

ESTUDIO SOBRE QUEMADURAS OCULARES PRODUCIDAS POR LAS BASES

Diversas Técnicas de Lavado

Patrice Josset

Jefe de equipo, Servicio de Anatomía Patológica (Pr. L. Orcel).
Hospital Saint-Antoine, Paris.

Colaboradores:

Beatrice Pelosse. Oftalmólogo.

Jacques Blomet. Farmaceutico.

Norbert Vieux. Médico de Empresa.

Marie-Claude Meyer. Oftalmólogo.

Joel Blomet. Ingeniero fisico-quimico.

INTRODUCCION

Las quemaduras oculares son todavía accidentes frecuentes en industrias y laboratorios a pesar de la obligación de utilizar, como medida de seguridad, gafas protectoras.

Las lesiones causadas por los ácidos y las bases fuertes provocan a menudo consecuencias dramáticas sobre la función ocular y la prevención de estas secuelas nos parece un objetivo muy importante.

Hemos estudiado los métodos empleados actualmente en la industria.

De hecho, son dos los que existen:

- el sistema de Lav' ojo con soluciones isotónicas, tampón o no;
- el enjuagado con agua, utilizando diferentes sistemas de duchitas adaptadas para el lavado de los ojos y el rostro.

Las recomendaciones actuales siguen aún en favor de los enjuagues con agua corriente, sea cual sea el agente causal de la quemadura; sin embargo, muchos estudios experimentales han mostrado el interés de los enjuagues con soluciones isotónicas e isotónicas-tampón.

Con el propósito de comprobar y profundizar estos resultados hemos emprendido procedimientos experimentales en los laboratorios y servicios de Anatomía Patológica y de Oftalmología del Hospital "Saint-Antoine" de Paris.

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL OJO CON RELACION A LAS QUEMADURAS QUIMICAS

La córnea, a la cual se limita este estudio, comprende de adelante hacia atrás:

- un epitelio malpigiano
- un estroma conjuntivo no vascularizado, hidratado y transparente.
- una capa posterior de células endoteliales aplanadas, cuyo papel primordial es el mantenimiento de la transparencia corneana, gracias a un mecanismo de bombeo del agua que se desarrolla en el estroma para mantener su hidratación en un cierto limite.

La córnea del ojo es una membrana semi-permeable, lo mismo que la

piel, en equilibrio osmótico entre el líquido intraocular y las lágrimas. La presencia de cuerpos extraños, debida a proyecciones, acarrea un desequilibrio por parte y otra de la pared, produciendo un flujo de materias entre los dos lados (fig. 1) tendente a restablecer los equilibrios termodinámicos. Se obtiene así un flujo de los constituyentes iónicos y proteínicos del medio hipertónico hacia el medio hipotónico y un flujo de disolvente y de los constituyentes no incluidos en la solución hipertónica en sentido contrario (3). En el caso de quemadura, los fenómenos de migraciones osmóticas se acrecentan paralelamente a la necrosis de los tejidos externos. En ciertos casos de grandes quemados, el riego con líquido hipotónico ha provocado edemas importantes.

Si se asemeja la quemadura a una variación de estado químico, la introducción sobre el epitelio de iones H^+ o OH^- , muy conocidos en química por su agresividad, puede provocar sobre esta membrana unas clásicas reacciones ácido-básicas o unas catálisis. Los iones H^+ provocan una coagulación de las proteínas que detienen así su propia pene-

tración mientras que los iones OH^- actúan por catálisis y penetran profundamente. Así se puede comprobar (7) que esta membrana es mucho más sensible a los iones H^+ que a los iones Fluor tan reputados por su gran agresividad. Es notoriamente conocido (en el estudio de las quemaduras gástricas) que la quemadura es esencialmente una función del pH, es decir de la concentración en iones H^+ o en iones OH^- sobre los tejidos.

Aunque una proyección de líquido sobre el rostro pueda ser de varios litros, la cantidad máxima que llega sobre el ojo es bastante reducida, debido por una parte a la pequeña superficie de ese y por otra al movimiento reflejo del párpado que barre el excedente de líquido. O sea algo como 0,2 ml., si se admite un diámetro de ojo del orden de 1 cm. y un espesor de líquido de 3 mm.

