

# TORASİK ÇIKIŞ SENDROMUNDA GÖRÜNTÜLEME

## IMAGING OF THORACIC OUTLET SYNDROME

### Çağlar Uzun

Ankara Üniversitesi Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

e-mail: cuzun77@yahoo.com

DOI:10.5152/tcb.2013.011

### Özet

Torasik çıkış sendromu dinamik olarak indüklenebilen bir kompresyon sendromudur. Klinik tanı sıklıkla zordur ve görüntüleme yöntemlerinin kullanımını gerektirir. Kompresyona uğrayan anatomik yapıların, kompresyon düzeyinin ve kompresyona neden olan yapıların saptanmasında görüntüleme esastır. Kemik anormalliklerini saptamak için servikal grafler elde olunmalıdır. Dinamik manevralar eşliğinde yapılan bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans (MR) inceleme ve ultrasonografi (US) incelemeleri nörovasküler kompresyonun değerlendirilmesinde değerli tekniklerdir.

**Anahtar kelimeler:** Torasik çıkış sendromu, görüntüleme, radyoloji

### Abstract

Thoracic outlet syndrome (TOS) is a dynamically inducible neurovascular compression syndrome. Clinical diagnosis is often difficult and requires the use of imaging procedures. Imaging is essential in determining the anatomic structures undergoing compression, the location of the compression and the anatomic structures responsible for it. Radiographs of cervical spine should be obtained to assess for bone abnormalities. Computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI) and sonography in association with dynamic maneuvers are valuable techniques in analyzing the neurovascular compression.

**Key words:** Thoracic outlet syndrome, imaging, radiology

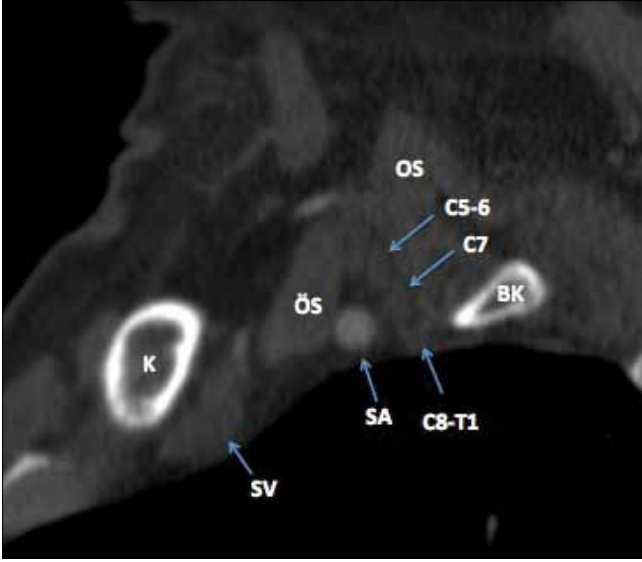
## TORASİK ÇIKIŞ SENDROMUNDA GÖRÜNTÜLEME

Torasik çıkış sendromu, torasik çıkış ya da servikotorakobrakiyal bileşke adı verilen bölgede oluşan ve postural manevralar ile indüklenebilen bir nörovasküler kompresyon sendromudur. Tanı esas olarak klinik belirti ve bulgular ile elektrofizyolojik çalışmalara dayanarak koyulur. Bununla birlikte klinik tanıyı koymak her zaman çok kolay olmamaktadır ve görüntüleme yöntemleriyle tanının desteklenmesi gerekmektedir. Ayrıca kompresyona uğrayan nörovasküler yapının ve kompresyon düzeyinin saptanmasında, kompresyona neden olan yapı ya da patolojinin ortaya konmasında da görüntüleme yöntemlerinden yararlanır (1).

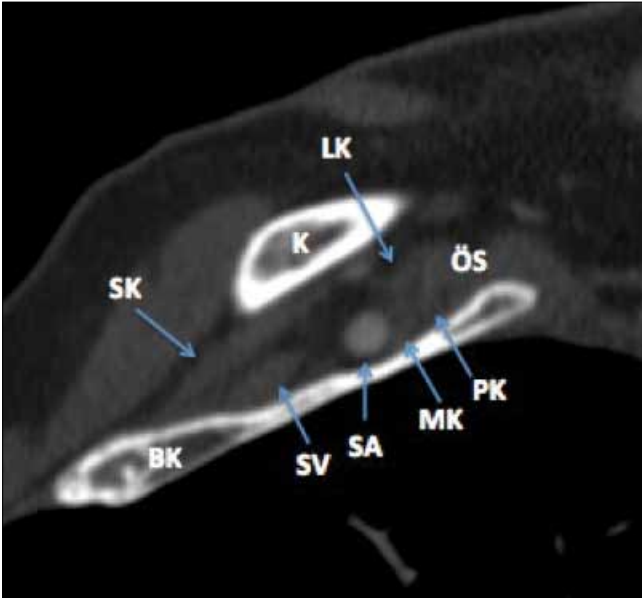
Torasik çıkış servikal omurga ve mediastenden pektoralis minör kasının alt sınırına kadar uzanır. İnterskalen üçgen, kostoklaviküler üçgen ve retropektoralis minör mesafesi olmak üzere üç kompartmandan oluşur (2).

İnterskalen üçgen en medialde yer alan kompartmandır. Önde ön skalen kas, arkada orta ve arka skalen kaslar, aşağıda birinci kosta ile sınırlanır (Resim 1). Subklavyen arter ve brakiyal pleksusun üç trunkusunu içerir. Subklavyen arter üçgenin tabanında yer alır. Üçgenin arka bölümünde, subklavyen arter posteriorunda, yukarıdan aşağıya doğru sırayla brakiyal pleksusun üst (C5 ve C6), orta (C7) ve alt (C8 ve T1) trunkusları izlenir. Subklavyen ven interskalen üçgende yer almaz, ön skalen kasın ön komşuluğunda seyreder (3).

