



Transvers asetabular ligament ve labrumdaki mekanoreseptörlerin immünohistokimyasal analizi: Otuz beş olgunun prospektif analizi

Kasım KILIÇARSLAN¹, Aydan KILIÇARSLAN², İsmail DEMİRKALE³, Mahmut Nedim AYTEKİN¹, Mehmet Atif Erol AKSEKİLİ¹, Mahmut UĞURLU¹

¹Ankara Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Ankara

²Ankara Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Patoloji Kliniği, Ankara

³Keçiören Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Ankara

Amaç: Klasik literatürde labrum ve transvers asetabular ligament (TAL), bol miktarda mekanoreseptör ve serbest sinir lifleri içeren özel anatomic yapılar olarak tanımlanmıştır. Eklemi derinleştirirler ve çıkığa karşı doğal bir bariyer vazifesini üstlenerek stabiliteye katkıda bulunurlar. Hipotezimize göre, ciddi koksartroz labrum ve TAL'daki mekanoreseptörleri yok etmektedir. Bu çalışmanın amacı, labrum ve TAL'in nörolojik yapısını immünohistokimyasal analizle inceleyerek söz konusu yapıların mikroskopik anatomisini değerlendirmektir.

Çalışma planı: Koksartroz nedeniyle total kalça artroplastisi yapılan ardışık otuz beş hastanın kalçalarından dörder numune halinde labrum ve TAL örnekleri diseke edilmiştir. Formaldehitte tespit edilen örnekler, Mihalko tarafından tanımlanan immünohistokimyasal analiz yöntemiyle mekanoreseptör ve serbest sinir ucu varlığı yönünden değerlendirilmiştir.

Bulgular: TAL örneklerinde mekanoreseptör bulunamamış olup, labrum ve TAL'da fibröz bağ dokusunun iyi damarlanmış olduğu ve bolca serbest sinir ucu içerdiği gözlenmiştir (sırasıyla ortalama 2.6 duyu lifi/hpf ve 3.1 duyu lifi/hpf). Labrumda ortalama 2.3 mekanoreseptör/hpf bulunmakta olup, mekanoreseptör yoğunluğu değerlendirildiğinde labrum ve TAL arasında keskin bir fark bulunmadır.

Çıkarımlar: Bu çalışmadaki bulgular, TAL'in mekanoreseptörden yoksun olduğunu göstermektedir. Ancak, TAL ve labrumda bulunan serbest sinir uçlarının, kalça ağrısının oluşumunda potansiyel bir rolü olduğunu düşündürmektedir.

Anahtar sözcükler: Koksartroz; labrum; mekanoreseptör; transvers asetabular ligament.

Total kalça artroplastisi (TKA), ağrıyı azaltan ve hayat kalitesini arttıran etkili bir cerrahi girişimdir. Ağrı, TKA'yı gerektiren ana semptomdur. Eklem ağrısının, sinovyum ve kapsül, ligamentler, kaslar gibi çevre do-

kulardaki A-delta mekanoreseptörleri ve C polimodal sinir uçlarının uyarılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.^[1] Ayrıca, kalça ağrısının başka bir nedeni olarak femur başının "migreni" yani kapsülün fibröz ka-

Yazışma adresi: Dr. İsmail Demirkale, Keçiören Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Ankara.

Tel: +90 312 – 356 90 00 e-posta: drismail@yahoo.com

Başvuru tarihi: 16.10.2014 **Kabul tarihi:** 26.01.2015

©2015 Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği

Bu yazının çevrimiçi İngilizce versiyonu

www.aott.org.tr adresinde

doi: 10.3944/AOTT.2015.14.0366

Karekod (Quick Response Code)



linlaşması nedeni olarak venöz drenajın göllenmesi sonucunda kalça eklemi çevresindeki reseptörlerin gerilim tipi uyarılar ile uyarılması gösterilmektedir.^[2,3] Rauber tarafından Pacini cisimciğinin 1874'te tanımlanmasından beri, buna benzer mekanoreseptörler kapsamlıca araştırılmıştır.^[4-6] Birçok hayvan çalışmasında, nörolojik yapılar genişçe incelenmiş ve Ruffini, Pacini ve Golgi tipi mekanoreseptörler tanımlanmıştır.^[7-11] Bu çalışmalarda, hızlı adapte olan Pacini cisimciklerinin basınç ve titreşime duyarlı olduğu, buna karşın yavaş adapte olan Ruffini reseptörlerinin gerilime duyarlı olduğu gösterilmiştir.

