

Superior Semisirküler Kanal Dehissansı

Superior Semicircular Canal Dehiscence

 Celil GÖÇER^a,
 Ayşe Seçil KAYALI DİNÇ^b

^aKulak Burun Boğaz Hastalıkları Kliniği,
Özel Lokman Hekim Hastanesi,
^bKulak Burun Boğaz Hastalıkları Kliniği,
Ankara Numune Eğitim ve
Araştırma Hastanesi,
Ankara, TÜRKİYE

Received: 04.01.2019
Received in revised form: 04.05.2019
Accepted: 21.06.2019
Available online: 05.09.2019

Correspondence:
Ayşe Seçil KAYALI DİNÇ
Ankara Numune Eğitim ve
Araştırma Hastanesi,
Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Kliniği,
Ankara,
TÜRKİYE/TURKEY
secilkayali81@yahoo.com

ÖZET Superior semisirküler kanal dehissansı, son zamanlarda tanımlanmış olan periferel odyovestibüler bir patolojidir. Superior semisirküler kanalın tepe kısmındaki kemik çatının yokluğu ile karakterizedir. Semisirküler kanal dehissansında semptomlar vestibüler ve/veya odyolojik olabilir. Superior semisirküler kanal dehissansı, üçüncü pencere rolü oynayarak ses ve basınca hassasiyet oluşturur. En sık olarak, basınç veya ses ile indüklenmiş vertigo (Tullio fenomeni, Hennebert belirtisi) ve torsiyonel nistagmus görülür. Tanı konulmasında odyolojik tetkikler ve ince kesit bilgisayarlı tomografiden yararlanılır. Tedavi, semptomatik olgularda açıklığın kapatılmasıdır.

Anahtar Kelimeler: Semisirküler kanallar; patolojik nistagmus

ABSTRACT Superior semicircular canal dehiscence syndrome is a recently defined peripheral audiovestibular pathology. This syndrome is caused by weakening or complete absence of the bone structure overlying the superior semicircular canal. Symptoms of this syndrome may be vestibular and/or audiological. As a result of the dehiscence of the superior semicircular canal, a third window effect is thought to play a role and causes increased sensitivity to sound and pressure. Most common clinical presentations are sound or pressure induce vertigo (Tullio's phenomenon, Hennebert sign), and torsional nystagmus. Audiological evaluation and thin-sliced computed tomography are the tools for diagnosis. Treatment is necessary in symptomatic patients. Preferred treatment strategy is capping, which refers to closure of the opening in the superior canal.

Keywords: Semicircular canals; pathologic nistagmus

Superior semisirküler kanal dehissansı (SSKD), otoloji dalında son zamanlarda tanımlanan, periferel odyovestibüler ilgi çekici bir hastalıktır.¹ 1998 yılında Minor ve ark. tarafından tanımlanmıştır.² SSKD, vertigonun nedenleri arasında, hızla kabul edilir bir tanı olmuştur. SSKD'de semptomlar odyolojik ve/veya vestibüler olabilir.³

FİZYOPATOLOJİ

Baş hareketleri, semisirküler kanal (SSK) içerisindeki endolenf sıvısının hareketine neden olur. Bu sıvının hareketi de titrekleli hücreler vasıtasıyla vestibüler sinirin uyarılmasına yol açar. Her kanal içerisindeki ana duyu organı, o kanalın sonunda bulunan kristalardır. Bunlar, kupulanın mekanik hareketleri sonucunda uyarılan nöral sensörleri içerir. Kupular hareketin normal uyarıları, başın kanal düzlemindeki rotasyonel hareketleridir.⁴

