

Biber Gazının Göz Üzerine Etkileri

The Ocular Effects of Pepper Spray

Canan Aslı Utine, İsmet Durak*

Yeditepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

*Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

Özet

Son yıllarda biber gazı, hem siviller tarafından öldürücü olmayan bir kendini koruma spreyi olarak, hem de kolluk güçleri tarafından toplumsal gösterilerde kullanılabilir. Biber gazına maruz kalan insanlar, akut olarak şiddetli ağrı, blefarospazm, göz yaşarması ve kimi zaman bulanık görme ve hatta geçici körlük nedeniyle panik ve dezoryantasyon yaşamaktadırlar. Biber gazının özellikleri, etki mekanizması ve bu maruziyetin diğer oküler kimyasal hasardan farklı yönleri hakkında bilgi sahibi olunması, oftalmologların acil yardım ve uygun tedavi konusunda zamanında ve doğru müdahalelerde bulunabilmeleri için önemlidir. (*Turk J Ophthalmol* 2012; 42: 294-7)

Anahtar Kelimeler: Biber gazı, göz

Summary

Recently, pepper spray has been used by both civilians, as a non-lethal personal defense spray, and law enforcement agencies in population movements. People exposed to pepper spray experience panic and disorientation due to acute severe pain, blepharospasm, tearing and sometimes blurred vision and even temporary blindness. Having knowledge about the properties and mechanism of action of pepper spray and the different aspects of this exposure from other ocular chemical injuries is important for timely and correct interventions and appropriate management of the condition by the ophthalmologists in emergency care. (*Turk J Ophthalmol* 2012; 42: 294-7)

Key Words: Pepper spray, eye

Giriş

İlk defa 1970'lerde üretilen biber gazı, 1990'lı yıllardan itibaren hem siviller tarafından öldürücü olmayan bir kendini koruma spreyi olarak, hem de kolluk güçleri tarafından şüpheli kişileri etkisiz hale getirme amacıyla artan sıklıkta kullanılmaktadır. Biber gazlarının akut sistemik etkileri yanında göz ve görme üzerindeki etkileri de kişide panik ve dezoryantasyona neden olmaktadır. Bu gazların kimyasal bileşenlerinin, etki mekanizmalarının ve göz üzerindeki etkilerinin bilinmesi, acil müdahalede bulunacak ve olguları takip edecek oftalmologlar için önem taşımaktadır.

Biber Gazının Özellikleri

Biber gazının aktif etken maddesi oleoresin capsicum (OC), acı biberin öğütülmesi yoluyla elde edilen kırmızımsı kahverengi

yağlı bir ekstrattır.¹ Oleoresin tozu biberden, genellikle bir organik çözücü eklenmesi ile elde edilir. Bu toz ve çözücü bileşiğine "Miscella" adı verilir. Oleoresin ekstraksiyonu tamamlandığında çözücü, evaporasyon veya distilasyon ile uzaklaştırılır. Geriye kalan yağlı madde ham OC'dur ve bu ekstrat içerisinde değişken konsantrasyonlarda pek çok farklı doğal bileşik bulunmaktadır. En yoğun olarak bulunan, capsaicin (8-methylvanilyl-6-nonenamide) maddesidir. Bu madde, suda çözünemeyen beyaz, kristalin bir bileşiktir. Diğer aktif bileşikler arasında, capsaicinoid analogları olan nordihydrocapsaicin, nonivamide (N-vanilyl-n-nonamide), dihydrocapsaicin, homocapsaicin ve homodihydrocapsaicin sayılabilir.² "Oleoresin" terimi de, ekstrakte edilen bitkiye özgü esansiyel yağları ve reçineyi tanımlar. Pahalı bir teknoloji gerektirmekle birlikte, capsaicinoidler sentetik olarak da üretilebilir.³

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Canan Aslı Utine, Yeditepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Tel.: +90 212 211 40 00/6523 Gsm: +90 533 558 76 35 E-posta: cananutine@gmail.com

Geliş Tarihi/Received: 06.12.2011 **Kabul Tarihi/Accepted:** 16.02.2012

Tüm biber gazı spreyleri eşit olarak üretilmemektedir. Ekstraksiyon için kullanılan bitkiden bitkiye ve hatta aynı bitkinin farklı meyvelerinde, her bir capsaicinoid konsantrasyonu değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle her bir biber gazı spreyinde, iritan olan capsaicin ve capsaicinoidlerin konsantrasyonları önemli ölçüde değişkenlik gösterebilmektedir.² Bir spreyin etkinliğini etkileyebilecek en az üç etken vardır.

