal dizilim tipik olarak lordotiktir. Servikal lordoz açısı C2 vertebra alt end plate düzeyinden ve C7 vertebra alt end plate düzeyinden paralel çizilen iki doğrusal çizginin kesişme açısı kullanılarak hesaplanabilir. Yaş ile birlikte servikal lordoz artar ve faset eklemlere binen yük de buna paralel olarak artış gösterir. Ancak lordoz azalırsa bu sefer de vertebra korpuslarına ve intervertebral disklerle binen yükte artış olur. Lateral grafilerde ayrıca sagittal vertikal eksen ölçümü de yapılabilir. C2 vertebra korpusundan aşağı doğru dik çizilen bir çizgi C7 vertebra süperior-posterior end plate düzeyine kadar indirilir. Normal değerler $16,8 \text{ mm} \pm 11,2 \text{ mm}$ olarak hesaplanmıştır. 40 mm üzerinde ise ciddi fonksiyonel bozukluk ile ilişkilidir (3).

Servikal spondilolistezis vertebra korpusunun bir alttaki vertebra korpusuna göre kaymasını ifade eder. Etkilenen omurga gövdesinin arka kenarı ile alttaki omurga gövdesi arasındaki mesafe ölçülerek tespit edilir. Şiddetli spondilolistezisde 3–3,5 mm'den fazla kayma gerçekleşir (31). Hastalarda instabilitenin önemli bir göstergesidir. İntervertebral disk ve faset eklem dejenerasyonuna sekonder olarak ortaya çıkar. Spondilozu olan hastaların fleksiyon-ekstansiyon grafilerinin yaklaşık yarısında ortaya çıkar. Sıklıkla C3-C5 vertebra düzeyleri etkilenir (7).

Bilgisayarlı Tomografi

BT servikal myelopatinin değerlendirilmesinde farklı aşamalarda kullanılan önemli bir görüntüleme yöntemidir. Kemik yapının değerlendirilmesinde diğer görüntüleme yöntemlerine göre önemli bir üstünlüğe sahiptir. Kemik patolojilere bağlı nöral foremenlerin daralmasını MRG'ye göre daha iyi gösterir. Hastalarda posterior longitudinal ligaman kalsifikasyonunu göstermede altın standart tanı yöntemidir (24).

Servikal intervertebral disk patolojilerini değerlendirmede MRG'ye göre daha düşük duyarlılığa sahiptir. Hastalarda herniye diske bağlı spinal kanal stenozlarını olduğundan daha az olarak göstermektedir (43). BT myelografi, çeşitli sebeplerle MRG yapılamayan veya kontrendikasyonu bulunan hastalarda uygulanabilen ve spinal kanal stenozunu göstermede MRG ile benzer duyarlılığa sahip bir görüntüleme yöntemidir. Ancak invaziv bir uygulama olması yöntemin en önemli dezavantajıdır. Waly ve ark. yapmış oldukları bir çalışmada operasyon öncesi stenoz düzeyinde kanal çapı 30 mm^2 üzerinde olan hastalarda en iyi tedavi başarısının elde edildiğini tespit etmişlerdir (41).

Posterior longitudinal ligaman (PLL) hipertrofisi veya ossifiye PLL (OPLL) BT ile daha kolay ayırt edilebilir. PLL ossifiye olmadan önce hipertrofiye olur ve daha sonrasında kalsifikasyon gelişir. MRG'de her iki durumda T1 ve T2 ağırlıklı sekanslarda hipointens olarak görüldüğünden ayırımı zordur. Spinal kanalda daralmaya neden olarak myelopati gelişmesine katkıda bulunabilir (1). OPLL sıklıkla servikal bölgede ortaya çıkar ve %25 servikal spondiloz ile birliktelik gösterir (38). Sıklıkla 5.- 6. dekatta ortaya çıkar ve erkeklerde daha siktir.

BT'de sagittal kesitlerde spinal kanal doluluk oranı hesaplanabilir. OPLL derinliğinin spinal kanal çapına oranı olarak ölçülür. %30-60 arasında ise myelopati gelişme riski artar. %60'dan fazla ise myelopati gelişme riski %100'dür (1). OPLL görüntüleme bulgularına göre 4 tipe ayrılmıştır. Tip 1; birden fazla vertebra segmenti boyunca uzanım gösteren lezyon, tip 2; bir veya daha fazla vertebra seviyesinde görülen birbirinden bağımsız segmental tutulum gösteren lezyonlar, tip 3; segmental ve uzun segment tutulum gösteren tip 1 ve tip 2'nin kombinasyonu lezyonlar, tip 4; intervertebral disk posteriorunda halkasal lezyonlardır (Şekil 2).

Nuchal ligaman occipital protuberance düzeyinden başlayıp posteriorda C7 spinöz proses düzeyine kadar uzanım gösteren fibröz membranöz bir yapıdır. Temel olarak servikal lordozu destekler ve servikal hareketleri kısıtlar. Ossifiye olması instabilitenin gelişmesine neden olmaktadır. Böylece intervertebral disk dejenerasyonu ve osteofit formasyonunun gelişimi hızlanmaktadır (42).

Operasyon öncesi kemik anatomisinin değerlendirilmesinde ve cerrahi planlamada BT sıklıkla başvuru olan görüntüleme yöntemidir (23). Operasyon öncesinde her seviyede vertebral arterlerin geçtiği transvers foremenler değerlendirilebilir. Olası riskler ve komplikasyonlar hakkında önceden planlama yapılabilir.