Bu hastalığın işitsel ve vestibüler özellikleri tanımlamada hangi mekanizmanın rol oynadığı hala tartışma konusudur. Ancak, “Üçüncü Pencere Teorisi” en çok kabul görendir. Bu teoriye göre SSK'nin üst kısmında dehissansın var oluşu, intrakraniyal kavite veya orta kulaktan iç kulağa olan basınç değişikliklerine yol açar. Bu olay da vestibüler sistemde nöral uyarılma oranlarının değişimine neden olur. Ayrıca akustik enerjinin yok olmasına yol açan iç kulak sıvı dinamiklerinin değişimine sebep olur.⁵ SSKD'de üçüncü pencere, skala vestibüliye bağlanır. Böylelikle perilemf basıncı ile indüklenen stapes hareketleri, düşük impedansı olan bu yolağa doğru kanalize olur. Bu olay, baziller membrana daha az enerji geçişine sebep olur. Oluşan sıvı akışı, SSK'deki kupulanın hareketi ile sonuçlanır. Oluşan bu hareket, akustik enerji ile vestibüler yapıların uygunsuz uyarımına yol açar. Böylelikle SSK'nin üçüncü pencere nedeni ile uyarılmasıyla torsiyonel göz hareketlerine sebep olur. Bu kural Ewald's Yasası olarak isimlendirilir.⁶

Vestibüler semptomlar, sıklıkla görülen ve en rahatsız edici şikâyetlerdir.^{2,7} Ancak hastanın işitsel ve/veya vestibüler semptomları olabilir.^{2,5} Hiçbir şikâyet de olmayabilir. Dehissans, hava iletiminin bozulmasında rol oynayabilir. Bu olay da koklear iletimin bozulmasına neden olur. Sonuç olarak, hava yolu ile işitme azalır. Diğer taraftan da kemik iletimi, birçok uyarı yolağını içerir. Bunların birçoğu SSKD tarafından geliştirilir. Bu da kemik yolu ile işitmenin artmasına sebep olur.⁸ SSKD, düşük frekanslardaki hava yolu işitmesinin düşmesine; düşük frekans kemik yolu işitmenin artmasına sebep olur.^{7,9} Bu iki değişimin kombinasyonu belirgin bir hava kemik gapına sebep olur. Bu “yalancı iletim tipi (psödo-konduktif) işitme kaybı”nı açıklar. Ek olarak kemik iletim hassasiyetinde artma olur ve hastalarda, beyin pulsasyonlarını duyma ve vücut seslerinin hiperakuzisi ile sonuçlanır. Bu otofoni kendi kalp sesini duymayı, yürürken topuk seslerini hissetmeyi, göz ve eklem hareketlerini duymayı içerir.⁴

Bazı hastaların neden işitme kaybı ve baş dönmesi şikâyetlerinden biri ya da her ikisinden yakındıkları, bazılarımlnsa neden herhangi bir şikâyetinin olmadığı açıklanamamıştır.¹⁰

ETİYOLOJİ

SSKD'nin etiyojisi tam olarak bilinmemektedir. Gelişimsel, konjenital, ayrıca genetik altyapısının da olduğunu gösteren çalışmalar vardır.^{7,11,12} Zhou ve ark.nın yaptığı çalışmada, SSKD üzerindeki kemik yapı formasyonunun üç yaşına kadar progresif olarak incelenmesi, bu hastalığın oluşmasından sorumlu tutulmuştur. Böylece, intrakraniyal serebrospinal sıvı basıncının artması veya beyindeki kitleye bağlı progresif inceleme veya yetersiz kemik doku oluşmasının sonucu olarak da karşımıza çıkabilir. Çocukluk dönemindeki bu hadiseler, erişkin dönemde klinik olarak semptomlarla ortaya çıkabilir. Bu teori birçok yazar tarafından kabul edilmektedir. Ancak literatürde, çocuklarda SSKD görüldüğüne dair bir çalışmaya rastlanmamaktadır.¹³

Temporal kemik tomografi çalışmalarında, unilateral dehissansı olan hastalarda SSK üzerindeki kemik kalınlığı, SSK dehissansı olmayan hastalara göre belirgin şekilde ince bulunmuştur.¹⁴

Semptomların yaşamın geç dönemlerinde ortaya çıkması; travma, kafa içi basınç artışının semptomları tetiklediği şeklinde açıklanmıştır.¹⁵

İNSİDANS

SSKD'nin insidansı aslında tam olarak bilinmemektedir. Carey ve ark.nın 1.000 hastalık temporal kemik kadavra çalışmasında, SSK kemik yapısının komplet dehissansı yaklaşık %0,5 olarak bulunmuştur. Aynı çalışmada, hastaların %1,4'ünde SSK kemik yapısında inceleme tespit edilmiştir. İnfantlarda SSK üzerindeki temporal kemik yapının oldukça ince olduğu ve incelenin çocuk üç yaşına gelene kadar progresif ilerlemeye devam ettiği gösterilmiştir.¹⁶