Bunlardan birincisi, kullanılan biber gazı spreyinin konsantrasyonudur. Ürün üzerinde yazan **yüzde OC değeri** (%10, %15 gibi), kutu içerisinde püskürtücü madde, boya gibi diğer içeriklere göre ne kadar OC bulunduğunu gösterir. Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan bir çalışmada, biber gazı spreylerinde OC konsantrasyonunun %1-10 arasında değiştiği, capsaicinoidlerin oranlarının ise çok daha az olduğu gösterilmiştir.⁴ Fakat bu değer, ürünün yakıcılık değerini göstermez. Kullanılan biber bitkileri ve ekstraksiyon işlemleri gibi faktörlerdeki farklılıklar nedeniyle, daha düşük OC konsantrasyonu içeren bir solüsyon, daha yüksek konsantrasyonlu bir solüsyona göre daha fazla yakıcı olabilir. **Scoviller Isı Birimi** (Scoviller heat unit, SHU), ürünün yakıcılığının bir göstergesidir ve OC içerisindeki capsaicin miktarına bağlıdır. SHU, Amerika Baharat Ticareti Derneği (American Spice Trade Association) Analitik Yöntem 21,0 tarafından belirlenen skorlama sistemine göre, ürün dil üzerine yerleştirildiği zaman kişinin algıladığı yakıcılık hissi olarak algılanan ısının ölçümüdür. SHU, ortaya çıkan ısının bağımsız bir ölçümünü değil, kişi tarafından algılanan ısı seviyesini ifade eder ve en az beş farklı denek üzerinde ölçülerek değerlendirilir. Saf capsaicin 15 milyon SHU olarak değerlendirilir. Polis tarafından kullanılan spreylerin 0,5 ile 2 milyon SHU arasında olduğu bildirilmektedir.¹ **Capsaicinoid konsantrasyonu** ise oleoresin capsicum içerisindeki aktif bileşenleri (yani, capsaicin, nordihydrocapsaicin ve dihydrocapsaicin) belirtir ve ürünün yakıcılığı ile doğru orantılı bir parametredir. Her bir capsaicinoidin bileşik içindeki konsantrasyonu, hem farklı kültür bitkilerinden hem de aynı kültür bitkisinin farklı meyvelerinden elde edilen farklı oleoresin ekstraktlarında farklılık gösterebilir. Bu konsantrasyon, yüksek performanslı likid kromatografi (HPLC) yöntemi ile ölçülebilir. Bu parametre, OC preparatlarının keskinlik seviyesini belirlemek için en tutarlı gösterge ve SHU ile yüzde OC değeri arasında bir dengeleme faktörü olarak kabul edilir.

İkinci etken, sprey için kullanılan çözücüdür. Spreylerin çoğu su, yağ- veya köpük-bazlıdır. Su-bazlı çözücüler daha az toksiktir. OC'yi suspansiyon içinde tutmak üzere emulsifiye edici propilen glikol veya polisorbata ile karıştırılır. Ancak, çözeltiye "anti-friz" maddeler ilave edilse de, soğuk ortamda donma gösterebilmektedir. Hidrofobik çözücü (alkol- veya eter-bazlı solüsyonlar) kullanıldığında, capsaicinin kornea epitelinden penetrasyonu da daha etkin olmaktadır. Bu nedenle alkol-bazlı (izopropil alkol veya denature etanol / propilen glikol gibi) spreylerin kornea epiteline potansiyel toksik etkileri vardır.

Üçüncü etken ise, spreyin püskürtücü gücüdür. Mücadele anında kullanılan bu gazlar, önerilen mesafeden daha yakından ve 2-3 saniyeden uzun süre püskürtüldüğünde direkt mekanik etki ("hidrolik iğne" etkisi) ile göze zarar verebilmektedir.⁵

Biber Gazı Kullanımı ve Oküler Etkileri

OC spreyi genellikle yüze doğru sıkılarak karşı tarafın etkisiz hale getirilmesi ve kontrol altına alınması amacıyla kullanılmaktadır. Deri, müköz membranlar ve gözlerde hızlı etki yapar. Sprey içindeki capsaicinoidler, müköz membranlarda inflamasyona neden olur. Deride şiddetli yanma hissi ve göze maruziyet olduğunda şiddetli ağrı ve geçici körlüğe neden olarak korku ve dezoryantasyon oluşturur.^{6,7}

Kimyasal yapısı gereği capsaicin hidrofobik çevrede bulunur;⁸ ve kornea yüzeyindeki hidrofobik lipid / polisakkarid tabakayı geçebilir. Böylece sinir uçlarına difüzyon gösterir ve seçici olmayan katyonik kanalları açar.⁹ Capsaicin, P maddesi (substance P) içeren nosiseptif sinir uçlarında hızlı bir depolarizasyon ve takiben bu sinir liflerindeki iletimde seçici bir blokaja neden olur.¹⁰ Oluşan nörojenik inflamasyon, ağrı, eritem, blefarospazm, gözyaşarması, nefes darlığı ve görme bulanıklığına neden olur.