METODO DE DESCONTAMINACION

Hay que distinguir dos grupos de métodos de descontaminación según los lugares de utilización y la capacidad de las personas que deben intervenir. El primer grupo corresponde a los métodos empleados directamente en el hospital bajo vigilancia médica con intervención de especialistas. Se pueden citar las perfusiones de calcio en los casos de quemaduras por ácido fluorhídrico (7). El segundo grupo corresponde a unos procedimientos de lavado utilizables sin conocimientos particulares y empleando materiales muy sencillos.

Actualmente existen dos métodos:

- El lavado con gran cantidad de agua que tiene como fundamento los efectos de dilución y arrastre.
- El lavado con soluciones isotónicas a las lágrimas o con soluciones tampón especiales.

DILUCION POR AGUA

La dilución consiste en disminuir el efecto de los iones (H^+ o OH^-). La actividad de esos iones siendo pro-

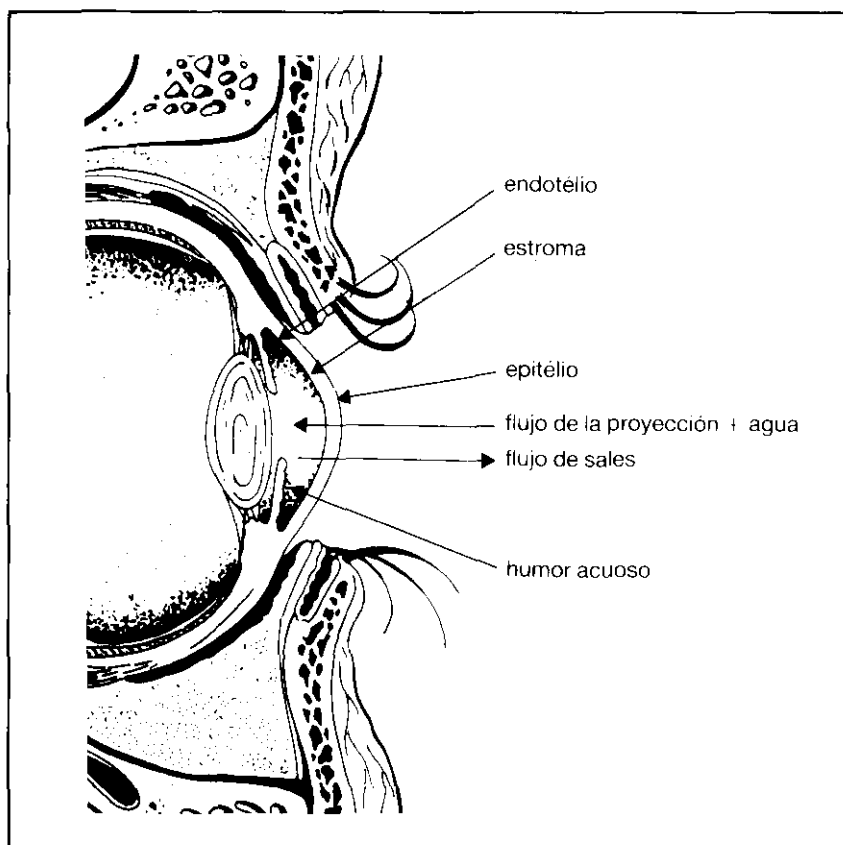


FIGURA 1 El agua, siendo hipotónica, crea un flujo hacia el centro hipertónico, para restablecer los equilibrios termodinámicos.

porcional a su concentración, la cantidad de agua necesaria para pasar de un pH de 14 (NaOH 1 vez molar) a un pH de 7 es muy importante. En efecto, si el accidente es provocado por sosa 1 vez normal, tendremos entonces en el ojo una cantidad de iones OH^- de 10^{-4} moles; para obtener un pH de 7, hay que volver a una concentración de 10^{-7} moles por litro o sea diluir los 10^{-4} moles en 1000 litros. . . Felizmente, el efecto de arrastre desempeña una función muy importante y permite llevar esas cantidades a unas cifras más razonables. Sin embargo, los trabajos de Laux y de sus colaboradores demuestran que los efectos desaparecen al cabo de 9 horas de tratamiento en el caso de la sosa 1N. (1)

El principal defecto del agua, además de la lentitud de su acción, es también su hipotonicidad. El agua penetra entonces por efecto osmótico en el estroma arrastrando con ella partículas de sosa (o de ácido) y provoca edema y lesiones endoteliales.