Manyetik Rezonans Görüntüleme

MRG, yüksek yumuşak doku çözünürlüğe sahip olması nedeniyle spinal kordu en iyi değerlendiren görüntüleme yöntemidir. SSM'yi değerlendirmede altın standart tanı yöntemidir. Spinal kordda meydana gelen sinyal değişiklikleri kolaylıkla saptanabilir. Böylece dejenerasyon ve kord kompresyonunun şiddeti tespit edilebilir. Spinal kanal genişliği ve spinal kord anormallikleri görüntülenebilir.

Spinal stenozu yumuşak doku komponentleri ile birlikte değerlendirebilmesi nedeniyle MRG'yi diğer görüntüleme yöntemlerine göre daha üstün hâle getirmektedir. Servikal kanal

morfolojisi ve kanal çapı hareket ile değişiklik gösterebilmektedir. Normalde fleksiyonda genişleme ve ekstansiyonda daralma görülür. Fleksiyonda kord uzar ve anteriora doğru yer değiştirir. Disk bulgingleri ve osteofitler nedeni ile sıkışabilir. Ekstansiyonda ise kord posteriora doğru yer değiştirir. Ligamentum flavum kıvrılması nedeni ile sıkışabilir (44).

Spinal kanal çapı dinamik incelemelerde farklılıklar gösterir. Zeng ve ark. yapmış oldukları bir çalışmada spinal kanal AP çapının ekstansiyonda en dar, fleksiyonda ise en geniş uzunlukta olduğunu tespit etmişlerdir (45). Bununla birlikte ligamentum flavum kalınlığı ve intervertebral disk bulgingi en çok ekstansiyonda artış göstermekte olup spinal kanal stenozuna katkı sağlamaktadır (Şekil 3).

Normal kanal çapı farklı çalışmalarda değişkenlik göstermektedir. Yapılan bir çalışmada kanal çapları C1 vertebra düzeyinde 10,7-19,7 mm, C3 vertebra düzeyinde 9,4-17,2 mm ve C6 vertebra düzeyinde ise 9,2-16,8 mm olarak ölçülmüştür (40). Spinal kanal çapı yaş ile birlikte gittikçe azalma gösterir. Spinal kanal alanı ise normal popülasyonda 75-90 mm² arasında değişkenlik gösterir (31). Konjenital stenozu saptamada kanal doluluk oranı kullanılabilir. C5 vertebra seviyesinde spinal kordun spinal kanala AP uzunluğuna göre oranlanması ile saptanır. Normalde bu seviyede ortalama kanal doluluk oranı 58,3 ± 7% olarak tespit edilmiştir. Konjenital spinal stenozlarda bu oran %75'in üzerine çıkar (31). Bu hastalarda semptomlar daha erken evrelerde ortaya çıkmaktadır.

Spinal kord kompresyonunu değerlendirmede kompresyon oranı en sık kullanılan değerlendirme yöntemidir. Spinal kordun en çok kompresyona maruz kaldığı seviyede AP uzunluğunun transvers uzunluğuna bölünmesi ile hesaplanır (Şekil 4). Bu oran 0.436 altında ise kötü prognoz ile ilişkilidir (31,47). Kang ve ark. yapmış oldukları skorlama sisteminde ise T2 ağırlıklı MRG ile spinal kanal stenozu 4 evreye ayrılmıştır. Evre 0'da spinal kanalda stenoz yoktur. Evre 1'de subaraknoid mesafede %50'den fazla daralma vardır. Evre



Şekil 2: A) Sagittal ve B) aksiyel BT, C2-T1 vertebra posterioru boyunca uzanım gösteren tip 1 OPLL ile uyumlu hiperdens görünüm izlenmektedir (beyaz oklar).

2'de spinal kordda deformiteye neden olan stenoz vardır. Spinal kordda sinyal değişikliği izlenmez. Evre 3'de ise spinal kordda sinyal değişikliğine neden olan spinal kanal stenozu mevcuttur (18).