İdeal bir kimyasal savunma spreyi öncelikle dokularda kalıcı bir yan etki veya hasar bırakmamalıdır. Ayrıca biyolojik olarak kolay bozulmalı, dokulardan kolaylıkla temizlenebilmeli ve bir süre sonra etkisini kaybetmelidir. OC maddesi, "gözyaşı gazı" olarak bilinen diğer kimyasallara [yani, CS gazı (o-chlorobenzyl-idenemalononitrile) ve CN gazı (2-chloro-acetophenone)] göre daha ucuz olması, daha hızlı etki göstermesi ve daha etkili olması gibi özellikleri nedenleriyle tercih edilmektedir.⁴ Ancak, bradikardi, hipotansiyon, solunum yetmezliği nedeniyle ani ölüm vakaları bildirilmiştir.^{2,11,12} Tüm bu kişisel savunma kimyasalları, oküler iritasyon, konjunktivit, blefarospazm ve hafif-orta respiratuar rahatsızlık yaratarak karşıdaki insanı etkisiz hale getirmeyi hedefler.¹³

Biber gazına maruziyetin kornea ve oküler yüzey üzerindeki etkilerini inceleyen hayvan modellerinde uzun süreli OC maruziyeti ile korneanın duyu denervasyonu ve buna bağlı olarak yara iyileşmesinde gecikme ve kronik kornea epitelyopatisi gösterilmiştir.¹⁴ Bu konuda yapılmış insan çalışmaları ise sınırlıdır. Bu çalışmaların sonuçları değerlendirilirken, kullanılan biber gazı bileşikleri ve eğitim ünitelerinde yapılan araştırmalarda biber gazının belirli bir mesafeden ve belirli bir süre sıkıldığı, belirli bir süre sonrasında da dikkatlice yıkıldığı göz önüne alınmalıdır. Ayrıca, araştırma amaçlı biber gazı uygulamalarında, olgulara bronkospazm gelişmemesi için maruziyet öncesi derin nefes aldırılmaktadır. Oysa kişisel veya toplumsal olaylarda maruziyet bu kadar kontrollü olmamakta, biber gazı çok yakından ve / veya çok uzun süre gözle temas edebilmektedir.

Bu güne kadar bildirilen insan çalışmalarında, göze OC maruziyetinden sonra en yoğun olarak ağrı ve blefarospazm yaşandığı, göz yaşarması ve bulanık görmenin de eşlik ettiği

görülmüştür.¹ Maruziyetinden sonra toplam 15-30 dakika süren geçici körlük oluşabilir. Ancak biber gazına verilen cevap, ağrı duyusundan bağımsızdır; bu nedenle ilaç bağımlılığı ve alkole bağlı sarhoşluk gibi ağrı hissedilmeyen durumlarda da etkilidir. Belirtiler, maruziyetten sonra 3-5 saniye içinde başlamakta ve sonraki 15-60 dakika içinde yavaş yavaş azalarak kaybolmaktadır. Deride eritem, konjunktiva ve siliyer enjeksiyon, konjunktivanın hafifçe alkalın (pH=8 civarı) olması da görülmektedir.^{1,15} Daha önemli olarak kornea duyusu şiddetli derecede azalmakta, maruziyetten sonraki 10. dakikada sıfır değerine kadar düşmekte, 1 saat sonra ise kısmi olarak geri gelmektedir. Ancak biber gazına 50 cm uzaklıktan maruz kaldıktan sonra göz yıkaması yapılmayan bir olguda, maruziyetten üç hafta sonra bile Cochet-Bonnet esteziyometresi ile ölçülen kornea duyarlılığının 0 mm'ye kadar indiği bildirilmiştir. Bu olguda 6 hafta sonra halen kornea duyarlılığında düzelleme gerçekleşmemiş, in vivo konfokal mikroskopide subbazal sinir lifi demetlerine kalıcı hasar bulguları görülmüştür. Beş ay sonra ise göz kuruluğu belirtilerinin devam ettiği görülmüştür.⁵ Ayrıca, tekrarlayan biber gazı maruziyeti durumunda da kornea duyarlılığında uzun dönemli değişiklikler gerçekleşebilir.¹⁶ Bu durum, capsaisin maddesinin miyelinsiz ve ince miyelinli aferent sinir liflerini tercihen etkilemesi, hızlı bir depolarizasyon ardından daha ileri nöronal iletimin blokajı ile açıklanabilmektedir.¹ Çoğu olguda kalıcı görme kaybı olmasa da, göz kuruluğu şikayeti devam edebilmektedir.⁵