Diğer insan eklemleri gibi, kalça eklemine de periferik mekanoreseptörler ve serbest sinir uçlarından sinyal alıp proprioseptif veriyi kortekse ileten afferent ve efferent geri besleme sistemleri mevcuttur.^[12] Labrum ve Transvers Asetabular Ligament (TAL) gibi kalça ligamentleri merkezi sinir sistemine eklem zarar göreceği hareketleri engelleyen verileri ileten mekanoreseptörlerle innerve edilmektedir. Bu geri beslemeye proprioepsiyon denir. Ciddi koksartrozun sadece eklem kıkırdağını değil, bunun yanında eklem kapsülü, labrum ve ligamentler gibi destek dokularını da etkilediği iyi bilinmektedir. Franchi ve Stubbs diz osteoartritinde bu mekanoreseptörlerin azaldığını göstermiştir.^[13,14]

Diğer parakoksyal yapılar gibi labrum ve TAL, kalça eklemine stabilitesine katkı sağlarlar. TAL, eklem yüklenmesi esnasında asetabulumun posteroinferior ve anteroinferior yüzleri arasında bir gergi bandı gibi davranırken labrum soketi derinleştirir ve asetabulumun temas yüzeyini arttırır.^[15] Gerhardt ve arkadaşları yaptıkları kadavra çalışmasında, TAL ve labrumda mekanoreseptörleri göstermiştir, ancak koksartroz durumunda mekanoreseptörlerin akıbeti bir klinik çalışmada değerlendirilmemiştir.^[16]

Bu çalışmada TKA yapılan osteoartritlik eklemlerden elde edilen labrum ve TAL'teki farklı nöral elemanların incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik, histolojik boyamanın geleneksel yöntemlerine göre daha güvenilir ve kolay olduğu gösterilen immünohistomorfometrik analiz yapılmıştır.^[17] Hipotezimiz, ciddi koksartrozun labrum ve TAL'daki mekanoreseptörleri yok ettiği'dir.

Hastalar ve yöntem

Çalışmaya başlanmadan önce Etik Kurul onayı alındı. Hastalardan yazılı onam alındı. Yirmi dokuz kadın ve 6 erkek hasta çalışmaya dâhil edildi ve cerrahi sırasındaki ortalama yaşları 66.4 idi (55–68 yıl). Tüm hastalarda ileri evre primer koksartroz mevcuttu ve sekonder artrozu olan hastalar çalışmaya dahil edilmedi. Tüm osteoartritlik kalçalarda normale yakın baş-diafiz açısı vardı ve 2 cm'den fazla alt ekstremitte eşitsizliği yoktu. Total kalça

artroplastisi yapılan ardışık 35 hastadan alınan örnekler çalışmaya dâhil edildi.

Tüm hastalar aynı cerrahi prosedürle tedavi edildi. Posterolateral yaklaşım kullanıldı ve asetabular labrum ve TAL'in bütünüyle rezeksiyonu yapıldı. Daha sonra her hasta için labrum'un anterior, superolateral ve posterioru işaretlendi. Tüm labrum ve TAL örnekleri %10 formaldehit içine konuldu. Daha önce tanımlanan bir immünohistokimyasal histoloji tekniği kullanıldı.^[18] Nonspesifik bağlanmanın blokajından sonra (%3 normal at serumu ile) kesitler gece boyunca 4°C'de nemli bir bölmede ticari olarak bulunabilen fare monoklonal nörofilament proteini (NPF) ve S-100 proteini antikorları ile inkübe edildi. Böylece, santral akson, periaksonik Schwann-ilişkili hücreler ve mekanoreseptörlerin perinöral hücreleri işaretlendi. Daha sonra AK, 400 kat büyütmede, ışık mikroskopunda, nokta sayma metoduyla mekanoreseptörlerin varlığını belirledi.