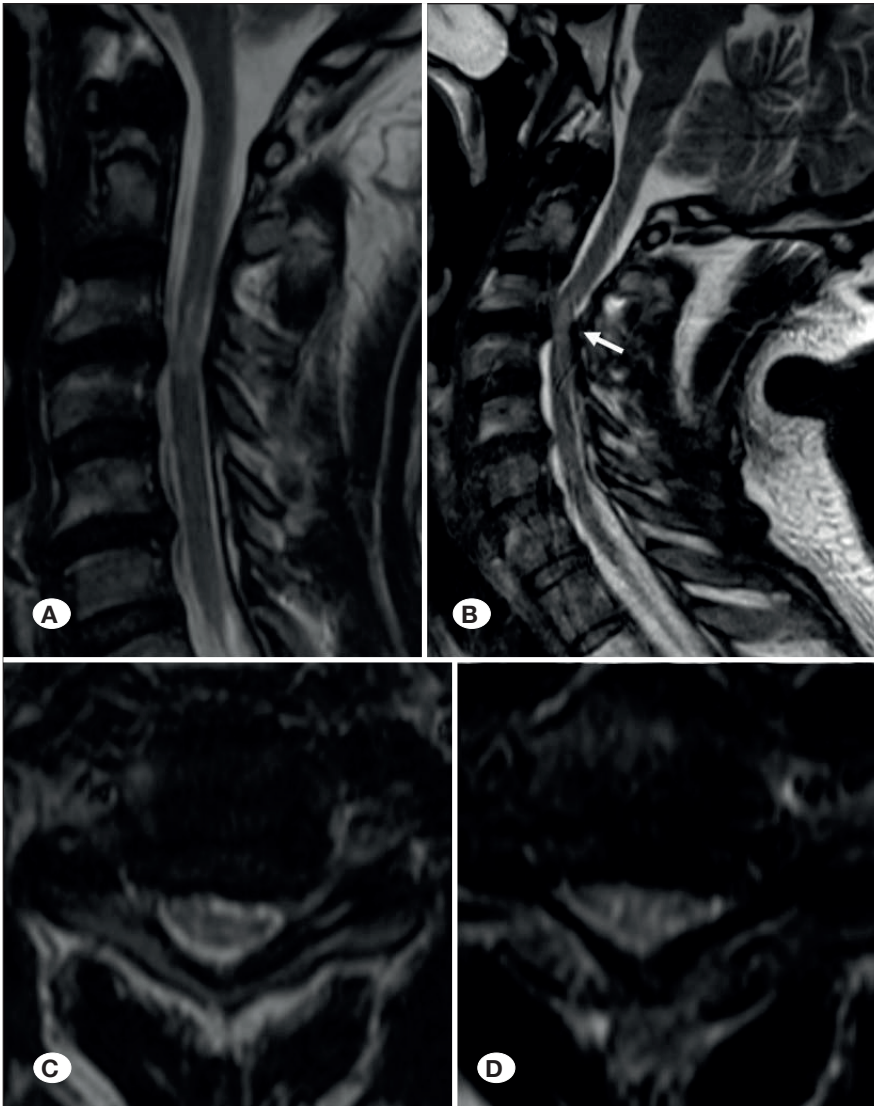
Servikal spondilolistezis SSM ile ilişkilidir. Spinal kordda T2 ağırlıklı sekanslarda sinyal değişiklikleri genellikle spondilolistezis seviyesinde ortaya çıkar. Hastaların yaklaşık 3'te 2'sinde servikal kord myelopati veya myeloradikülopati bulguları mevcuttur (17). Servikal spondilolistezis statik görüntülerde görülmeyebilir ve sadece dinamik görüntülerde ortaya çıkabilir. Alvarez ve ark. yapmış oldukları bir çalışmada MRG ve lateral grafilerde normal olan hastaların fleksiyon-ekstansiyon grafilerinde %38 oranında spondilolistezis saptamışlardır (2).

Ligamentum flavumda hipertrofi ve kıvrılma kanal çapında daralmaya neden olmakta ve spinal kord kompresyonuna katkı sağlamaktadır. İntervertebral disk yüksekliğinde azalma ve faset eklem hipertrofisine sekonder olarak ortaya

çıkılmaktadır. MRG'de ligamentum flavum kalsifikasyonun görülmesi zordur ve genellikle hipertrofiyen ayırt edilemez. BT incelemede daha kolay ayırt edilebilir (Şekil 5).

Servikal vertebralarda dejenerasyon sonucunda end platlarda düzleşme, vertebra AP uzunluğunda artış ve biyomekanik strese bağlı osteofit formasyonları oluşur (20). En sık C5-C6 düzeyinde ortaya çıkar. Anteriorda osteofit formasyonları hastalarda disfaji şikayetlerine neden olabilir. Her zaman disk protrüzyonlarına osteofit formasyonları eşlik etmeyebilir. Rutin MRG görüntülemesinde osteofit formasyonları intervertebral disklere göre T2 ağırlıklı sekanslarda daha hipointens olarak izlenir. Ayrıca susceptibility-weighted manyetik rezonans görüntüleme (SWI) sekansları osteofit ve disk protrüzyonlarını birbirinden ayırt etmede kullanılabilir (5).

Opere olacak hastaların disk protrüzyonlarına osteofit formasyonlarının eşlik edip etmediği cerrahi prosedürün planlaması açısından oldukça önemlidir. Ayrıca izole disk herniasyonlarında konservatif tedavi seçenekleri de göz önünde bu-



Şekil 3: A) Sagittal nötral, B) sagittal ekstansiyon, C) aksiyel nötral ve D) aksiyel ekstansiyon T2A MR görüntüleri, ekstansiyonda ligamentum flavumun kalınlaşması ve kıvrılması izlenmektedir (beyaz ok). Ekstansiyonda C3-C4 düzeyindeki bulging daha belirgin duruma gelmektedir. Spinal kordun sıkışmasına bağlı spinal kordda hiperintens myelomalazik değişiklikler izlenmektedir.

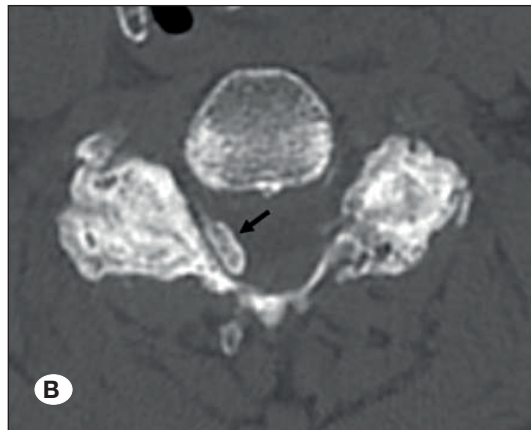
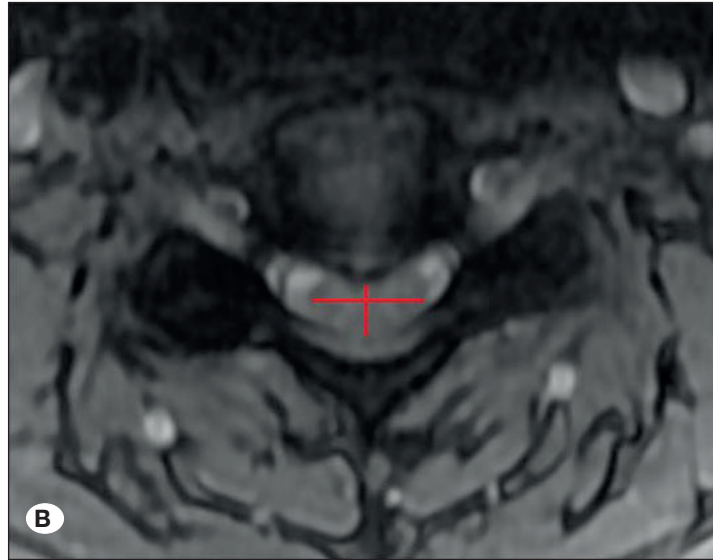
lundurulur. Hastalarda osteofit, disk, kalsifikasyon ve kartilaj MRG ile her zaman birbirinden ayırt edilemez. Bu durumda hastaları BT ile değerlendirmek gerekebilir (Şekil 6).