Temporal kemik serilerine bakıldığında SSKD sıklığının %0,7 civarında olduğu anlaşılmaktadır. Koronal planda yapılan bilgisayarlı tomografi (BT) kesitlerinde sıklık %8-10 arasında gibi gözükürken, Pöschl düzleminde yapılan kesitlerde bu oranın %3,6-4 arasında olduğu gözlenmektedir.¹⁵

SEMPTOMLAR

Hastaların birçoğunda basınç veya gürültü ile indüklenen vestibüler belirtiler (Tullio fenomeni ve

Hennebert bulgusu) ve torsiyonel nistagmus görülür.⁸ SSK'deki osseöz bir defekt, belirgin iletim tipi işitme kaybına neden olabilir, kemik iletiminde hiperakuzi veya otofoni gelişebilir. Hastalar kendi kalp atımlarını veya kendi göz hareketlerini duyma şeklinde şikâyetler belirtebilir.¹⁷ Bazı hastaların özellikle vestibüler semptomları varken; bazılarının hem vestibüler hem de işitsel semptomları, bazılarının ise sadece işitme problemleri olabilir.⁷

Erkan ve ark.nın yaptığı çalışmada, hastaların %63'ünde dengesizlik, %4'ünde tragusa bası ile baş dönmesi, %15'inde yüksek ses ile baş dönmesi, %33'ünde ise ağır şeyleri kaldırırken ve itme ile baş dönmesi şikâyeti olduğu saptanmıştır. Ek olarak %59 hastada fizik muayene sırasında nistagmus bulunmuştur. Hastalarda ayrıca işitme kaybı saptanmıştır.¹⁸

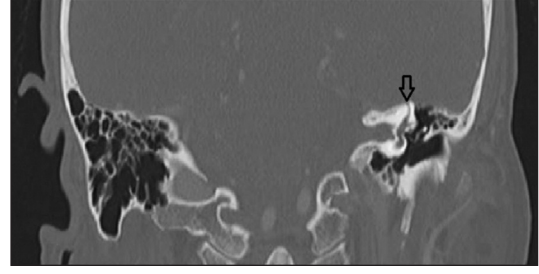
TANI

SSKD'de doğru tanı, tutarlı semptomlara, odyolojik, vestibüler sonuçlara ve görüntüleme yöntemlerine göre konulur.¹⁹

Bu hastalıkta görüntüleme yöntemleri noninvaziv olduğu için sıklıkla kullanılmaktadır. Hatalı sonuçlardan sakınmak için yüksek çözünürlüklü BT (0,5 mm/kesit) kullanılmalıdır (Resim 1). Elektronistagmografi, nistagmusun yönünü ve tipini belirlemek için kullanılabilir.²⁰

Beş yüz hastanın retrospektif olarak analiz edildiği bir çalışmada, klinik işitsel veya vestibüler disfonksiyon semptomları olmayan hastaların %2'sinde radyolojik SSKD bulguları vardır. Bu düşük hatalı pozitif oranı göz önüne alındığında, SSKD'nin BT görüntülemesinde tesadüfen bulunduğu hastalara odyolojik değerlendirme yapılması önerilmektedir.²¹

Manyetik rezonans görüntüleme (MR), BT'ye alternatif olarak gösterilmiştir. Çok ince kesit T2 ağırlıklı MRG ile %100'e yakın hassasiyetle tanı konulabilir.¹⁵ Görüntüleme yöntemleri, tanıya yardımcı tüm teknikler gibi SSKD'nin kesin tanısı için uygun klinik semptom ve işaretler ile yorumlanmalıdır.¹⁹ Beyazal Çeliker ve ark.nın yaptığı çalışmada, nörootolojik semptomları olan hastalarda MRG'nin SSKD tanısında yüksek hassasiyet ve özgüllüğe sahip olduğu gösterilmiştir.²²