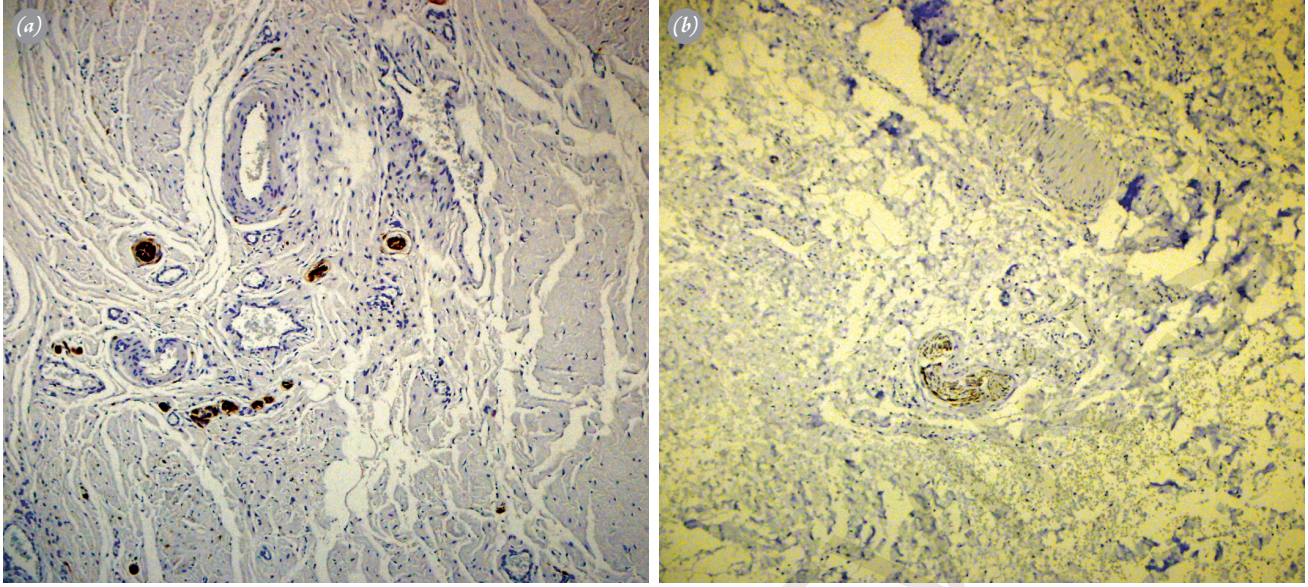
Mevcut reseptörlerin belirlenmesinde Freeman ve Wylee sınıflandırma sistemi kullanıldı.^[7] Bu sınıflandırmaya göre dört tip sinir ucu mevcuttur: tip I - düşük eşikli ve yavaş adapte olan Ruffini cisimcikleri, tip II - düşük eşikli ve hızlı adapte olan Pacini cisimcikleri, tip III - düşük eşikli ve yavaş adapte olan Golgi tendon organı ve tip IV - yüksek eşikli nosireseptörler olan serbest sinir uçları. Sinir uç organlarının TAL ve bölgeye spesifik labrum örnekleri içindeki konsantrasyonları, ışık mikroskopu altında büyütmede (400x) yüksek büyütme alanı (yba) başına genel ortalama sinir lifi sayısı alınarak hesaplandı.