Servikal spinal kordun değerlendirmesinde primer görüntüleme MR ile yapılmaktadır. Spinal kordda T2 ağırlıklı sekanslarda intensite artışı kord içerisindeki su artışını göstermek-

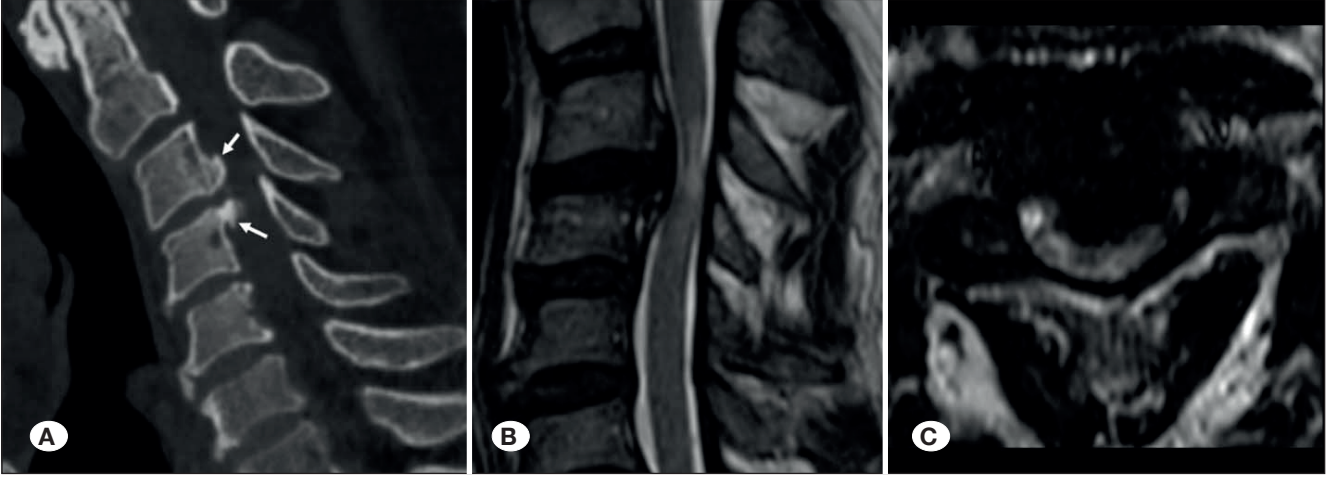
tedir (31). Spinal kord sinyal değişiklikleri olan hastalarda operasyon sonrasında hangi hastaların operasyondan daha fazla fayda göreceği hep tartışma konusu olmuştur. Mummaneni ve ark. yapmış oldukları bir çalışmada, spinal kordda birçok seviyede T2 intensite artışı olan, T1 hipointensitenin eşlik ettiği ve spinal kord atrofisinin mevcut olduğu hastalarda prognoz daha kötü olacağı vurgulanmıştır (27).



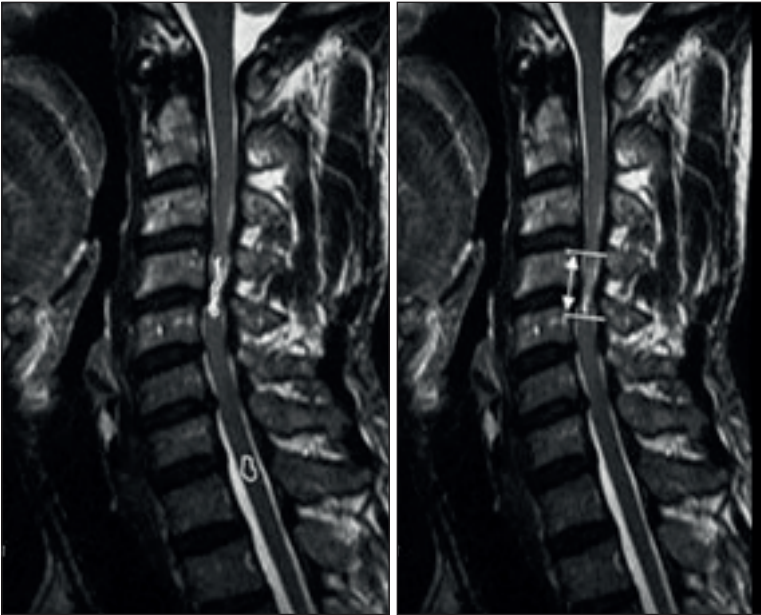
Şekil 4: A) Multisegmental dejeneratif disk hastalığını gösteren sagittal ve **B)** aksiyal T2A MR görüntüleri, C3-C4 düzeyindeki disk protrüzyonu spinal korda bası yapmaktadır. Kompresyon oranı 0.47 hesaplanmıştır.