Zollman ve ark.¹ tarafından yapılan prospektif randomize çalışmada su bazlı iki farklı sprej (Def+tec, 0,5 milyon SHU ve Southern Cross Tactical Defense Spray, 1 milyon SHU), toplam 47 polis akademisi öğrencilerinin eğitimlerinin bir parçası olarak, yüzlerine doğru 1 metre uzaklıktan belirli süre için biber gazı püskürtülmüş, o halde polis arabalarını bulup kilit açma eğitimi tamamlandıktan sonra duşa girerek bebe şampuanı ve bol su irrigasyonu ile dikkatlice dekontaminasyona izin verilmiştir. Olgular sadece 1 hafta süreyle takip edilmişlerdir. Bronkospazm riskine karşı, spreji püskürtmeden önce nefeslerini tutmaları istenmiştir. Bu çalışmada kullanılan su bazlı biber gazı sprejleri, tüm biber gazlarını temsil etmemektedir. Alkol bazlı formül içeren sprejlerin kornea epiteline potansiyel toksik etkileri ile olası daha vahim sonuçları bu çalışmada görülmemiştir. Bu çalışmada biber gazı maruziyeti oldukça kontrollü olarak gerçekleştirilmiş ve erken dönemde gözden uzaklaştırılmasına izin verilmiştir. Göreceli olarak oldukça masum görünen sonuçların, günlük hayatta karşımıza çıkabilecek her durum için geçerli olmayabileceği unutulmamalıdır. Epstein ve ark.²⁰ biber gazı maruziyetinden sonra elleri kelepçelendiği için 9 saatten uzun süre boyunca gözlerini yıkayamayan bir hastanın korneasında stromal inflamasyon ile birlikte, yaklaşık 5 günde iyileşen epitel defekti bildirmişlerdir. Bu olguda ardakalan yüzeyel stromal opasite, düzensiz astigmatizmaya bağlı görme

keskinliğinde kalıcı azalmaya neden olmuştur. Bu nedenle biber gazının masum bir gaz olmadığını, en azından maruziyet sonrası gözler yıkanmadığında tehlikeli olabileceğini belirtmişlerdir.

Biber gazı maruziyeti sonrası kornea abrazyonu %7-22 oranında bildirilmiştir.^{1,15,17} Kornea abrazyonu, biber gazı bileşiği, taşıyıcı / püskürtücü madde veya hastaların iritan etki nedeniyle şiddetli göz ovuşturmaları sonucunda oluşabilir. In vivo konfokal mikroskopide kornea epitelinde punktat epitel düzensizlikleri gösterilmiştir.¹⁶ Ayrıca, kornea yüzeyinden 390 µm'ye kadar posteriora uzanan stromada artmış reflektivite, keratosit aktivasyonu ve epitel tabakasında kanat hücreleri sınırlarının reflektansında artış gösterilmiştir.⁵

Brown ve ark.¹⁵ retrospektif olarak dosyalarını inceledikleri biber gazı maruziyeti nedeniyle acil şartlarda başvuran 100 vakanın 7'sinde korneada abrazyon olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada, o dönemde kullanımda olan biber gazlarının tümünün %10 konsantrasyonda olduğu bildirilmekte, ancak SHU değeri verilmemektedir. Acil serviste uygulanan tedavi şemasına göre oküler pH ölçümü ve floresein ile oküler yüzey boyaması yapıldıktan sonra gerekli görülmesi durumunda topikal anestezi damlası ve 2 litre salin ile irrigasyon uygulanmıştır. Watson ve ark.¹⁷ ise kornea abrazyon oranını %8,6 olarak vermişlerdir. Ancak bu çalışmalarda, acil servise başvuran kolluk güçleri tarafından tehlikeli bulunarak biber gazı püskürtülen, sıklıkla alkol veya diğer ilaçların etkisi altında olabilen ve şiddetli semptomları olan olguların hepsinin ayrıntılı göz muayenesinin yapılamamış olabileceği ve kornea abrazyonu gibi bazı detayların gözden kaçırılmış olabileceği özelleştirisi yapılmaktadır.¹⁵ Bu nedenle, biber gazı etkisinde ortaya çıkan kornea lezyonlarının, retrospektif çalışmalarda bildirilenden çok daha yüksek oranlarda olması beklenebilir. Lee ve ark.¹³ da polislerin eğitimleri esnasında kullandıkları %5'lik biber spreji ile polislerin %23'ünde floresein ile kornea boyanması saptamışlardır.