Ortada yer alan kompartman kostoklaviküler mesafedir. Üstte klavikula, önde subklavyus kası, altta birinci kosta ve arkada birinci kosta ile ön skalen kas tarafından sınırlanır (Resim 2). Bu kompartman önde subklavyen ven, bunun hemen arkasında subklavyen arter ve en arka-üstte brakiyal pleksusun üç kordunu içerir. Lateral kord üst ve orta trunkusun anterior divizyonlarından, medial kord alt trunkusun ön divizyonlarından, posterior kord ise bu üç trunkusun posterior divizyonlarından oluşur (3).

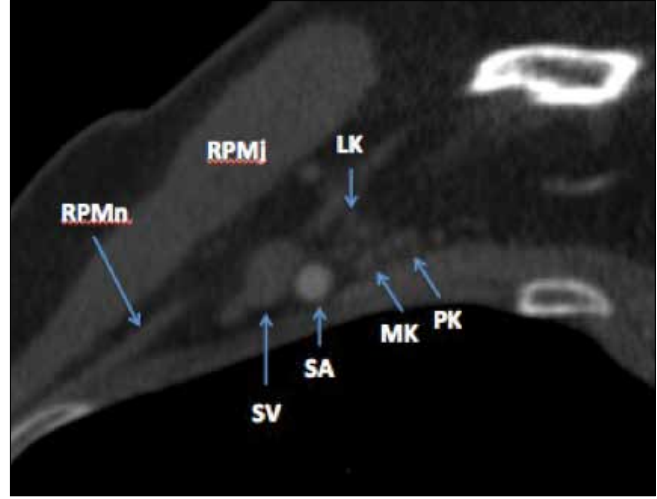


**Resim 1.** Sagittal reformat BT anjiyografi kesitinde interskalen üçgen: Klavikula (K), ön skalen kas (ÖS), orta skalen kas (OS), beşinci servikal sinir kökü (C5), altıncı servikal sinir kökü (C6), yedinci servikal sinir kökü (C7), sekizinci servikal sinir kökü (C8), birinci torakal sinir kökü (T1), birinci kosta (BK), subklavyen arter (SA), subklavyen ven (SV).



**Resim 2.** Sagittal reformat BT anjiyografi kesitinde kostoklavikuler mesafe: Klavikula (K), ön skalen kas (ÖS), lateral kord (LK), medial kord (MK), posterior kord (PK), birinci kosta (BK), subklavyen arter (SA), subklavyen ven (SV), subklavyus kası (SK).

En lateralde yer alan kompartman retropektoralis minör mesafesidir. Önde pektoralis minör kası, arka ve üstte subskapularis kası, arka ve altta göğüs duvarı ile sınırlanır (Resim 3). Damar ve sinir yapılarının bu kompartmandaki yerleşimi kostoklavikuler mesafedekine benzer (3).



**Resim 3.** Sagittal reformat BT anjiyografi kesitinde retropektoralis minör mesafesi: Retropektoralis majör kası (RPMj), retropektoralis minör kası (RPMn), lateral kord (LK), medial kord (MK), posterior kord (PK), subklavyen arter (SA), subklavyen ven (SV).

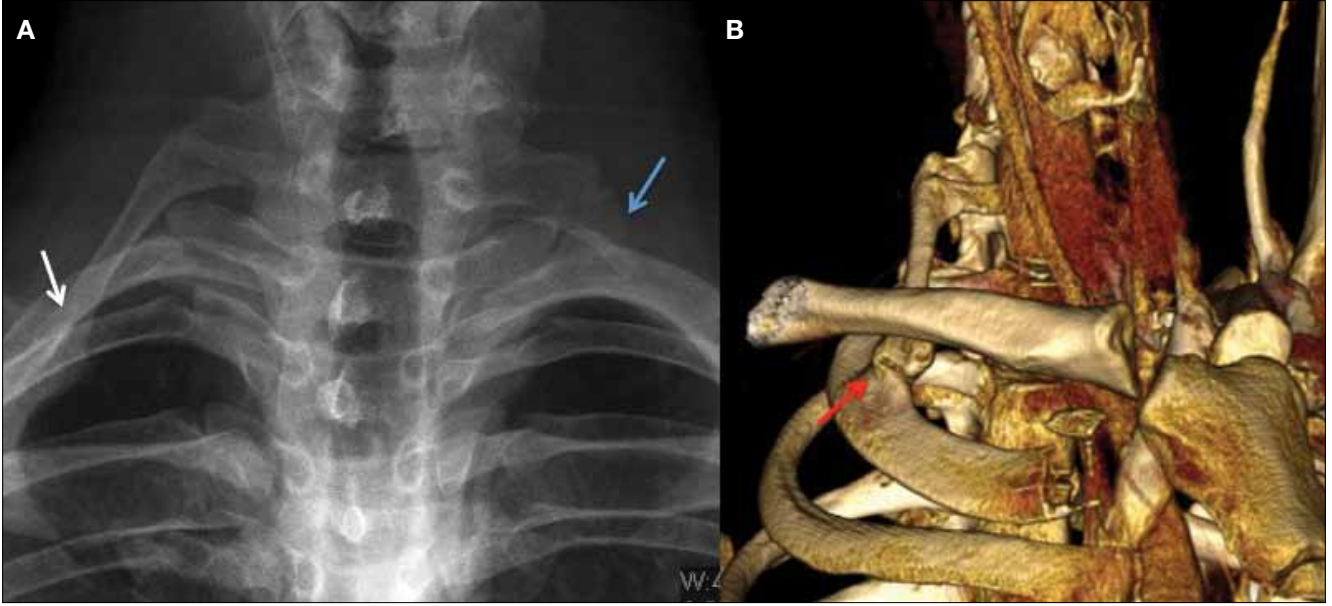
Torasik çıkış sendromu postural manevralar, özellikle kolların elevasyonu ile ortaya çıkar. Sağlıklı bireylerde yapılmış BT ve MR çalışmalarında üst ekstremité elevasyonu ile interskalen üçgende belirgin bir değişiklik oluşmadığı ancak kostoklavikuler mesafe ve retropektoralis minor mesafesinde daralma olduğu gösterilmiştir (4-7). Kostoklavikuler mesafe arteriyel kompresyonun en sık görüldüğü bölgedir. Arteriyel kompresyon ikinci sıklıkta interskalen üçgende görülür. Nörolojik kompresyon ise interskalen üçgen ve kostoklavikuler mesafede eşit sıklıkta görülür. Retropektoralis minor mesafesinde nadiren kompresyon olur (7).