Şekil 5: A) Sagittal ve **B)** aksiyel BT, C4-C5 seviyesinde sağda ligamentum flavumda kalsifikasyon (beyaz ok) ve faset eklemlerde dejeneratif değişiklikler izlenmektedir.



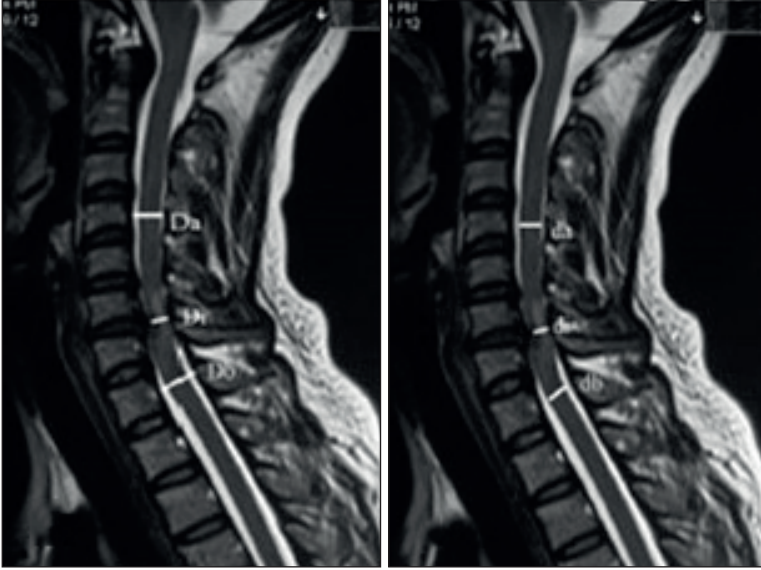
Şekil 6: A) Sagittal BT, **B)** sagittal ve **C)** aksiyel T2A MR, C3-C4 seviyesinde posteriorda disk protrüzyonuna eşlik eden osteofit formasyonları (oklar), spinal kanal çapında daralma ve bu düzeyde spinal kordda hiperintens myelomalazik değişiklikler izlenmektedir.



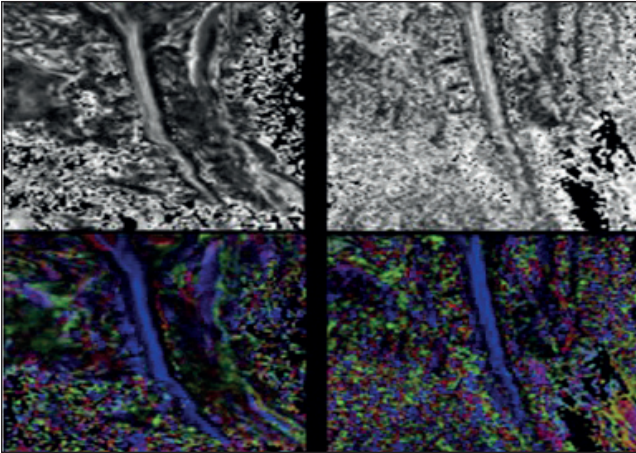
Şekil 7: ISI artmış signal intansitesini varlığı ve uzunluğu olumsuz prognostik işaret olarak nitelenebilir (World Neurosurg 118:e505-e512, 2018).

Spinal kordda T2 intensite artışına eşlik eden T1 hipointensitenin görülmesi nekroz, myelomalazi ve spongiform değişiklikleri temsil etmektedir. İzole T2 intensite artışı ise sadece ödem temsil eder (39). Myelomalazi, spinal kordda kistik dejenerasyon veya syrinx formasyonu ile ortaya çıkan atrofi ve glioz oluşumu ile ilerleyen progresif bir süreç olduğundan kalıcı değişiklikler olarak kabul edilmektedir. MRG'de aksiyel kesitlerde tipik olarak "yılan gözü" şeklinde spinal kord her iki yarımında yuvarlak veya oval şekilli T2 hiperintens lezyonlar olarak karşımıza çıkar (25). Hastalarda üst ekstremitelerde güçsüzlüğünün geri dönüşünde kötü prognostik faktörlerden bir tanesidir (Şekil 7, 8).

Spinal kordda intramedüller kontrastlanma myelopati ile ilişkili diğer bulgulara göre daha nadir görülen ve kötü klinik prognoza neden olan önemli bir bulgudur. Hastalarda stenoz seviyesinde veya bu bölgenin hemen altında bant tarzında kontrastlanma şeklinde görülebilir (39). Dekompresyon sonrasında da yıllarca kalabilir. Birinci yılın sonunda yaklaşık %60 oranında kaybolur (32). İntramedüller kontrastlanma tümör veya transvers myelit gibi inflamatuvar hastalıklarla karışabilir. Ancak myelopati ile ilişkili kontrastlanma bant tarzında transvers uzanım gösterir ve stenoz seviyesinde veya hemen altında saptanır. Sagittal görüntülerde kısa bir segmentte görülür. Aksiyel görüntülerde ise periferik yerleşimlidir. Eşlik eden T2 sinyal artışı bulunmaktadır.



Şekil 8: İntansite değişimleri ile nörolojik bulgular arasında korelasyon mevcuttur (Clinical Neurology and Neurosurgery 178:1-6, 2019).



Şekil 9: DTI ile hastalığın seyri implant artefaktlarını azaltarak hassas bir biçimde izlenebilir (Eur J Radiol 122:108751, 2020).

Servikal spondilozda beyin omurilik sıvısı (BOS) akımının bozulmasına bağlı olarak spinal kordda siringomiyeli gelişebilir (6). Bunun yanı sıra myelomalazi gelişen hastalarda devam eden mikro travma ve instabiliteye bağlı myelomalazi alanın genişlemesi siringomiyeliye neden olabilir (22). Ayrıca pozisyona bağlı osteofit basısına sekonder vasküler kompresyon ve infarkt gibi diğer nadir komplikasyonlar da ortaya çıkabilmektedir (30).