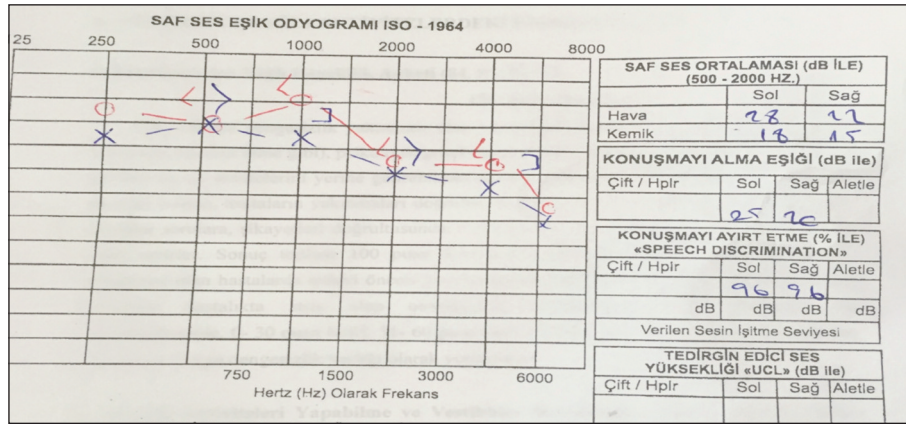
RESİM 1: Superior semisirküler kanal dehissansı ok ile bilgisayarlı tomografi kesitinde gösterilmiştir.

Vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller (VEMP), SSKD tanısında ve takibinde oldukça yararlıdır. SSKD olan hastalarda düşük stimulus şiddetlerinde oldukça yüksek VEMP yanıtları görülür.²³⁻²⁵ VEMP araştırmasının SSKD tanısında sensitivitesinin %80-100 arası; spesifitesinin ise %90-100 arası olduğu gösterilmiştir. Özellikle tone burst uyararı ile yapılan VEMP testinin her yaşta sensitivitesinin %90'ın üzerinde olduğu belirtilmektedir.¹⁵

Üçüncü pencere oluşumu hava iletim eşiğini artırabilirken kemik iletim eşiğini azaltabilir ya da etkilemeyebilir. SSKD iletim tipi işitme kaybı çoğu zaman düşük frekanslara eğilimlidir.²⁶ Kemik hava gapı, normal hava iletim eşiği ile birlikte bulunabilir.⁵ Birçok odyolog kemik iletimi için negatif eşikler kullanmamaktadır, genel uygulama, 0 dB HL yanıt alındığında testin sonlandırılması yönündedir. Bazen SSKD hastalarında [-5]-[-10] dB HL arasında kemik iletim eşikleri alınabilmektedir. Bundan dolayıdır ki klinisyen, düşük frekanslarda orta dereceli hava kemik gapı olan şüpheli vakalarda negatif kemik iletim eşikleri kullanılması için özel bir talepte bulunabilir (Resim 2).⁵

TEDAVİ

SSKD hastalarının çoğunda semptomlar hafif düzeydedir ve cerrahiye gerek yoktur. Kanal uyarılmasından kaçınmak, durumun kontrolü açısından önemli olabilir.³ Kanalın cerrahi tedavisi dirençli veya sıklıkla izlenen denge problemlerinde göz önünde olacak etkin bir seçenektir. Benign pozisyonel vertigo gibi altta yatan hastalıklar cerrahi öncesinde tedavi edilmelidir.²⁶



RESİM 2: Sol superior semisirküler kanal dehissansı olan hastanın odyolojik tetkiki.

1998 yılından bu yana SSKD nedeni ile ileri derecede etkilenen hastalara onarım için geliştirilen birkaç cerrahi teknik vardır. Bu teknikler kanalı kapama, yeni yüzey oluşturulması ve kanalın tıkanmasıdır.²⁷

Cerrahi tedavi, transmastoid yaklaşım veya orta fossa yaklaşımı ile yapılabilir. Transmastoid yaklaşım daha az invaziv olması ve temporal lobun retraksiyonuna ihtiyaç duyulmamasından dolayı daha çok tercih edilen yöntemdir.²⁸ Mastoid kortikal kemik grefti, kalın ve reabsorpsiyonun daha az olması, stabiliteyi daha iyi sağlaması nedeni ile temporal kemik dış kısmından alınan kemikten daha sağlıklıdır.²⁹ Dehissans alanının tanımlanmasından sonra kalvariye kemik greftleri ve temporal fasiya ile yeniden yüzey oluşturulur. Bir diğer seçenek de kanalın fasiya, kemik tozu veya hidrokalsiyatit kemik çimento ile kapatılmasıdır.