#### Torasik çıkış sendromu nedenleri

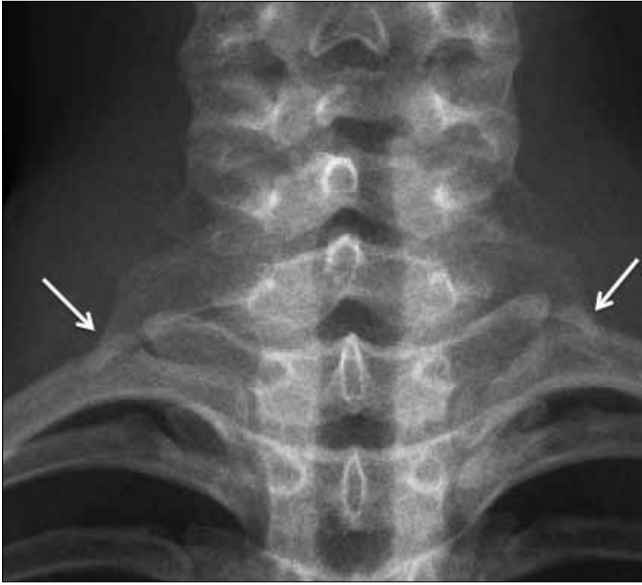
Torasik çıkışı oluşturan ve sınırlayan kemik yapılar ve yumuşak dokulardaki doğumsal ve edinsel anormallikler nörovasküler yapılar da kompresyon ya da temas yoluyla irritasyona neden olabilir. Bu anormallikler kemik ve yumuşak doku anormallikleri olmak üzere ikiye ayrılır. Ayrıca torasik çıkış sendromuna yatkınlık oluşturan postür ve morfolotip özelliklerinden de söz edilmektedir (1).

#### Kemik anormallikleri:

Servikal kosta, C7 vertebradan köken alan fazladan bir kostadır. Normal popülasyonda görülme sıklığı %1'in altında olmakla birlikte TOS hastalarında %5-9 oranında görülür (8). Komplet ya da inkomplet olabilir. Fibröz bantlar eşlik edebilir (2). Komplet servikal kostalar birinci kosta üst bölümünde, ön skalen kas insersiyosuna komşu bir tüberkül ile füzyon gösterir (Resim 4). Bu füzyon nedeniyle subklavyen arter öne



**Resim 4.** (a) Servikal AP grafide sağda birinci kosta ile eklem yapan komplet servikal kosta (beyaz ok) ve solda inkomplet servikal kosta (mavi ok) izlenmektedir. (b) Aynı hastanın hacim taramalı üç boyutlu BT görüntüsünde komplet servikal kostonun birinci kosta ile yaptığı eklem daha net olarak görülmektedir (kırmızı ok).



**Resim 5.** Servikal AP grafide her iki tarafta uzun C7 transvers çıkıntıları izlenmektedir (oklar).

itilir. Birinci kosta ile eklem yapmasa da inkomplet servikal kotalara fibröz bantlar eşlik edebilir ve bu bantlar nörovasküler kompresyona neden olabilir (2).

C7 vertebra transvers çıkıntısı T1 vertebra çıkıntısından uzun olduğunda ve T1 vertebra transvers çıkıntısının hemen inferioruna uzandığında elonge transvers çıkıntıdan söz edilir. Servikal kostada olduğu gibi direkt ya da eşlik eden fibröz bant ya da anormal skalen kaslar aracılığıyla nörovasküler kompresyona yol açabilir (Resim 5) (1).