OC maruziyetinin uzun dönemdeki toksik etkileri ise çok iyi bilinmemektedir. Sinir uçlarındaki harabiyete bağlı olarak daha sonra nörotrofik keratit gelişimi veya kornea yara iyileşmesinde bozulma riski olabilir.¹ Kornea epitelinde %100'e varan genişlikte hasar ve kornea ödemi, limbus ve konjunktivada yaygın iskemi, sirküler konjunktiva kemozisi, ileri dönemde nörotrofik keratit ve derin stroma skarı gelişimi bildirilmiştir.^{5,18} Bu yaygın göz hasarından capsaisin / benzil alkol karışımı veya sprejin fişek özelliği ile ilişkili ilave kimyasallar (nitroselülöz und sinoxid) sorumlu olabilir.¹⁸ Oküler yüzey hasarı ve eş zamanlı inflamasyon ve kornea ve konjunktiva invazyonu sağlayan trigeminal sinirin oftalmik dallarında hasar oluşması nedeniyle kuru göz belirtileri devam edebilir.⁵

Amerika Federal Araştırma Bürosu (FBI) ateşli silahlar eğitim ünitesi tarafından 2 yıl süren bir çalışmada biber gazı

ile uzun dönemde kalıcı hiçbir hasarın gelişmediği ve sağlık riski taşımadığı bildirilmiştir.¹⁹ Ancak tutuklulara karşı biber gazı püskürtülmesi sonrası bradikardi ve hipotansiyon nedeniyle ölüm dahi bildirildiği unutulmamalıdır.¹¹

Biber Gazı Maruziyetinde Tedavi Yaklaşımı

Biber gazına maruz kalındığında öncelikle kişi sakinleştirilmeli, rahat nefes alabileceği bir ortama taşınmalı, pulmoner ve kardiyak açıdan stabilizasyonu sağlanmalıdır. Gözler hızla ve bol suyla yıkanarak kimyasal madde uzaklaştırılmalı, daha sonra kornea epitelizasyonunu hızlandırıcı ve inflamasyonu kontrol altına alıcı tedavi (steroid olmayan anti-inflamatuar ilaçlar ve kortikosteroidler) yakın takip altında uygulanmalıdır.⁵ Prospektif bir çalışmada erken dönemde lokal anestezi kullanımının ağrıyı azalttığı, topikal flurbiprofen ve suni gözyaşı damlalarının ise etkisiz olduğu bildirilmiştir.¹ Diğer taraftan topikal lokal anestetik maddelerin ardışık kullanımının mitoz ve hücre migrasyonunu inhibe etme ve kornea duyusunu azaltma yoluyla direkt toksik etki ihtimali de unutulmamalıdır.²¹ Hayvan çalışmalarında kalsiyum kanal antagonistlerinin²² ve seçici capsaicin blokörü olan capsazepinin²³, capsaicin ile ilişkili oküler ağrıyı azalttığı bildirilmiştir; ancak bu ilaçlar topikal kullanım için hazır değildir.

Gözde gerçekleşen hasarın derecesine bağlı olarak kornea epitelinin iyileşme süresi birkaç gün ile haftalar arasında değişebilir. Kornea epitelinin iyileşme göstermemesi veya tekrarlayan kornea erozyonları varlığında, bandaj kontakt lens, otolog serum, epitel debridmanı, anterior stroma iğnelemesi, ekzimer laser fototerapötik keratektomi ve amniyotik membran uygulamaları gibi tedavi seçenekleri denenebilir.²⁴ Maruz kalan gözde kontakt lens var ise hemen uzaklaştırılmalıdır. İki defa temizlenen kontakt lensde bile OC kalıntısı görülebildiği için, bu lenslerin tekrar kullanımı önlenmelidir.¹³