Teixido ve ark.nın yaptığı çalışmada, perikondrium yumuşak doku grefti kullanılarak transmastoid orta fossa onarımı yapılmıştır. Araştırmacılar, perikondrium ıslandığında mekanik olarak stabil olması nedeni ile fasiyal greftlere oranla daha kolay yerleştirilebileceği için tercih etmişlerdir.³⁰

Schwartz ve ark. yaptıkları çalışmada, transmastoid ve orta fossa yaklaşımlarını karşılaştırmışlardır. Verilerinde transmastoid yaklaşımın daha hızlı olduğu, hastanede kalış süresinin daha kısa olduğu, işitme semptomlarının kontrolünde daha etkili olduğu, vestibüler semptomların kontrolünün ise benzer olduğu gözlenmiştir. Semptomların tekrar ortaya çıkması ve yeniden operasyon gerektir-

mesi düşük orandadır, fakat transmastoid yaklaşımda daha fazla görülür.³¹

Al Afif ve ark.nın yaptığı çalışmada transmastoid olarak kartilaj ile yeni yüzey oluşturulmuştur. Hastaların çoğu postoperatif iyileşmiş ve cerrahiden memnun kalmıştır. Çalışmada, 12 kulağın dördüne revizyon ameliyatı yapılmıştır. Ameliyat sonrası hava yolu ve kemik iletimi 2.500 hertz (Hz) ve daha yüksek frekanslarda düşme eğilimindedir. En sık görülen komplikasyon ise dural elevasyon sırasında dört kulakta beyin omurilik sıvısı sızıntısıdır.³²

Yapılan başka bir çalışmada, SSKD hastalarında transmastoid olarak kanal tıkanma işlemi uygulanmıştır. Hastalarda işitme sonuçlarının çok iyi olduğu ve otojik semptomların düzeldiği görülmüştür. Bu çalışmada, transmastoid yaklaşımın orta fossa yaklaşımına göre daha güvenli ve etkili bir alternatif olduğu belirtilmektedir.³³

Yapılan pilot bir çalışmada, transmastoid onarım ile orta fossa kraniotomi ile onarım karşılaştırılmıştır. İşitme sonuçlarında uzun sürede fark gözlenmemiştir. Çalışmanın sonucunda hem vestibüler hem de işitsel işlevi yönetmede bireysel hasta özelliklerine ve hasta tercihinin göre cerrahi onarım önerilmektedir.³⁴

Vlastarakos ve ark.nın yapmış olduğu meta-analizde tedavi başarı oranları değerlendirilmiştir. SSK'de dehissansın kapatılması veya yeniden yüzey oluşturulması tedavilerinin etkin tedaviler olduğu belirtilmektedir. Ayrıca dış kulak yolu basıncı ile indüklenen semptomu olan hastalarda tüp timpanoplastinin yararlı olacağı belirtilmiştir.³⁵

SSKD olan hastaları tedavi etmeye yönelik cerrahi prosedürler tanımlanmakla birlikte, literatürde cerrahi yaklaşım ve tekniğin üstünlüğü konusunda fikir birliği yoktur.²⁷

SONUÇ

SSKD son 20 yılda tanımlanmış olup, odyolojik ve vestibüler semptomlara neden olabilen bir hastalıktır. Tanısında BT ve MRG teknikleri kullanılır. Ciddi semptomları olan hastalara cerrahi tedavi uygulanarak şikâyetlerin düzelmesi sağlanır.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde,

çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Ayşe Seçil Kayalı Dinç, Celil Göçer; **Tasarım:** Ayşe Seçil Kayalı Dinç, Celil Göçer; **Denetleme/Danışmanlık:** Ayşe Seçil Kayalı Dinç, Celil Göçer; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Ayşe Seçil Kayalı Dinç, Celil Göçer; **Analiz ve/veya Yorum:** Ayşe Seçil Kayalı Dinç, Celil Göçer; **Kaynak Taraması:** Ayşe Seçil Kayalı Dinç; **Makalenin Yazımı:** Ayşe Seçil Kayalı Dinç; **Eleştirel İnceleme:** Celil Göçer; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Ayşe Seçil Kayalı Dinç; **Malzemeler:** Ayşe Seçil Kayalı Dinç.