Hastalarda spinal kordun değerlendirilmesinde standart görüntüleme yöntemlerinin yanı sıra difüzyon ağırlıklı görüntüleme (DAG), perfüzyon MRG, difüzyon tensör görüntüleme (DTG) (Şekil 9) ve MR spektroskopisi (MRS) yöntemleri de kullanılabilir (10,11,35,46). Bu yöntemler ile spinal kord mikroyapısı ve iskemisi hakkında detaylı bilgiler elde edilebilmektedir. Böylece operasyon öncesi hangi hastaların cerrahi işleminden fayda görebileceği tahmin edilebilir.

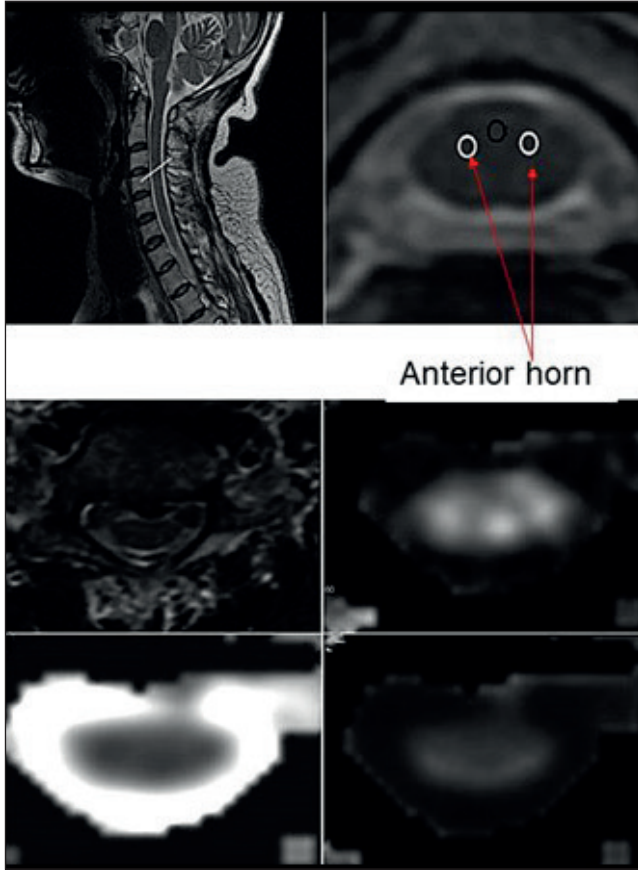
DTG, su moleküllerinin mikroskobik rastgele hareketini ölçmek için kullanılan bir MRG tekniğidir. Spinal kordda vazojenik ödem içeren bölgeler yüksek su hareketliliğine ve ADC değerlerine sahiptirken, ak madde lifleri nispeten daha düşük ADC değerlerine sahiptir. DTG ile stenotik segment düzeyinde ortalama fraksiyonel anizotropi (FA) değerlerinde normal spinal kord parankimine göre azalma saptanabilir (29). Ayrıca ortalama ADC değerleri de stenotik segment düzeyinde daha yüksek olarak izlenir. Böylece spinal kordda T2 intensite artışları oluşmadan önce DAG ile yapısal ölçümler yapılarak myelopati saptanabilir (Şekil 10).

Perfüzyon MRG ile kontrast madde kullanılarak spinal kord kan volümü değerlendirilebilir (11). Spinal kord kompresyonu iskemiyeye neden olmaktadır. Bu iske mi veya hipoksi hastada nörolojik bozukluklara yol açar. Stenoz bölgesinde kan hacminde ve oksijen ekstraksiyon fraksiyonunda ortaya çıkan değişiklikler stenozun derecesi ile korele olarak farklılık göstermektedir.

MRS, spinal korddaki nöral yapıların hücre sel biyokimyası ve işlevine ilişkin metabolik bilgiler sunan radyolojik bir görüntüleme yöntemidir. SSM'de özellikle N-asetil aspartat (NAA) ve laktat düzeylerinde değişiklikler meydana gelir. NAA sadece aksonlarda ve nöronlarda bulunur ve aksonal bütünlüğün bir göstergesi olarak kabul edilir. Laktat ise merkezi sinir sistemi hasarından sonra iske mi sonrası ortaya çıkan metabolik bir göstergedir. Holly ve ark. yapmış oldukları bir çalışmada, SSM hastalarında normal hastalara göre spinal kordda aksonal ve nöronal hasara bağlı NAA/Cr değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma saptamışlardır. Ayrıca hastaların yaklaşık 1/3 kadarında ise laktat artışı görülmüştür (15).

SONUÇ

Sonuç olarak SSM hastalarda ciddi nörolojik semptomlara yol açabilen ve yaşlı popülasyonda sıklıkla ortaya çıkan dejeneratif bir hastalıktır. Uygun radyolojik görüntüleme yöntem-



Şekil 10: Spinal kordda T2 intensite artışları oluşmadan önce DAG ile yapısal ölçümler yapılarak myelopati saptanabilir (Clin Neurol Neurosurg 156:71-76, 2017).

leri ile hastalığın tanınması ve olası komplikasyonların tespit edilmesi hastanın prognozu açısından oldukça önemlidir. Hastaların klinik ve radyolojik bulguları ile birlikte kombine değerlendirilmesi bu kompleks sürecin yönetilmesinde hayati öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