DILUCION POR SOLUCIONES ISOTONICAS A LAS LAGRIMAS

Aunque los mismos efectos se puedan conseguir por dilución con agua, las soluciones isotónicas tienen la ventaja de detener la penetración (3) de la proyección regulando las presiones osmóticas. En efecto, el equilibrio de dichas presiones siendo inmediatamente restablecido por la adición de estas soluciones, la cantidad de iones OH^- que penetra en el ojo no es ya debida al efecto de arrastre del solvente, pero únicamente a efectos secundarios que hacen intervenir solamente propiedades de esos iones.

Así, y además de sus conocidos efectos calmantes del dolor, la ventaja importante del empleo de soluciones isotónicas es su propiedad de regulación osmótica que impide la penetración de las partículas nocivas.

NEUTRALIZACION POR SOLUCIONES ISOTONICAS TAMPON

Las soluciones tampón tienen al mismo tiempo características ácidas y básicas. Al aislar algunos de esos productos y gracias a sus propiedades se puede estabilizar el pH alrededor de un pH de referencia, sea que se agregue ácido o base. Es por eso que estas soluciones son tan interesantes (1) por su actividad de neutralización, a pH fijado, de las proyecciones. En efecto, la presencia de sosa en un ojo es muy rápidamente suprimida por una solución tampón. Por ejemplo, para reabsorber sosa 1 vez molar con solución anti-base, y prosiguiendo con las cifras del primer ejemplo, basta con 1 cm³ de anti-base para obtener el pH de 7. Además, estas soluciones pueden ser isotónicas, lo que permite combinar las ventajas de la neutralización con las del equilibrio osmótico logrando así, de ese modo, una mejor descontaminación.

EFFECTO TERMICO DEBIDO A LA NEUTRALIZACION

La costumbre nos enseña que las reacciones de neutralización ácido-base son muy exotérmicas y que provocan importantes elevaciones de temperatura. Pero esas variaciones están en realidad vinculadas a la familia de los productos empleados. Con las soluciones tampón, las reacciones siendo reversibles y las cantidades puestas en juego diferentes, los aumentos de temperatura son muy distintos.

En el caso de sosa 10 veces normal (muy concentrada), la neutralización con ácido clorhídrico desprende una elevación de 18 grados para una cantidad de 1 cm³ mientras, en las mismas condiciones, la neutralización de una solución de sosa (10 N) con una solución anti-base produce solamente una elevación de temperatura de 0,5 grado.

MATERIAL Y METODOS

La serie de estudios que hemos realizado lo fueron sobre las lesiones

provocadas por la sosa en función de los diferentes métodos de lavado ocular. Esas investigaciones fueron circunscritas principalmente a las primeras 24 horas siguientes a las quemaduras: como se sabe, es en ese periodo de tiempo que se condiciona el pronóstico funcional a largo plazo.

Hemos utilizado cincuenta y cinco conejos albinos repartidos en cuatro series. La primera y la segunda serie, cada una de trece conejos, han sido dedicadas al estudio de las lesiones histológicas. La tercera y la cuarta serie, de trece y de diez y siete conejos respectivamente, han sido dedicadas al estudio histológico y también a la medida del pH extra e intraocular en la cámara anterior.

La quemadura ocular fue efectuada en las tres últimas series con la ayuda de un tapón de papel-filtro de 1 cm de diámetro, mojado en sosa y escurrido, aplicado durante 30 segundos sobre el ojo del animal anestesiado al éter.

Inmediatamente después de haber retirado el tapón que contenía el agente cáustico, el ojo era lavado durante tres minutos, sea con agua corriente utilizando una duchita especial, o sea con dos soluciones: una, isotónica a las lágrimas y la otra, isotónica y tampón, denominada solución anti-sosa.