Bulgular

TAL örneklerinde mekanoreseptör tespit edilemedi. Miyelinsiz serbest sinir uçlarının duysal lifler olduğu belirlendi. Hematoksilin ve eozin ile boyanan labrum ve TAL kesitlerinde iyi damarlanma ve bol serbest sinir uçları (sırasıyla, ortalama 2.6 duyu lifi/yba ve 3.1 duyu lifi/yba) tespit edildi (Şekil 1a, b). Ayrıca kalsifikasyon sahaları ve kalın kollajen lifleri de mevcuttu. İmmünohistokimyasal analizde, TAL'in herhangi bir örneğinde morfolojik olarak normal herhangi bir mekanoreseptör olmamasına rağmen labrumda ortalama 2.3 mekanoreseptör/yba mevcuttu (Tablo 1).

Tartışma

En ilginç bulgu, mekanoreseptör sayısı yönünden labrum ve TAL arasındaki belirgin farktı. Osteoartritlik kalçaların TAL'lerinde intraligamentöz mekanoreseptör bileşeninin olmadığını gösterdik. Osteoartritlik dejeneratif süreç TAL'in skatrizasyonuna ve sertleşmesine neden



Sekil 1. (a) Anterior labrumun S-100 pozitif mekanoreseptörlerini gösteren fotomikrografi ve (b) altmış yedi yaşında bir kadının transvers asetabular ligamentinde görünür mekanoreseptör olmaksızın nörofilament protein pozitif periferel sinir fibrilleri (400× büyütme). [Bu şekil, derginin www.aott.org.tr adresindeki çevrimiçi versiyonunda renkli görülebilir.]

olur ve mekanoreseptörlerin yokluğu da pekâlâ hem perikoksal ligamentlerdeki hem de eklemdaki dejeneratif süreçle izah edilebilir. Periartriküler yapıların damarlanmasına ek olarak nörolojik yapısının da dejeneratif süreçlerden etkilendiği unutulmamalıdır. Birçok hayvan çalışmasında nörolojik sistem detaylıca incelenmiş ve Ruffini, Pacini ve Golgi mekanoreseptörleri tanımlanmıştır.^[7,9,11,19] Moraes ve ark. yaptıkları çalışmada, kalça artrozu olan hastalardaki ve sağlıklı kadavralardaki sinir uçlarının yoğunluğunu karşılaştırmış ve artroz grubunda mekanoreseptör sayısında anlamlı bir düşme bulmuşlardır.^[12] Bu çalışma, literatürde koksartrozlu hastalardaki mekanoreseptör durumunu inceleyen tek karşılaştırmalı çalışmadır. Bu çalışmada ayrıca artroz grubundaki hastalarda serbest sinir uçları sayısında daha büyük bir düşüş görülmüştür. Yazarlar, kalça eklemi artrozunun mekanoreseptör sayısında ciddi bir düşüşle seyrettiği yorumunu yapmışlardır. Biz, kalça eklemi TAL'lerinde mekanoreseptör olmadığını ama TAL ve labrumda bol miktarda serbest sinir ucu olduğunu bulduk.

Gerhardt ve arkadaşlarının yaptığı bir kadavra çalışmasında sağlıklı kadavraların kalça kapsülü, asetabular

labrum, ligamentum teres ve TAL'teki sinir lifleri ve serbest sinir uçları değerlendirilmiştir.^[16] Bu çalışmada modifiye altın boyama tekniği kullanılmış ve TAL'lerde Ruffini cisimciği ağırlıklı olmak üzere 1.9 mekanoreseptör/yba ve 2.2 duyu lifi/yba bulunmuştur. Bizim çalışmamızda gözlenen TAL ve labrumdaki serbest sinir ucu konsantrasyonu Gerhardt ve arkadaşlarının bulduğundan daha yüksekti.^[16] Bu farklılık kısmen farklı boyama teknikleri kullanılışıyla açıklanabilir. Bu yazarlar formalinle tespit edilen ve parafine gömülmüş örnekler kullanmış ve bunları altın klorid çözeltisiyle boyamıştır. Tüm kalçanın nörolojik karakteristiği üzerine mükemmel bir çalışma yapmakla beraber osteoartritin reseptör sayısı üzerindeki etkisinden - sekiz kadavranın üçünde ciddi osteoartrit olmasına rağmen - bahsetmemiş ve değerlendirmemiştir. Aynı zamanda altınla boyama tekniğinin ince nöronal yapıları boyamakta daha yetersiz bir teknik olduğu, nonspesifik olduğu, vasküler yapıları ve elastin ve kollajen içeren diğer yapıları da boyadığı gösterilmiştir.^[20,21]