1. Abiola R, Rubery P, Mesfin A: Ossification of the posterior longitudinal ligament: Etiology, diagnosis, and outcomes of nonoperative and operative management. *Global Spine J* 6(2):195-204, 2016
2. Alvarez AP, Anderson A, Farhan SD, Lu Y, Lee YP, Oh M, Rosen C, Kiester D, Bhatia N: The utility of flexion-extension radiographs in degenerative cervical spondylolisthesis. *Clin Spine Surg* 35(7):319-322, 2022
3. Bakhsheshian J, Mehta VA, Liu JC: Current diagnosis and management of cervical spondylotic myelopathy. *Global Spine J* 7(6):572-586, 2017
4. Baptiste DC, Fehlings MG: Pathophysiology of cervical myelopathy. *Spine J* 6(6 Suppl):190S-197S, 2006
5. Bender YY, Diederichs G, Walter TC, Wagner M, Liebig T, Rickert M, Hermann KG, Hamm B, Makowski MR: Differentiation of osteophytes and disc herniations in spinal radiculopathy using susceptibility-weighted magnetic resonance imaging. *Invest Radiol* 52(2):75-80, 2017
6. Bhagavathula Venkata SS, Arimappamagan A, Lafazanos S, Pruthi N: Syringomyelia secondary to cervical spondylosis: Case report and review of literature. *J Neurosci Rural Pract* 5(Suppl 1):S78-82, 2014
7. Dean CL, Gabriel JP, Cassinelli EH, Bolesta MJ, Bohlman HH: Degenerative spondylolisthesis of the cervical spine: Analysis of 58 patients treated with anterior cervical decompression and fusion. *Spine J* 9(6):439-446, 2009
8. Donnally CJ 3rd, Trapana EJ, Barnhill SW, Bondar KJ, Rivera S, Sheu JI, Wang MY: The most influential publications in odontoid fracture management. *World Neurosurg* 123:41-48, 2019
9. Doppman JL: The mechanism of ischemia in anteroposterior compression of the spinal cord 1975. *Invest Radiol* 25(4):444-452, 1990
10. Ellingson BM, Salamon N, Holly LT: Advances in MR imaging for cervical spondylotic myelopathy. *Eur Spine J* 24 Suppl 2(Suppl 2):197-208, 2015
11. Ellingson BM, Woodworth DC, Leu K, Salamon N, Holly LT: Spinal cord perfusion MR imaging implicates both ischemia and hypoxia in the pathogenesis of cervical spondylosis. *World Neurosurg* 128:e773-e781, 2019
12. Fakhoury J, Dowling TJ: Cervical Degenerative Disc Disease. In StatPearls, 2024. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32809607>
13. Fehlings MG, Tetreault LA, Riew KD, Middleton JW, Aarabi B, Arnold PM, Brodke DS, Burns AS, Crette S, Chen R, Chiba K, Dettori JR, Furlan JC, Harrop JS, Holly LT, Kalsi-Ryan S, Kotter M, Kwon BK, Martin AR, Wang JC: A clinical practice guideline for the management of patients with degenerative cervical myelopathy: Recommendations for patients with mild, moderate, and severe disease and nonmyelopathic patients with evidence of cord compression. *Global Spine J* 7(3 Suppl):70S-83S, 2017
14. Ferrara LA: The biomechanics of cervical spondylosis. *Adv Orthop* 2012:493605, 2012
15. Holly LT, Freitas B, McArthur DL, Salamon N: Proton magnetic resonance spectroscopy to evaluate spinal cord axonal injury in cervical spondylotic myelopathy. *J Neurosurg Spine* 10(3):194-200, 2009
16. Iyer A, Azad TD, Tharin S: Cervical spondylotic myelopathy. *Clin Spine Surg* 29(10):408-414, 2016
17. Jiang SD, Jiang LS, Dai LY: Degenerative cervical spondylolisthesis: A systematic review. *Int Orthop* 35(6):869-875, 2011
18. Kang Y, Lee JW, Koh YH, Hur S, Kim SJ, Chai JW, Kang HS: New MRI grading system for the cervical canal stenosis. *AJR Am J Roentgenol* 197(1):W134-140, 2011
19. Kelly JC, Groarke PJ, Butler JS, Poynton AR, O'Byrne JM: The natural history and clinical syndromes of degenerative cervical spondylosis. *Adv Orthop* 2012:393642, 2012