KAYNAKLAR

- Curtin HD. Superior semicircular canal dehiscence syndrome and multi-detector row CT. *Radiology*. 2003;226(2):312-4. [Crossref] [PubMed]
- Minor LB, Solomon D, Zinreich JS, Zee DS. Sound- and/or pressure-induced vertigo due to bone dehiscence of the superior semicircular canal. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 1998;124(3):249-58. [Crossref] [PubMed]
- Brantberg K, Bergenius J, Mendel L, Witt H, Tribukait A, Ygge J. Symptoms, findings and treatment in patients with dehiscence of the superior semicircular canal. *Acta Otolaryngol*. 2001;121(1):68-75. [Crossref] [PubMed]
- Hagr AA. Superior canal dehiscence syndrome. *JKAU: Med Sci*. 2010;17(2):57-72. [Crossref]
- Minor LB, Carey JP, Cremer PD, Lustig LR, Streubel SO, Ruckenstein MJ. Dehiscence of bone overlying the superior canal as a cause of apparent conductive hearing loss. *Otol Neurotol*. 2003;24(2):270-8. [Crossref] [PubMed]
- Cremer PD, Minor LB, Carey JP, Della Santina CC. Eye movements in patients with superior canal dehiscence syndrome align with the abnormal canal. *Neurology*. 2000;55(12):1833-41. [Crossref] [PubMed]
- Minor LB. Clinical manifestations of superior semicircular canal dehiscence. *Laryngoscope*. 2005;115(10):1717-27. [Crossref] [PubMed]
- Rosowski JJ, Songer JE, Nakajima HH, Brinko KM, Merchant SN. Clinical, experimental, and theoretical investigations of the effect of superior semicircular canal dehiscence on hearing mechanisms. *Otol Neurotol*. 2004;25(3):323-32. [Crossref] [PubMed]
- Minor LB. Superior canal dehiscence syndrome. *Am J Otol*. 2000;21(1):9-19. [Crossref] [PubMed]
- Mikulec AA, Poe DS, McKenna MJ. Operative management of superior semicircular canal dehiscence. *Laryngoscope*. 2005;115(3):501-7. [Crossref] [PubMed]
- Chen EY, Paladin A, Phillips G, Raske M, Vega L, Peterson D, et al. Semicircular canal dehiscence in the pediatric population. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2009;73(2):321-7. [Crossref] [PubMed]
- Mikulec AA, McKenna MJ, Ramsey MJ, Rosowski JJ, Herrmann BS, Rauch SD, et al. Superior semicircular canal dehiscence presenting as conductive hearing loss without vertigo. *Otol Neurotol*. 2004;25(2):121-9. [Crossref] [PubMed]
- Zhou G, Ohlms L, Liberman J, Amin M. Superior semicircular canal dehiscence in a young child: implication of developmental defect. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2007;71(12):1925-8. [Crossref] [PubMed]
- Hirvonen TP, Weg N, Zinreich SJ, Minor LB. High-resolution CT findings suggest a developmental abnormality underlying superior canal dehiscence syndrome. *Acta Otolaryngol*. 2003;123(4):477-81. [Crossref] [PubMed]
- Özgirgin N. [Superior semicircular canal dehiscence]. *Türkiye Klinikleri J E.N.T.-Special Topics*. 2015;8(3):40-4.
- Carey JP, Minor LB, Nager GT. Dehiscence or thinning of bone overlying the superior semicircular canal in a temporal bone survey. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2000;126(2):137-47. [Crossref] [PubMed]
- Watson SR, Halmagyi GM, Colebatch JG. Vestibular hypersensitivity to sound (Tullio phenomenon): structural and functional assessment. *Neurology*. 2000;54(3):722-8. [Crossref] [PubMed]
- Erkan SO, Erkan ZA, Tuhanoğlu B, Erdoğan N, Öncel S. Investigation of distortion product otoacoustic emission values in superior semicircular canal dehiscence. *Kocaeli Med J*. 2018;7(2):119-26. [Crossref]
- Bi WL, Brewster R, Poe D, Vernick D, Lee DJ, Corrales CE, et al. Superior semicircular canal dehiscence syndrome. *J Neurosurg*. 2017;127(6):1268-76. [Crossref] [PubMed]
- Minor LB. Labyrinthine fistulae: pathobiology and management. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2003;11(5):340-6. [Crossref] [PubMed]
- Berning AW, Arani K, Branstetter BF 4th. Prevalence of superior semicircular canal dehiscence on high-resolution CT imaging in patients without vestibular or auditory abnormalities. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2019;40(4):709-12. [Crossref] [PubMed]