Eklemdaki mekanoreseptörler proprioepsiyon için vazgeçilmezdir.^[22] He ve Kim tarafından da gösterildiği gibi aktif kalça eklemi stabilitesi proprioseptif sinir uç-

Tablo 1. Transvers asetabular ligament ve asetabular labrumda tüm hastalar için ortalama duyuşal fibril (ods/yba) ve mekanoreseptör sayıları (oms/yba).

	Anterior labrum	Superolateral labrum	Posterior labrum	Transvers asetabular ligament
Duyusal fibriller/yba	3.7	1.8	2.5	3.1
Mekanoreseptörler/yba	3.3	1.5	2.1	-

larınca sağlanır ve bu reseptörlerin hasarı merkezi sinir sistemiyle olan geri besleme mekanizmasının bozulmasından ve sonuç olarak instabiliteden sorumlu olabilir.^[9,16,23] Bu bulgudan bu ligamentlerin cerrahi sırasında korunmasının proprioepsiyonun kaybını engelleyebileceği düşünülse de TAL'te reseptörlerin kaybının ve bol sayıda serbest sinir ucu varlığını gösterdik. Çok nadir olmakla birlikte bazı vakalarda etiyojisi anlaşılamayan postoperatif rahatsız edici ağrı mevcuttur ve bu reseptörlerin ve serbest sinir uçlarının basınca ve kapsül gerilmesine pozitif uyarısı ile izah edilebilir. Diz eklemine benzer şekilde kalça eklemine de bu nöral sistemle oluşan derin duyarlılık mevcut olabilir ve bu tarz ağrılardan TAL dışındaki kalça ligamentlerinin fonksiyonel reseptörleri sorumlu olabilir. Bu ağrının mekanoreseptör kaynaklı olduğu kesin bir şekilde iddia edilemese de, Assimakopoulos ve arkadaşları menisektominin denervasyon etkisiyle ağrının kesilmesini iddia etmiş olup bu pekâlâ kalçaya da uygulanabilir.^[24]

Çalışmamızın çeşitli varsayımları ve kısıtlılıkları mevcuttur. Öncelikle yaşça eşleştirilmiş eklem dejenerasyonu olmayan normal bireyler çalışmaya dâhil değildir. İkinci olarak bu çalışmada immünohistokimyasal boyama kullanılmış olmakla beraber diğer çalışmalarda serbest sinir uçlarını ve mekanoreseptörlerin konsantrasyonunu belirlemede Zimny tekniği veya Bodian yöntemi kullanılmıştır. Ancak Bali ve arkadaşları immünohistokimyasal boyamanın geleneksel boyama yöntemlerinden daha güvenilir olduğunu göstermiştir.^[17] İki farklı boyama tekniğinin eş zamanlı kullanımı nöral yapıları incelemede daha etkili olabilir. Üçüncü olarak, sadece bir sitopatolog örnekleri incelemiştir. Dördüncü olarak, labrumun ve TAL'in kanla beslenmesinin kantitatif değerlendirilmesi daha uygun olabilirdi ancak, böyle kesin bir yargı için laminine yönelik immünohistokimyasal boyama yapılmalıdır. Fakat bu, periferik labral yırtıkların tamirinde daha değerli olurdu. Son olarak, sadece eklem içi yapılar incelenmiştir. Eklem kapsülü de dâhil olmak üzere tüm periartriküler yapıların incelenmesi koksartroz ve mekanoreseptör varlığı arasındaki ilişkiyi daha doğru izah edebilirdi.