En la tercera serie, el pH de las lágrimas fue medido a intervalos regulares hasta el momento del sacrificio.

En la última serie, los controles de pH extraocular e intraocular medido por punción de la cámara anterior fueron efectuados en el momento del sacrificio.

Los animales fueron sacrificados después de un tiempo que varió entre tres minutos y 24 horas después de la quemadura.

Se puede notar, a propósito de este protocolo, que los tiempos elegidos constituyen una aproximación del tiempo necesario para que un herido pueda llegar, solo o con ayuda, al puesto más próximo.

RESULTADOS

1. MEDIDAS DEL pH

Las medidas del pH fueron realizadas con la ayuda de cintas reactivas (Marca Merck) que permiten la lectura escalonada de 0,2 en 0,2 unidad.

El pH extraocular es medido directamente por aplicación de la cinta en el fondo del saco conjuntival inferior. El pH del humor acuoso lo es por punción en la cámara anterior al momento de sacrificar el animal. La medida se efectuará solamente una vez por cada ojo, ya que las extracciones repetidas del líquido de la cámara anterior tendrían consecuencias sensibles sobre la concentración de iones OH⁻ y por lo tanto sobre su pH. Gracias a esta punción, se dispone de una cantidad suficiente de líquido para efectuar varias medidas con cintas reactivas provistas de indicadores de colores surtidos que permiten una lectura de resultados muy fiables.

a) Medida del pH extraocular

Las medidas reagrupadas en el cuadro I demuestran que la vuelta de un pH normal se hace lentamente con el agua, mucho más rápidamente con la solución isotónica y casi instantáneamente con la solución isotónica tampón.

Los cálculos teóricos enseñan que el regreso a un pH normal con la solución tampón se obtiene en un segundo. Nuestras experimentaciones demuestran que se alcanza ese resultado en solo diez segundos.

b) Medida del pH intraocular

El cuadro II, que reúne los resultados obtenidos, demuestra que al cabo de tres minutos después de la quemadura el pH es de 8 con las soluciones isotónicas y de 8,7 con el agua. Después, el pH sigue aumentando durante 10 minutos para luego bajar hasta alcanzar una zona de pH normal en treinta minutos con las soluciones isotónicas y en cuatro horas con el agua. La solución tampón demuestra una ascensión menor y un descenso más rápido y más importante con una pequeña subida

característica de la curva de automatismo.

Es interesante observar también las cifras del comienzo que permiten explicar las lesiones histológicas descritas más adelante. Al utilizar agua, se sube a zonas de pH muy elevadas que destruyen las células del endotelio. Aunque el lavado por agua sea proseguido durante muchísimo tiempo, es esta subida inicial la que condiciona el pronóstico final.

ponsable de la pérdida de transparencia de la córnea. Edema debido, por supuesto, a la penetración de líquido en el interior de la córnea pero sobre todo a la alteración de la función de las células endoteliales situadas en la parte posterior del estroma y cuya misión es la de bombear los líquidos que allí se encuentran.

El estroma presenta, en su parte anterior, una alteración de sus propiedades tintoriales en relación con

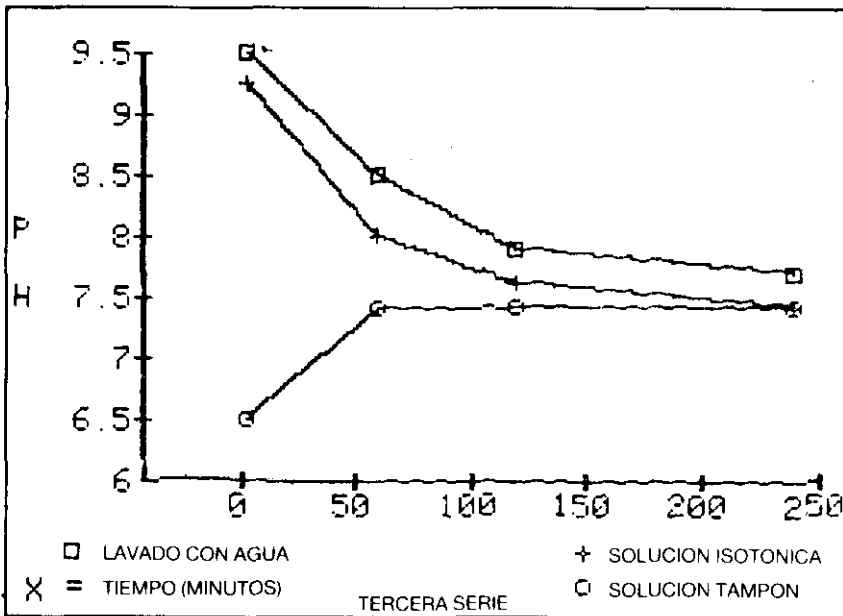
unas modificaciones químicas y físicas que se parecen mucho a las lesiones de coagulación tal cual se observan en las lesiones térmicas. Este mecanismo nos parece posible en la medida en que el contacto de la sosa con el ojo provoca un desprendimiento térmico como toda reacción química irreversible.