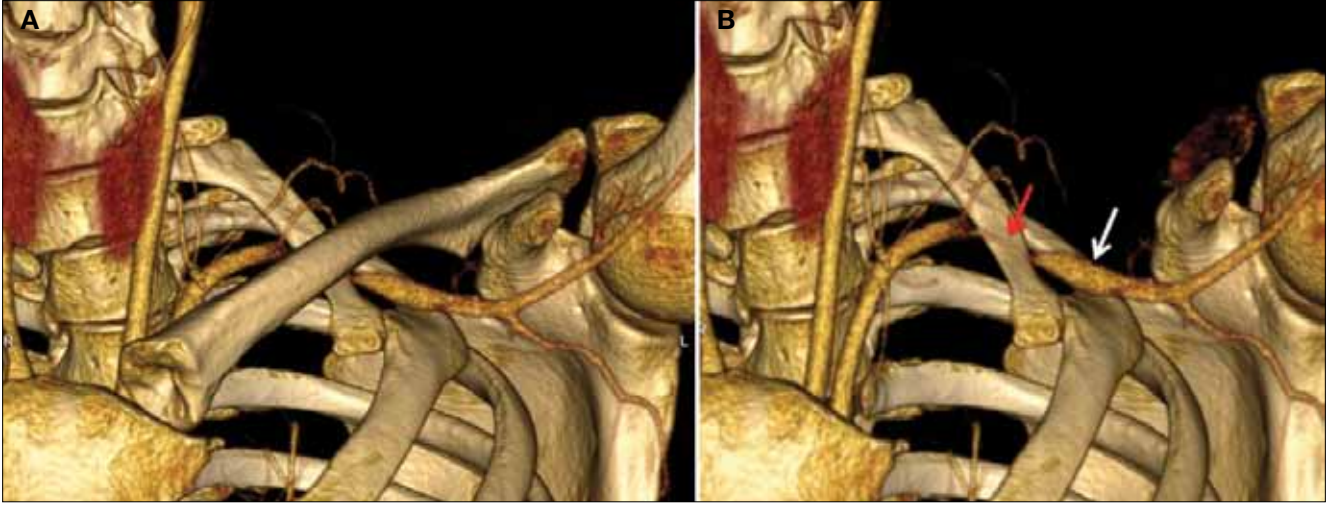
Birinci kosta ya da klavikulanın anormal gelişim ya da oryantasyonu nörovasküler kompresyona yol açabilir. Ayrıca bu kemiklerdeki tümör, fraktür ya da kallus gibi edinsel patolojik süreçler de nörovasküler yapılar da bası ya da irritasyona neden olabilir.

Kemik anormallikleri uzun dönemde ciddi arteryel komplikasyonlara yol açabilir. Kompresyon bölgesinde oluşan tekrarlayan travmalar intimal hasara ve buna ikincil arteriyoskleroz, anevrizma, tromboz ya da embolilere neden olabilir (Resim 6,7) (1). Başlangıçta sadece postural manevralar ile ortaya çıkan semptomlar, bir süre sonra arter duvarında fibrozise bağlı olarak kalıcı hale gelebilir (9).

#### **Yumuşak doku anormallikleri:**

Doğumsal fibröz bantlar, ligamanlar ve skalen kasların çeşitli doğumsal varyasyonları torasik çıkış sendromuna neden olabilir. Ön skalen kasta hipertrofi, ön ve orta skalen kas orijininin tek olması ve distalde ikiye ayrılması, brakial pleksusun ön skalen kas lifleri arasında seyretmesi, normalden daha önde birinci kostaya yapışan geniş tabanlı orta skalen kas, ön ve orta skalen kaslar arasında interdijitasyonlar, C6 ve C7 transvers çıkıntısından birinci kostaya uzanan fazladan kaslar (örn. skalenus minimus kası) skalen kas anormallikleri arasında sayılabilir (2,10,11).

Posttravmatik ve postoperatif fibröz skarlar da kompresyon yapabilir. Daha çok boyunun fleksiyon-ekstansiyon travmalarında olduğu gibi brakial pleksus ve kas grupları direkt olarak hasarlanabilir. Üst



**Resim 6.** Torasik çıkış sendromu olan hastanın sol kol hiperabduksiyonda iken yapılmış BT anjiyografi incelemesinin, klavikula varken (a) ve klavikula uzaklaştırıldıktan sonraki (b) hacim taramalı üç boyutlu görüntülerinde, sol subklavyen arterin klavikula ile servikal kosta arasında belirgin olarak sıkıştığı görülmektedir. Sol subklavyen arterdeki poststenotik anevrizma kolaylıkla farkedilebilmektedir.

ekstremitenin sık sık eleve edildiği aktiviteler veya ağır kaldırmaya bağlı tekrarlayan mikrotavmalar skalen kaslarda fibrozis ve spazma yol açarak birinci kostanın yükselmesine ve nörovasküler yapılarda sıkışmaya neden olabilir. Tekrarlayan travmalar perinöral yumuşak dokularda lokal inflamasyona da yol açabilir (12).

#### **Postür ve yatkınlık oluşturan morfortip:**

Kötü postür alışkanlığı olan ve zayıf omuz kaslarına sahip ince kadınlarda torasik çıkış sendromuna bir yatkınlık söz konusudur. Düşük omuz akromiyoklavikuler mesafenin daralmasına ve kostoklavikuler mesafenin daralmasına neden olur (12).

#### **Görüntüleme Yöntemleri**

##### **Direkt grafi:**

Kemik yapıları değerlendirmek için servikal omurga ve akciğer grafileri öncelikle elde olunmalıdır. Servikal kosta, elonge C7 transvers çıkıntısı, omurganın dejeneratif hastalıkları ya da kemik destrüksiyonu yapan primer ya da metastatik tümörler, torasik çıkış sendromuna neden olabilecek kemik anormallikleri arasında yer alır (Resim 4,5) (2).

##### **Konvansiyonel Anjiyografi:**

Konvansiyonel arteriyografi ve venografi kompresyonu gösterebilmekle birlikte kompresyon yapan anatomik yapıyı ortaya koyamaz (Resim 8). Son yıllarda BT anjiyografi, MR anjiyografi ve US gibi daha az invaziv teknikler, torasik çıkış sendromu tanısında konvansiyonel anjiyografinin yerini almaya başlamıştır.

##### **BT ve BT Anjiyografi:**

Önce kollar gövdenin yanındayken nötral pozisyonda, sonra kollar hiperabduksiyona getirilerek tarama yapılır. Bu manevraya Adson manevrası eklenebilir ve hastaya derin inspiriyum yaptırılabilir. BT anjiyografi görüntüleri için iv kontrast madde kullanımı gereklidir (5,9). Venöz artefakt olmaksızın subklavyen ve aksiller arterlerin görüntülenebilmesi için kontrast madde incelenecek taraftaki koldan değil de diğer koldan enjekte edilmelidir.