20. Kumaresan S, Yoganandan N, Pintar FA, Maiman DJ, Goel VK: Contribution of disc degeneration to osteophyte formation in the cervical spine: A biomechanical investigation. *J Orthop Res* 19(5):977-984, 2001
21. Lad SP, Patil CG, Berta S, Santarelli JG, Ho C, Boakye M: (2009). National trends in spinal fusion for cervical spondylotic myelopathy. *Surg Neurol* 71(1):66-69; discussion 69, 2009
22. Landi A, Nigro L, Marotta N, Mancarella C, Donnarumma P, Delfini R: (2013). Syringomyelia associated with cervical spondylosis: A rare condition. *World J Clin Cases* 1(3):111-115, 2013
23. Malcolm GP: Surgical disorders of the cervical spine: presentation and management of common disorders. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 73 Suppl 1(Suppl 1):i34-41, 2002
24. Matsunaga S, Komiya S, Toyama Y: Risk factors for development of myelopathy in patients with cervical spondylotic cord compression. *Eur Spine J* 24 Suppl 2:142-149, 2015
25. Mizuno J, Nakagawa H, Inoue T, Hashizume Y: Clinicopathological study of "snake-eye appearance" in compressive myelopathy of the cervical spinal cord. *J Neurosurg* 99(2 Suppl):162-168, 2003
26. Morishita Y, Falakassa J, Naito M, Hymanson HJ, Taghavi C, Wang JC: (2009). The kinematic relationships of the upper cervical spine. *Spine (Phila Pa 1976)* 34(24):2642-2645, 2009
27. Mummaneni PV, Kaiser MG, Matz PG, Anderson PA, Groff M, Heary R, Holly L, Ryken T, Choudhri T, Vresilovic E, Resnick D, Joint Section on Disorders of the, S., Peripheral Nerves of the American Association of Neurological, S., & Congress of Neurological, S: Preoperative patient selection with magnetic resonance imaging, computed tomography, and electroencephalography: Does the test predict outcome after cervical surgery? *J Neurosurg Spine* 11(2):119-129, 2009
28. New PW, Cripps RA, Bonne Lee B: (2014). Global maps of non-traumatic spinal cord injury epidemiology: Towards a living data repository. *Spinal Cord* 52(2):97-109, 2014
29. Nischal N, Tripathi S, Singh JP: Quantitative evaluation of the diffusion tensor imaging matrix parameters and the subsequent correlation with the clinical assessment of disease severity in cervical spondylotic myelopathy. *Asian Spine J* 15(6):808-816, 2021
30. Nishikawa H, Miya F, Kitano Y, Mori G, Shimizu S, Suzuki H: Positional occlusion of vertebral artery due to cervical spondylosis as rare cause of wake-up stroke: Report of two cases. *World Neurosurg* 98:877 e813-877 e821, 2017
31. Nouri A, Martin AR, Mikulis D, Fehlings MG: Magnetic resonance imaging assessment of degenerative cervical myelopathy: A review of structural changes and measurement techniques. *Neurosurg Focus* 40(6):E5, 2016
32. Ozawa H, Sato T, Hyodo H, Ishii Y, Morozumi N, Koizumi Y, Matsumoto F, Kasama F, Aizawa T, Itoi E, Kokubun S: Clinical significance of intramedullary Gd-DTPA enhancement in cervical myelopathy. *Spinal Cord* 48(5):415-422, 2010
33. Rao R: Neck pain, cervical radiculopathy, and cervical myelopathy: Pathophysiology, natural history, and clinical evaluation. *J Bone Joint Surg Am* 84(10):1872-1881, 2002
34. Revanappa KK, Rajshekhar V: Comparison of Nurick grading system and modified Japanese Orthopaedic Association scoring system in evaluation of patients with cervical spondylotic myelopathy. *Eur Spine J* 20(9):1545-1551, 2011
35. Shabani S, Kaushal M, Budde M, Schmit B, Wang MC, Kurpad S: Comparison between quantitative measurements of diffusion tensor imaging and T2 signal intensity in a large series of cervical spondylotic myelopathy patients for assessment of disease severity and prognostication of recovery. *J Neurosurg Spine* 31(4):473-479, 2019
36. Steilen D, Hauser R, Woldin B, Sawyer S: Chronic neck pain: making the connection between capsular ligament laxity and cervical instability. *Open Orthop J* 8:326-345, 2014
37. Suk KS, Kim KT, Lee JH, Lee SH, Kim JS, Kim JY: Reevaluation of the Pavlov ratio in patients with cervical myelopathy. *Clin Orthop Surg* 1(1):6-10, 2009
38. Tetreault L, Nakashima H, Kato S, Kryshtalskyj M, Nagoshi N, Nouri A, Singh A, Fehlings MG: A systematic review of classification systems for cervical ossification of the posterior longitudinal ligament. *Global Spine J* 9(1):85-103, 2019
39. Toledano M, Bartleson JD: Cervical spondylotic myelopathy. *Neurol Clin* 31(1):287-305, 2013
40. Ulbrich EJ, Schraner C, Boesch C, Hodler J, Busato A, Anderson SE, Eigenheer S, Zimmermann H, Sturzenegger M: Normative MR cervical spinal canal dimensions. *Radiology* 271(1):172-182, 2014
41. Waly FJ, Abduljabbar FH, Fortin M, Nooh A, Weber M: Preoperative computed tomography myelography parameters as predictors of outcome in patients with degenerative cervical myelopathy: Results of a systematic review. *Global Spine J* 7(6):521-528, 2017
42. Wang H, Zou F, Jiang J, Lu F, Chen W, Ma X, Xia X, Wang L: The correlation between ossification of the nuchal ligament and pathological changes of the cervical spine in patients with cervical spondylosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 39(26 Spec No):B7-11, 2014
43. Yi JS, Cha JG, Han JK, Kim HJ: Imaging of Herniated discs of the cervical spine: Inter-modality differences between 64-slice multidetector CT and 1.5-T MRI. *Korean J Radiol* 16(4):881-888, 2015
44. Young WF: Cervical spondylotic myelopathy: A common cause of spinal cord dysfunction in older persons. *Am Fam Physician* 62(5):1064-1070, 1073, 2000
45. Zeng C, Xiong J, Wang JC, Inoue H, Tan Y, Tian H, Aghdasi B: The evaluation and observation of "hidden" hypertrophy of cervical ligamentum flavum, cervical canal, and related factors using kinetic magnetic resonance imaging. *Global Spine J* 6(2):155-163, 2016
46. Zhang C, Das SK, Yang DJ, Yang HF: Application of magnetic resonance imaging in cervical spondylotic myelopathy. *World J Radiol* 6(10):826-832, 2014
47. Zileli M, Borkar SA, Sinha S, Reinas R, Alves OL, Kim SH, Pawar S, Murali B, Parthiban J: Cervical spondylotic myelopathy: Natural course and the value of diagnostic techniques -WFNS spine committee recommendations. *Neurospine* 16(3):386-402, 2019