Los estudios que hemos efectuado previamente demuestran que existe, en los casos de lavado con agua, una destrucción completa de las células endoteliales cuyos residuos se observan a veces flotando en la cámara anterior (foto 1).

Cuando el ojo es lavado con una solución isotónica a las lágrimas, las células del endotelio subsisten parcialmente y presentan lesiones de hinchazón citoplásmica correspondiente a un edema pero su cantidad es aún bastante importante (foto 2).

Y, por fin, cuando se emplea la solución isotónica tampón, las células del endotelio presentan algunas variaciones morfológicas pero su cantidad disminuye muy poco (foto 3).

Esta importante cantidad de células ejerce una influencia muy grande sobre la recuperación de las capacidades funcionales de la córnea, y los estudios que hemos efectuado parecen demostrar, además, un crecimiento más rápido del epitelio corneal, lo que explica, a nuestro pare-



CUADRO 1: Medidas del pH extraocular

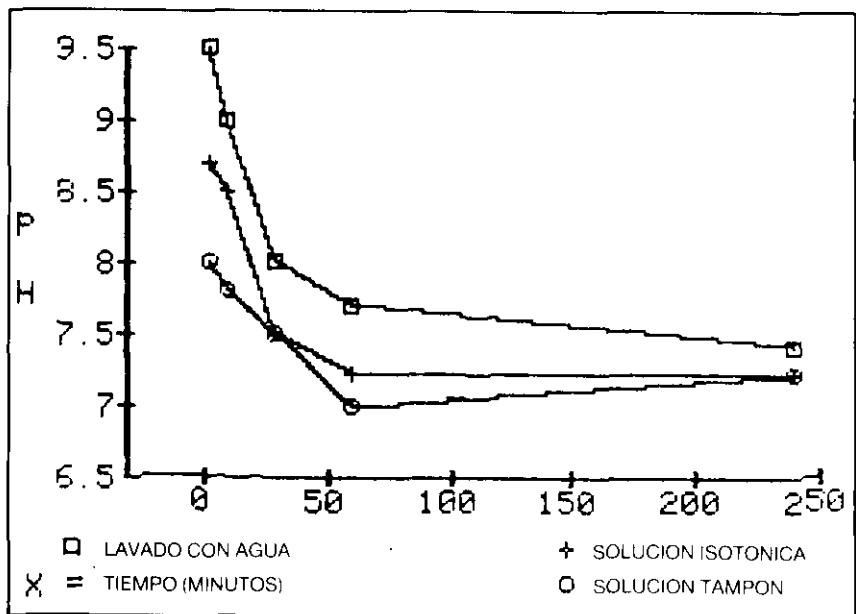
2. HISTOLOGIA

La sosa, en la concentración utilizada (1N), destruye siempre el epitelio superficial y, sea cual sea el tratamiento utilizado, no hay posibilidad de preservarlo ya que está destruido prácticamente de inmediato durante la aplicación del caústico.

Todas las series muestran, por consecuencia, una ulceración del epitelio desde los primeros minutos.

El estroma subyacente al epitelio, separado de este por la membrana de Bowman, muestra un edema variable según las soluciones empleadas: aparece importante con el agua, visible con las soluciones isotónicas y de menor importancia con las soluciones isotónicas tampón.