Önerilen çekim protokolü 4 ml/sn hızla 90 ml iv iyotlu noniyonik kontrast maddenin enkesiyonunu takiben 15-20. saniyede taramanın yapılmasıdır (5). Nötral pozisyonda ve postural manevralar sırasında elde olunan görüntüler karşılaştırılarak nörovasküler yapılardaki dinamik kompresyon ortaya konabilir.

Aksiyel kesitlerden oluşturulan sagittal reformat görüntüleri ile arteriyel kompresyonun lokalizasyonu ve şiddeti değerlendirilebilir. Maksimum intensite projeksiyonu tekniğinin de kullanıldığı çok düzlemlilikli iki boyutlu reformat görüntüleri ve üç boyutlu hacim taramalı görüntüleri ile kemikler ve vasküler yapıların birbirleriyle ilişkileri daha açık olarak ortaya konabilir, poststenotik dilatasyonlar daha kolay değerlendirilebilir (Resim 6-9) (5). Kompresyona ikincil gelişebilecek komplikasyonlardan biri olan trombüs oluşumunun değerlendirilmesinde aksiyel kesitler yanında çok düzlemlilikli iki boyutlu reformat görüntüleri de oldukça değerlidir (Resim 7). Arteriyel stenoz arterin kesit çapı ya da alanında azalma ölçülerek değerlendirilir (Resim 9) (5,7). Kolların elevasyonu ile asemptomatik bireylerde bile oldukça sık görüldüğünden venöz kompresyonu değerlendirmek her zaman kolay

değildir. Venöz kompresyonun objektif bulguları olan tromboz ve venöz kollateraller BT anjiyografi ile gösterilebilir. Ancak bu bulgular venöz kompresyonun geç bulgularıdır (7,9,13). MR incelemeye göre sınırlı kontrast çözünürlüğüne sahip olan BT ile brakial pleksus optimal değerlendirilemez.

İncelemenin supin pozisyonda yapılması nedeniyle yanlış negatif sonuçlar ortaya çıkabilir. İyonizan radyasyon içermesi ve iyotlu kontrast madde kullanma zorunluluğu BT ve BT anjiyografinin diğer dezavantajları arasında yer alır. Bununla birlikte vasküler yapıların



**Resim 7.** Birinci kosta (BK) ile klavikula (K) arasında sıkışan sol subklavyen arterin, darlık öncesi ve sonrasındaki bölümlerinde trombüse bağlı intralüminal dolun defektleri görülmektedir (mavi oklar).

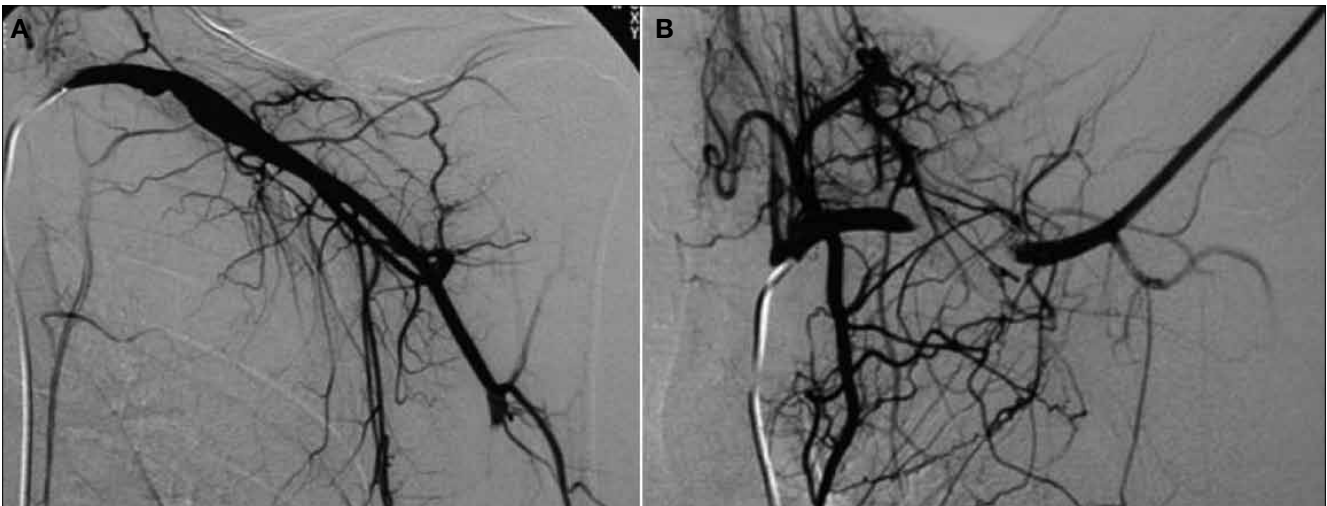
çevre kemik yapılarla ilişkisini ortaya koymada oldukça başarılıdır.