Gözlemlerimize göre TAL, TKA sırasında korunmasıyla mikro yapısını koruyabilir ama cerrahi vakalardan gelen bilgiler olmadan böyle bir korumanın başarısında hangi parametrelerin etkili olacağını veya nasıl çalışacağını söylemek zor olur. Her ne kadar bizim çalışmamızda cerrahi sırasında TAL'in korunup korunmaması gerektiği değerlendirilmemiş olsa da bu ligamentin osteoartrit sürecinde mekanoreseptörlerini kaybettiğini ve bizim çalışmamızda son safhaya geldiğini görmekteyiz. Literatürde, TAL'in asetabular komponent yerleşiminde

anatomik bir işaret olarak kullanılması tavsiye edilmekte olup TAL tamamen çıkarılabilir. Archbold, Epstein ve Kalteis, TAL'in asetabular komponent oryantasyonunda faydalı olacağını göstermiş olsa da Miyoshi ve arkadaşları, TAL'in ileri dejeneratif hastalıklı bazı hastalarda ve artmış sagittal tiltli displazik kalçası olan hastalarda bulunmasının zor olduğunu göstermiştir.^[25-29]

Sonuç olarak, mevcut çalışmada tanımlanan TAL'in, labrum gibi kalça stabilizasyonundan sorumlu diğer yapılarda bulunan basınç ve proprioseptif reseptörlerden yoksun olduğu gösterilmiştir. Ancak, TAL'te bulunan serbest sinir uçlarının ağrıya neden olduğu düşünülmekte olup komponent yerleştirilmesinden sonra çıkarılması gerekmektedir. Daha fazla örnekle, artritlik ve artritlik olmayan vakalarda yapılacak tüm kalça ligamentlerini içeren bir fonksiyonel analizle TAL'teki mekanoreseptörlerin klinik değeri daha iyi anlaşılacaktır.

Çıkar örtüşmesi: Çıkar örtüşmesi bulunmadığı belirtilmiştir.

Kaynaklar

1. Kean WF, Kean R, Buchanan WW. Osteoarthritis: symptoms, signs and source of pain. *Inflammopharmacology* 2004;12:3-31.
2. Arnoldi CC, Linderholm H, Müslichler H. Venous engorgement and intraosseous hypertension in osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Br* 1972;54:409-21.
3. Phillips RS, Bulmer JH, Hoyle G, Davies W. Venous drainage in osteoarthritis of the hip. A study after osteotomy. *J Bone Joint Surg Br* 1967;49:301-9.
4. Cavalcante ML, Rodrigues CJ, Mattar R Jr. Mechanoreceptors and nerve endings of the triangular fibrocartilage in the human wrist. *J Hand Surg Am* 2004;29:432-8.
5. Moraes MR, Cavalcante ML, Leite JA, Ferreira FV, Castro AJ, Santana MG. Histomorphometric evaluation of mechanoreceptors and free nerve endings in human lateral ankle ligaments. *Foot Ankle Int* 2008;29:87-90.
6. Morisawa Y. Morphological study of mechanoreceptors on the coracoacromial ligament. *J Orthop Sci* 1998;3:102-10.
7. Freeman MA, Wyke B. The innervation of the knee joint. An anatomical and histological study in the cat. *J Anat* 1967;101(Pt 3):505-32.
8. Delgado-Baeza E, Utrilla-Mainz V, Contreras-Porta J, Santos-Alvarez I, Martos-Rodríguez A. Mechanoreceptors in collateral knee ligaments: an animal experiment. *Int Orthop* 1999;23:168-71.
9. He XH, Tay SS, Ling EA. Sensory nerve endings in monkey hip joint capsule: a morphological investigation. *Clin Anat* 1998;11:81-5.
10. Rossi A, Grigg P. Characteristics of hip joint mechanoreceptors in the cat. *J Neurophysiol* 1982;47:1029-42.
11. Carli G, Farabollini F, Fontani G, Meucci M. Slowly adapt-