22. Beyazal Çeliker F, Özgür A, Çeliker M, Beyazal M, Turan A, Terzi S, et al. The efficacy of magnetic resonance imaging for the diagnosis of superior semicircular canal dehiscence. *J Int Adv Otol.* 2018;14(1):68-71. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
23. Brantberg K, Bergenius J, Tribukait A. Vestibular-evoked myogenic potentials in patients with dehiscence of the superior semicircular canal. *Acta Otolaryngol.* 1999;119(6): 633-40. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
24. Rosengren SM, Welgampola MS, Colebatch JG. Vestibular evoked myogenic potentials: past, present and future. *Clin Neurophysiol.* 2010;121(5):636-51. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
25. Streubel SO, Cremer PD, Carey JP, Weg N, Minor LB. Vestibular-evoked myogenic potentials in the diagnosis of superior canal dehiscence syndrome. *Acta Otolaryngol Suppl.* 2001;545:41-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
26. Hillman TA, Kertesz TR, Hadley K, Shelton C. Reversible peripheral vestibulopathy: the treatment of superior canal dehiscence. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2006;134(3):431-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
27. Ziylan F, Kinaci A, Beynon AJ, Kunst HP. A comparison of surgical treatments for superior semicircular canal dehiscence: a systematic review. *Otol Neurotol.* 2017;38(1):1-10. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
28. Agrawal SK, Parnes LS. Transmastoid superior semicircular canal occlusion. *Otol Neurotol.* 2008;29(3):363-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
29. Crovetto M, Areitio E, Elexpuru J, Aguayo F. Transmastoid approach for resurfacing of superior semicircular canal dehiscence. *Auris Nasus Larynx.* 2008;35(2):247-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
30. Teixido M, Seymour PE, Kung B, Sabra O. Transmastoid middle fossa craniotomy repair of superior semicircular canal dehiscence using a soft tissue graft. *Otol Neurotol.* 2011;32(5):877-81. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
31. Schwartz SR, Almosnino G, Noonan KY, Banakis Hartl RM, Zeitler DM, Saunders JE, et al. Comparison of transmastoid and middle fossa approaches for superior canal dehiscence repair: a multi-institutional study. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2019;161(1):130-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
32. Al Afif A, Farmer R, Bance M. Outcomes of transmastoid resurfacing for superior canal dehiscence using a cartilage overlay technique. *Laryngoscope.* 2019;129(9):2164-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
33. Banakis Hartl RM, Cass SP. Effectiveness of transmastoid plugging for semicircular canal dehiscence syndrome. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2018;158(3):534-40. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
34. Zhang L, Creighton FX Jr, Ward BK, Bowditch S, Carey JP. A cohort study of hearing outcomes between middle fossa craniotomy and transmastoid approach for surgical repair of superior semicircular canal dehiscence syndrome. *Otol Neurotol.* 2018;39(10):e1160. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
35. Vlastarakos PV, Proikas K, Tavoulari E, Kikidis D, Maragoudakis P, Nikolopoulos TP. Efficacy assessment and complications of surgical management for superior semicircular canal dehiscence: a meta-analysis of published interventional studies. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2009;266(2):177-86. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]