#### MR ve MR Anjiyografi:

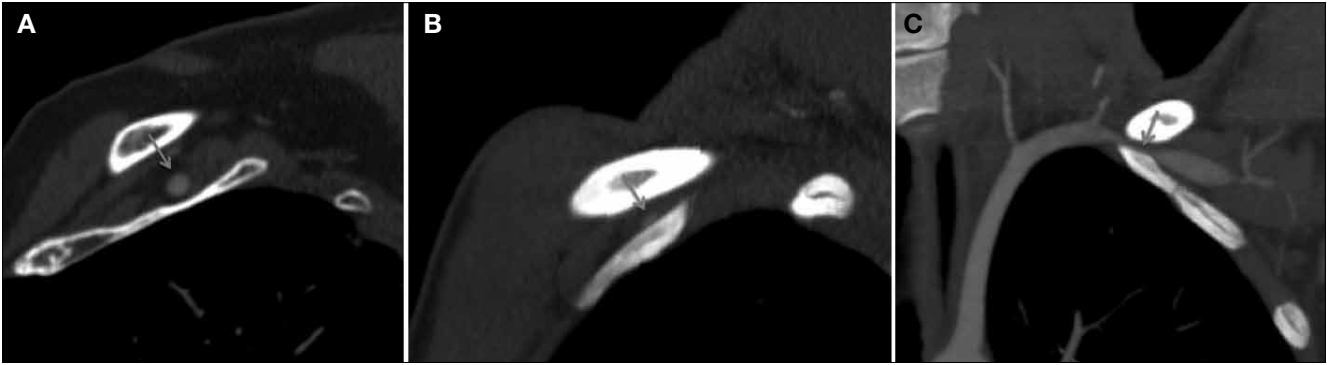
Mükemmel yumuşak doku çözünürlüğü, iyonizan radyasyon içermemesi ve noninvaziv olması MR incelemenin avantajları arasındadır. Torasik çıkış sendromu şüphesi olan olguların hemen tümünde venöz tromboz haricinde nörovasküler kompresyonun sadece postural manevra ile ortaya çıktığı gösterilmiştir (5). Bu nedenle görüntülemenin hem nötral pozisyon hem de postural manevra sırasında yapılması oldukça önemlidir. Faz sıralı gövde koyili kullanılır. Torasik çıkışı oluşturan ve sınırlayan anatomik yapılar en iyi sagittal planda elde olunmuş T1 ağırlıklı sekanslarda görüntülenir (Resim 10) (6,7). Sagittal düzlem damar ve sinir kompresyonunu ortaya koymada özellikle faydalıdır. Brakial pleksus ve fibröz bantlar için ise koronal planda elde olunmuş kesitler değerlidir (7).

Arteriyel ve venöz kompresyon, nötral pozisyon ve postural manevra sonrası sagittal planda elde olunan kesitlerde, vasküler yapıların kesit çapları veya kesit alanlarının karşılaştırılmasıyla değerlendirilir. Ayrıca koronal düzlemde elde olunan MR anjiyografi incelemesinde de, seyri boyunca tüm arter görüntülenerek kalibrasyonu değerlendirilebilir (Resim 11) (14). Poststenotik anevrizmal dilatasyonu göstermede MR anjiyografi faydalıdır. Venöz kompresyondan şüphelendiğinde BT'de olduğu tromboz ve venöz kollateraller gibi diğer kompresyon bulguları da araştırılmalıdır.

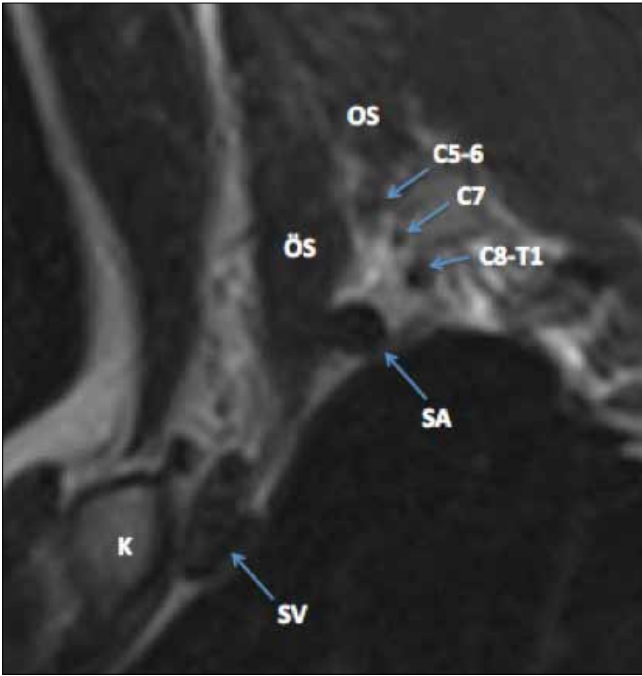
Yüksek yumuşak doku çözünürlüğü sayesinde MR inceleme ile brakial pleksus başarılı bir şekilde görüntülenebilir. Brakial pleksusu çevreleyen yağ planlarının görülmemesi ve brakial pleksus lifleri ile



**Resim 8.** Torasik çıkış sendromu ön tanısıyla yapılan konvansiyonel arteriyografi incelemesinde, (a) kol gövdenin yanındayken alınan görüntüde sol subklavyen arterin düzenli olarak dolduğu izlenmektedir. (b) Sol kol hiperabduksiyona getirildikten sonra alınan görüntüde ise sol subklavyen arterin tümüyle komprese olduğu ve hiç opaklaşmadığı görülmektedir.



**Resim 9.** Sol subklavyen artere yönelik nötral pozisyonda (a) ve kol hiperabduksiyona getirildikten sonra (b) yapılan BT anjiyografi incelemesinin sagittal reformat görüntülerinde, nötral pozisyonda normal çapa sahip subklavyen arterin, kol hiperabduksiyona getirildikten sonra kostoklavikuler mesafede belirgin olarak basıldığı izlenmektedir (mavi oklar). (c) Aynı hastanın postural manevra sonrası yapılan incelemesinden oluşturulan koronal reformat maksimum intensite projeksiyon görüntüsünde de klavikula ve birinci kosta arasında sıkışan subklavyen arter seyri boyunca görüntülenmiştir.