Este edema del estroma es res-



CUADRO 2: Medidas del pH extraocular

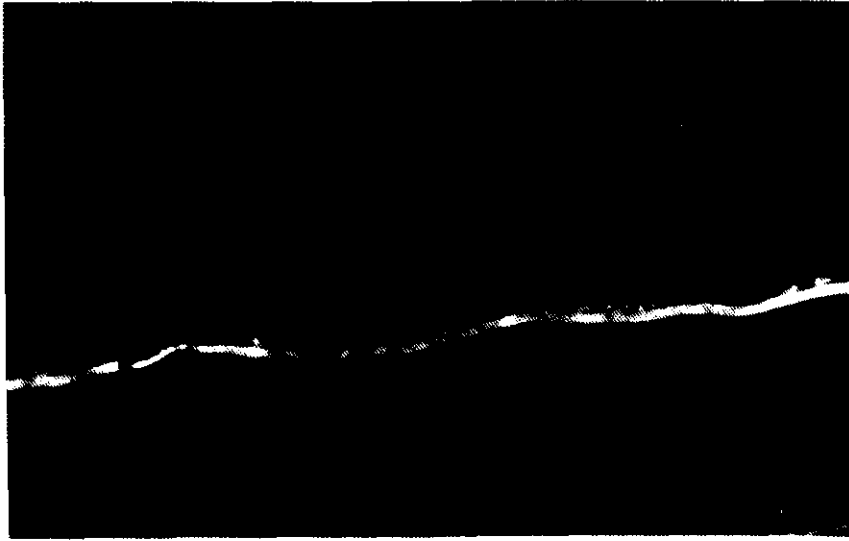


FOTO 1 Lavado con agua.

cer, el restablecimiento de una función corneana normal que favorece la reconstitución del epitelio.

DISCUSION

Puede parecer sorprendente, a primera vista, el poner en tela de juicio el dogma del lavado ocular con agua. Sin embargo, las evidencias físico-químicas pleiteaban ya en favor de la utilización de soluciones isotónicas a las lágrimas, también tampón. Los resultados que presentamos confirman plenamente este punto de vista, y conviene recordar que diferentes autores mostraron que la utilización de soluciones isotónicas reducía al mínimo las lesiones de las células endoteliales y evidenciaba una mejor regeneración celular.

En los trabajos efectuados, se habían utilizado las soluciones isotónicas sea en aplicación externa o sea por lavado de la cámara anterior (Bennett y col., Korey y col.). Los autores habían demostrado igualmente la importancia de intervenir durante la media hora que sigue a la quemadura.

Nuestros resultados nos incitan a pensar lo que es una evidencia: es preciso intervenir lo más urgentemente posible y, sobre todo, desde los primerísimos minutos.

Las medidas del pH muestran que se necesita alrededor de una media hora para que este vuelva a un valor vecino de lo normal empleando soluciones isotónicas, mientras que se necesitan cerca de cuatro horas para obtener el mismo resultado con agua.

Esto se explica a la vez por la acrecentada penetración de la sosa favorecida por el movimiento del fluido hacia el interior del ojo, y también por la reducida capacidad de neutralización del agua. Es cierto que se requieren caudalosas cantidades de agua comparativamente con el modesto volumen de soluciones isotónicas, tampón o no, que se necesitan.