Kaynaklar

- Zollman TM, Bragg RM, Harrison DA. Clinical effects of oleoresin capsaicin (pepper spray) on the human cornea and conjunctiva. *Ophthalmology*. 2000;107:2186-9.
- Haas JS, Whipple RE, Grant PM, Andresen BD, Volpe AM, Pelkey GE. Chemical and elemental composition of two formulations of oleoresin capsaicin. *Science & Justice* 1997;37:15-24.
- Hoffman PG, Lego MC, Galetto WG. Separation and quantitation of red pepper major heat principles by reverse-phase high performance liquid chromatography. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 1983;31:1326-30.
- Technology Assessment Program Information Center. Oleoresin capsaicin: pepper spray as a force alternative. National Institute of Justice, Washington DC, 1994;1-6.
- Holopainen JM, Moilanen JAO, Hack T, Tervo TMT. Toxic carriers in pepper sprays may cause corneal erosion. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 2003;186:155-62.
- Govindarajan VS, Sathyanarayana MW. Capsaicin: production, technology, chemistry, and quality. 5. Impact on physiology, pharmacology, nutrition, and metabolism – structure, pungency, pain, and desensitization sequences. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1991;29:435-74.
- Cordell GA, Araujo OE. Capsaicin: identification, nomenclature, and pharmacology. *The Annals of Pharmacotherapy*. 1993;27:330-6.
- Aranda FJ, Villalain J, Gomez-Fernandez JC. Capsaicin affects the structure and phase organization of phospholipid membranes. *Biochim Biophys Acta*. 1995;1234:225-34.
- Wood JN, Winter J, James IF, Rang HP, Yeats J, Bevan S. Capsaicin-induced ion fluxes in dorsal root ganglion cells in the culture. *J Neurosci*. 1998;8:3208-20.
- Lynn B, Shakhaneh J. Substance P content of the skin, neurogenic inflammation and numbers of C-fibres following capsaicin application to a cutaneous nerve in the rabbit. *Neuroscience*. 1988;24:769-75.
- Steffee CH, Lantz PE, Flannagan LM, et al. Oleoresin capsaicin (pepper) spray and "in-custody-deaths." *Am J Forensic Med Pathol*. 1995;16:185-92.
- Niemcunowicz-Janica A, Ptasyńska-Sarosiek I, Wardaszk Z. [Sudden death caused by an oleoresin capsaicin spray]. *Arch Med Sadowej Kryminol*. 2009;59:252-4.
- Lee RJ, Yolton RL, Yolton DP, Schnider C, Janin ML. Personal defense sprays: effects and management of exposure. *J Am Optom Assoc*. 1996;67:548-60.
- Gallar J, Pozo MA, Rebollo I, Belmonte C. Effects of capsaicin on corneal wound healing. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1990;31:1968-74.
- Brown L, Takeuchi D, Challoner K. Corneal abrasions associated with pepper spray exposure. *Am J Emerg Med*. 2000;18:271-2.
- Vesaluoma M, Müller L, Gallar J, et al. Effects of oleoresin capsaicin pepper spray on human corneal morphology and sensitivity. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2000;41:2138-47.
- Watson WA, Stremel KR, Westdorp EJ. Oleoresin capsaicin (Cap-Stun) toxicity from aerosol exposure. *Ann Pharmacother*. 1996;30:733-5.
- Kniestedt C, Fleischhauer J, Stürmer J, Thiel MA. [Pepper spray injuries of the anterior segment of the eye]. *Klin Monbl Augenheilkd* 2005;222:267-70.
- Onnen J. Oleoresin capsaicin. *International Association of Chiefs of Police Executive Brief*. 1993; 1 4.
- Epstein RJ, Majmudar PA. Pepper spray in the eye. *Ophthalmology*. 2001;108:1712.
- Peyman GA, Rahimy MH, Fernandes ML. Effects of morphine on corneal sensitivity and epithelial wound healing: implication for topical analgesia. *Br J Ophthalmol*. 1994;78:138-41.
- Gonzalez GG, Garcia de la Rubia P, Gallar J, Belmonte C. Reduction of capsaicin-induced ocular pain and neurogenic inflammation by calcium antagonists. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1993;34:3329-35.
- Perkins MN, Campbell EA. Capsazepine reversal of the antinociceptive action of capsaicin in vivo. *Br J Pharmacol*. 1992;107:329-33.
- Ramamurthi S, Rahman MQ, Dutton GN, Ramaesh K. Pathogenesis, clinical features and management of recurrent corneal erosions. *Eye (Lond)*. 2006;20:635-44.