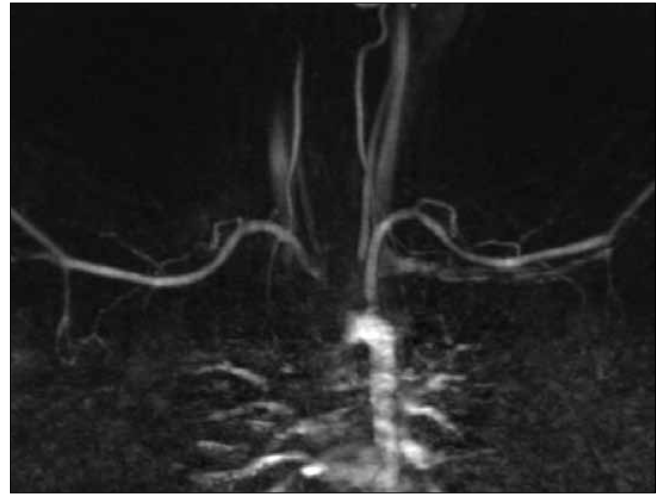


**Resim 10.** T1 ağırlıklı sagittal MR görüntüsünde interskalen üçgen: Klavikula (K), ön skalen kas (ÖS), orta skalen kas (OS), beşinci servikal sinir kökü (C5), altıncı servikal sinir kökü (C6), yedinci servikal sinir kökü (C7), sekizinci servikal sinir kökü (C8), birinci torakal sinir kökü (T1), subklavyen arter (SA), subklavyen ven (SV).

komşu kemik yapıların direkt teması durumunda nörolojik baskı olasılığından söz edilmelidir (7).

Skalenus minimus gibi fazladan kasları ve fibröz bantları gösterebilme özelliği MR incelemesinin BT'ye üstünlükleri arasında sayılabilir (7).

Bilgisayarlı tomografide olduğu gibi supin pozisyonda yapılması MR incelemesinin bir dezavantajdır. Çok zayıf bireylerde yağ dokunun az olmasına bağlı olarak anatomik yapıların ortaya konması zor ola-

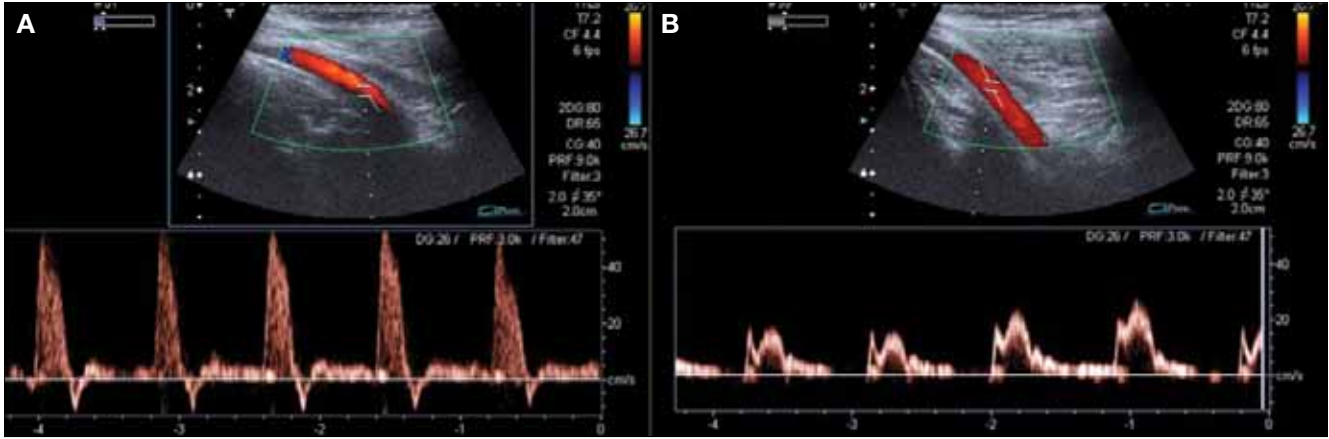


**Resim 11.** Kollar hiperabduksiyonda iken yapılmış kontrastlı MR anjiyografi incelemesinin koronal düzlemde oluşturulmuş görüntüsünde düzenli olarak dolan her iki subklavyen arter seyirleri boyunca görüntülenmiştir.

bilir. Ayrıca inceleme nispeten uzun sürdüğünden semptomu fazla olan hastaların postural manevrayı inceleme süresince yapabilmesi her zaman mümkün olamamaktadır.

#### Ultrasonografi:

Torasik çıkış sendromunda ultrasonografi çoğunlukla klinik şüphenin doğrulanması için kullanılır. Sonografik değerlendirmede esas olarak daha proksimaldeki arteriyel stenozun indirekt bulguları görüntülenir, kompresyonun düzeyi çoğu zaman gösterilemez. Gri skala ultrasonografi ile poststenotik anevrizmal dilatasyon saptanabilir. Postural manevralar eşliğinde yapılan renkli dupleks sonografik değerlendirme ile akımın tamamen kesilmesi, kan akım hızında artış ve poststenotik bifazik ya da monofazik akım gibi akım değişiklikleri saptanabilir (Resim 12 a-b) (13,15).



**Resim 12.** Torasik çıkış sendromu ön tanısıyla yapılan renkli dupleks sonografi incelemesi. Sol aksiller arterden yapılan değerlendirmede nötral pozisyonda (a) trifazik olan arter akımının, kol hiperabduksiyona getirildiğinde (b) monofazik akıma döndüğü izlenmektedir. Bu bulgu görüntülenen düzeyin daha proksimalinde ciddi bir darlık ya da oklüzyon varlığına işaret eder.