- ing receptors in cat hip joint. *J Neurophysiol* 1979;42:767–78.
12. Moraes MR, Cavalcante ML, Leite JA, Macedo JN, Sampaio ML, Jamaru VF, et al. The characteristics of the mechanoreceptors of the hip with arthrosis. *J Orthop Surg Res* 2011;6:58.
 13. Franchi A, Zaccherotti G, Aglietti P. Neural system of the human posterior cruciate ligament in osteoarthritis. *J Arthroplasty* 1995;10:679–82.
 14. Stubbs G, Dahlstrom J, Papantoniou P, Cherian M. Correlation between macroscopic changes of arthrosis and the posterior cruciate ligament histology in the osteoarthritic knee. *ANZ J Surg* 2005;75:1036–40.
 15. Jain S, Aderinto J, Bobak P. The role of the transverse acetabular ligament in total hip arthroplasty. *Acta Orthop Belg* 2013;79:135–40.
 16. Gerhardt M, Johnson K, Atkinson R, Snow B, Shaw C, Brown A, et al. Characterisation and classification of the neural anatomy in the human hip joint. *Hip Int* 2012;22:75–81.
 17. Bali K, Dhillon MS, Vasistha RK, Kakkar N, Chana R, Prabhakar S. Efficacy of immunohistological methods in detecting functionally viable mechanoreceptors in the remnant stumps of injured anterior cruciate ligaments and its clinical importance. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012;20:75–80.
 18. Mihalko WM, Creek AT, Mary MN, Williams JL, Komatsu DE. Mechanoreceptors found in a posterior cruciate ligament from a well-functioning total knee arthroplasty retrieval. *J Arthroplasty* 2011;26:504.e9–12.
 19. Zimny ML. Mechanoreceptors in articular tissues. *Am J Anat* 1988;182:16–32.
 20. Johansson H, Sjölander P, Sojka P. Receptors in the knee joint ligaments and their role in the biomechanics of the joint. *Crit Rev Biomed Eng* 1991;18:341–68.
 21. Hogervorst T, Brand RA. Mechanoreceptors in joint function. *J Bone Joint Surg Am* 1998;80:1365–78.
 22. Vangsness CT Jr, Ennis M, Taylor JG, Atkinson R. Neural anatomy of the glenohumeral ligaments, labrum, and subacromial bursa. *Arthroscopy* 1995;11:180–4.
 23. Kim YT, Azuma H. The nerve endings of the acetabular labrum. *Clin Orthop Relat Res* 1995;320:176–81.
 24. Assimakopoulos AP, Katonis PG, Agapitos MV, Exarchou EI. The innervation of the human meniscus. *Clin Orthop Relat Res* 1992;275:232–6.
 25. Archbold HA, Mockford B, Molloy D, McConway J, Ogonda L, Beverland D. The transverse acetabular ligament: an aid to orientation of the acetabular component during primary total hip replacement: a preliminary study of 1000 cases investigating postoperative stability. *J Bone Joint Surg Br* 2006;88:883–6.
 26. Jain S, Aderinto J, Bobak P. The role of the transverse acetabular ligament in total hip arthroplasty. *Acta Orthop Belg* 2013;79:135–40.
 27. Epstein NJ, Woolson ST, Giori NJ. Acetabular component positioning using the transverse acetabular ligament: can you find it and does it help? *Clin Orthop Relat Res* 2011;469:412–6.
 28. Kalteis T, Sendtner E, Beverland D, Archbold PA, Hube R, Schuster T, et al. The role of the transverse acetabular ligament for acetabular component orientation in total hip replacement: an analysis of acetabular component position and range of movement using navigation software. *J Bone Joint Surg Br* 2011;93:1021–6.
 29. Miyoshi H, Mikami H, Oba K, Amari R. Anteversion of the acetabular component aligned with the transverse acetabular ligament in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 2012;27:916–22.