FOTO 2 Lavado con la solución isotónica

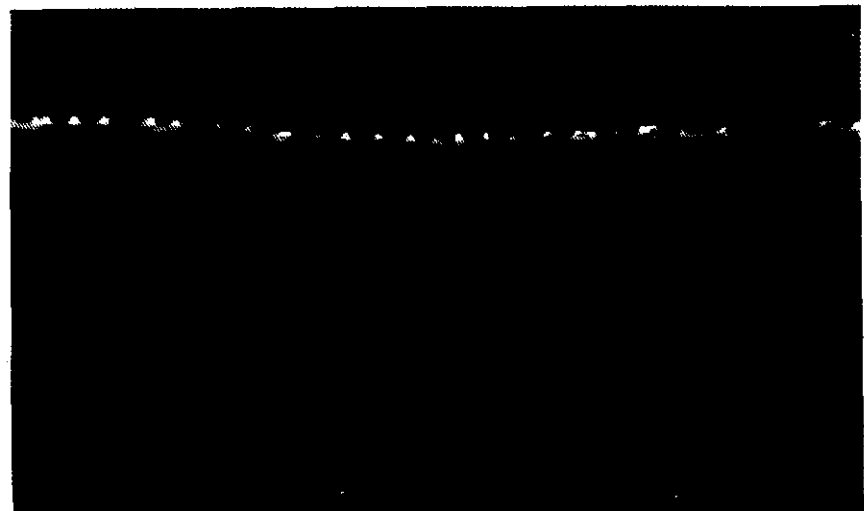


FOTO 3 Lavado con la solución tampón anti-sosa.

CONCLUSION

Los estudios llevados a cabo en los primeros minutos y horas siguientes a una quemadura ocular por sosa muestran que la utilización de soluciones isotónicas y, particularmente, de soluciones isotónicas tampón, restablece mucho más rápidamente el pH extra y sobre todo intraocular. Se preservan también una gran cantidad de células endoteliales que son destruidas cuando se lava el ojo con agua corriente.

Por lo tanto, parece cierto que la utilización de soluciones isotónicas tampón ofrece mejores probabilidades de conservar una función ocular correcta en los accidentes oculares por quemadura.

BIBLIOGRAFIA

1. BENETT, T. U.; PEYMAN, G. A.; RUTGARD, J. *Intracametal phosphate buffer in alkali burns.* *Can. J. Ophtalmol.* 1978, Apr: 13 (2): 93-5.
2. BREWITT, H., HONEGGER, H. *Early morphological changes of the cornea epithelium after burning with hydrochloric acid. A scanning electron microscope study.*
3. KOREY, H.; PEYMAN, G. A.; BERKOWITZ, R. *The effect of hypertonic ointments on corneal alkali burns.* *Ann. Ophtalmol.* (nov. 1977): 9 (11): 1383-7.
4. CRABB, Cecil V. *A light microscopic study of groudns substance changes in alkali burnt corneas.* *Ann. J. Ophtalmol.*, 86: 92-96, 1978.
5. DONSTICA, P. C.; BEIMAN, M. B.; DOHLMANN, C. H.; ROSE, J. *Effect of tropical corticosteroids on ulceration in alkali burnt corneas.* *Arch. Ophtalmol.*, 1978 (Nov.); 96 (11): 2117-20.
6. CAUX, U.; ROTH, H. W.; KEY, H.; STEINHARDT, B. *Aqueous humor pH in experimental eye burns influence of different treatment measures (author's transl.).* *Albrecht von Graefis Arch. Klin. ophtalmol.*, 1975, 195 (1): 33-40.
7. Mc CULLEY, J. P.; WHIHING, D. W., PETITT, M. G.; LOUBER, S. E. *Hydrofluoric acid burns of the eye.* *J. occus. Med.* 1983 (June); 447-50.
8. Mc CULLEY, J. P. *Chemical injuries "in the cornea".* *Smolin. Thaft.*, 1983.
9. OBENBERGER, J.; BABICKY, *Uptake of intravenousl, injected Na 125 1 and Na 131 1 into the corneas and iris.* *Albrecht von Graefes Arch., Klin. ophtalmol.* 194, 1, 65-72, 1975.
10. RENARD, G.; HIRSCH, H.; POULIQUEN. *Corneal changes dur to alkali burns.* *Trans. ophtalmol. Soc. U.K.* 98, 379-382, 1978.

Este pequeño libro pretende ayudarle a convertir su hogar en un lugar seguro. En él se analizan los principales riesgos que se pueden presentar en las distintas dependencias de su casa, así como las acciones a adoptar con el fin de evitar los accidentes.

Autor: Grupo de trabajo de INSHT.
 Coordinado por: Forest, M.
 Publicación de 44 págs.
 Editado en 1.983 por el INSHT.
 Precio de venta **50 ptas.** (+6% I.V.A.).