Ultrasonografinin temel avantajı postural manevralar sırasında ortaya çıkan semptomların ve vasküler yapılarıdaki değişikliklerin aynı anda değerlendirilebilmesidir. Ayrıca BT ve MRG'den farklı olarak, aynı klinik muayenede olduğu gibi postural manevralar ve inceleme hasta ayakta ya da otururken yapılabilir. En önemli dezavantajı ise torasik çıkış bölgesinin direkt olarak görüntüleyememesidir. Pancoast tümörü gibi bölgesel hastalıklara torasik çıkış sendromu bulguları görülebilir. Bu nedenle ultrasonografi torasik çıkış sendromunun değerlendirmesinde tek başına kullanılmamalıdır. Bununla birlikte özellikle pozitif klinik bulgulara rağmen, BT ve MR bulgularının negatif olduğu durumlarda klinik bulguları desteklemek için kullanılabilen değerli bir görüntüleme yöntemidir (16).

## SONUÇ

Torasik çıkış sendromu tanısı esas olarak klinik belirti ve bulgular ile elektrofizyolojik çalışmalara dayanarak koyulsa da, tanıyı desteklemek, darlık miktarını ve düzeyini belirlemek, kompresyon yapan patoloji ya da anatomik yapıyı ortaya koymak için görüntüleme yöntemlerine ihtiyaç vardır. Etiyolojide yer alan kemik anormalliklerini saptamak için servikal grafilerden yararlanır. Konvansiyonel anjiyografi yerini daha az invaziv olan yöntemlere bırakmıştır. Özellikle postural manevralar eşliğinde yapılan BT anjiyografi ve MR anjiyografi incelemeleri nörovasküler kompresyonun değerlendirilmesinde oldukça değerli tekniklerdir. Kompresyon düzeyinin çoğu zaman görüntülenememesi nedeniyle US tek başına torasik çıkış sendromu değerlendirmesinde kullanılmamalıdır. Bununla birlikte özellikle pozitif klinik bulgulara rağmen, BT ve MR incelemelerinde belirgin bir patolojinin gösterilemediği

olgularda klinik tanıyı destekleyebilecek bir görüntüleme yöntemidir.

## KAYNAKLAR

1. Demondion X, Herbinet P, Van Sint Jan S, Boutry N, et al. Imaging assessment of thoracic outlet syndrome. *Radiographics* 2006;26:1735-50. [\[CrossRef\]](#)
2. Luoma A, Nelems B. Thoracic outlet syndrome. Thoracic surgery perspective. *Neurosurg Clin N Am* 1991;2:187-226.
3. Gray H. *Angiology*. In: Warwick R, Williams P, eds. *Gray's anatomy*. 35th ed. London, England: Longman, 1973;639.
4. Remy-Jardin M, Doyen J, Remy J, Artaud D, et al. Functional anatomy of the thoracic outlet: evaluation with spiral CT. *Radiology* 1997;205:843-51.
5. Remy-Jardin M, Remy J, Masson P, Bonnel F, et al. Helical CT angiography of thoracic outlet syndrome: functional anatomy. *AJR Am J Roentgenol* 2000;174:1667-74. [\[CrossRef\]](#)
6. Demondion X, Boutry N, Drizenko A, Paul C, et al. Thoracic outlet: anatomic correlation with MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 2000;175:417-22. [\[CrossRef\]](#)
7. Demondion X, Bacqueville E, Paul C, Duquesnoy B, et al. Thoracic outlet: assessment with MR imaging in asymptomatic and symptomatic populations. *Radiology* 2003;227:461-8. [\[CrossRef\]](#)
8. Sanders RJ. Etiology. In: Sanders RJ, Haug CE, eds. *Thoracic outlet syndrome: a common sequela of neck injuries*. Philadelphia, Pa: Lippincott, 1991;21-31.
9. Matsumura JS, Rilling WS, Pearce WH, Nemcek AA Jr, et al. Helical computed tomography of the normal thoracic outlet. *J Vasc Surg* 1997;26:776-83. [\[CrossRef\]](#)
10. Brantigan CO, Roos DB. Diagnosing thoracic outlet syndrome. *Hand Clin* 2004;20:27-36. [\[CrossRef\]](#)
11. Lawson FL, McKenzie KG. The scalenus minimus muscle. *Can Med Assoc J* 1951;65:358-61.
12. Stoney RJ, Cheng SWK. Neurogenic thoracic outlet syndrome. In: Rutherford RB, ed. *Vascular surgery*. 4th ed. Philadelphia, Pa: Saunders. 1995;976-91.
13. Longley DG, Yedlicka JW, Molina EJ, Schwabacher S, et al. Thoracic outlet syndrome: evaluation of the subc-

- lavian vessels by color duplex sonography. *AJR Am J Roentgenol* 1992;158:623-30. [\[CrossRef\]](#)
14. Charon JP, Milne W, Sheppard DG, Houston JG. Evaluation of MR angiographic technique in the assessment of thoracic outlet syndrome. *Clin Radiol* 2004;59:588-95. [\[CrossRef\]](#)
  15. Wadhvani R, Chaubal N, Sukthankar R, Shroff M, et al. Color Doppler and duplex sonography in 5 patients with thoracic outlet syndrome. *J Ultrasound Med* 2001;20:795-801.
  16. Demondion X, Vidal C, Herbinet P, Gautier C, et al. Ultrasonographic assessment of arterial cross-sectional area in the thoracic outlet on postural maneuvers measured with power Doppler ultrasonography in both asymptomatic and symptomatic populations. *J Ultrasound Med* 2006;25:217-24.