

TENSIÓN SUPERFICIAL DE LA LÁGRIMA

SURFACE TENSION IN TEARS

TIFFANY JM¹

La película lagrimal preocular cumple un importante papel como vía nutricional, como superficie lisa que constituye el primer elemento del sistema refractivo visual y como medio para los mecanismos protectores y antimicrobianos de la superficie ocular. La formación y estabilidad de la película lagrimal tanto en el ojo sano como en el enfermo depende de las propiedades físicas de la lágrima, incluida la tensión superficial (TS).

La película lagrimal cubre por entero la superficie expuesta, con un menisco lagrimal limitante en los márgenes que rodean el ojo. La película contiene alrededor de 1 μ l, el menisco alrededor de 2.9 μ l y un poco más de volumen se encuentra bajo los párpados. Aunque el área de exposición de la película lagrimal es amplia, aproximadamente de 1-3 cm^2 , la película es muy fina (rango 2,7-11 μm) (1) y, en esa escala, las fuerzas gravitacionales que promueven el drenaje hacia abajo son menores que las fuerzas capilares, que son por tanto el factor dominante en el mantenimiento de la película lagrimal sobre la superficie ocular. La película se forma y se vuelve a formar en cada parpadeo, como parte de un continuo ciclo de (i) compresión durante la fase de cierre del parpadeo, donde los meniscos superior e inferior se fusionan y se añade nuevo fluido desde debajo del párpado superior, y (ii) la apertura, donde se obtiene una película lagrimal nueva a partir de los meniscos al ampliarse la hendidura palpebral. Esta fase de apertura y extensión ha sido imitada por Radke et al. (2), que obtuvieron la siguiente ecuación:

$$h = 2.123 R (\mu U / \sigma)^{2/3}$$

en la que h= grosor de la película lagrimal, R= radio de curvatura del menisco, σ = tensión superficial, μ = viscosidad lagrimal, U= velocidad de parpadeo.

Aunque su perfil puede variar, el menisco es siempre cóncavo; la ecuación de Young-Laplace indica la existencia de una diferencia de presión a lo largo de esta superficie curva que tiende a aspirar el fluido desde la película lagrimal hacia el menisco. Cuando el ojo está completamente abierto, esta succión crea la «línea negra» de extrema delgadez junto al menisco, de forma que la película preocular queda aislada de forma efectiva hasta el siguiente parpadeo. El drenaje puntal también se ve inhibido entre parpadeos.

Las soluciones proteicas tienen tensiones superficiales menores que la del agua o la del suero salino; esto es cierto para la mayoría de proteínas lagrimales individualmente o en combinación (58.2 mN/m) pero la TS de la lágrima es aun menor (43-46 mN/m). Nagyová y Tiffnay (3) demostraron que la extracción de los lípidos de la lágrima hacía subir la TS al valor que presenta con las proteínas solas, y que la adición de nuevo de los mismos lípidos restauraba el valor de TS lagrimal. La lipocalina es la única proteína lagrimal importante con capacidad de unión de lípidos. Dado que no se encuentran lípidos libres en las lágrimas, el complejo lipocalina-lípido parece importante, aunque aún se desconoce si la expresión de TS implica a lípidos sólo (con la proteína como transportador a la superficie) o al complejo, o a una estructura lípido-globular para la lipocalina en la capa superficial. La naturaleza específica de los lípidos implicados tampoco se conoce aún por completo, pero puede incluir componentes no encontrados en la secreción meibomiana.

Muchos métodos de medición de la TS requieren grandes cantidades de lágrimas, que no son fácilmente obtenibles de los pacientes con ojo seco, y algunos métodos previos que utilizaban volúmenes menores han sido criticados por su incapacidad para

¹ PhD. Laboratorio de Oftalmología de Nuffield, Universidad de Oxford, Reino Unido.
E-mail: john.tiffany@eye.ox.ac.uk

garantizar lecturas en equilibrio. La micro-técnica de Tiffany et al. (4) se lleva a cabo convenientemente en un tubo capilar de recogida utilizando tan poco como 0.2 μ l de lágrima. Es importante recordar que en esta técnica se toma la muestra del menisco lagrimal, no de la película precorneal, y que se mide la TS del fluido acuoso solo: si se incluyen los lípidos meibomianos en la muestra, la TS de la grasa y la tensión de la interfase grasa/lágrima también se verán envueltas. Otro método ampliamente utilizado consiste en colocar una pequeña gota de lágrima en una superficie definida (frecuentemente material de lente de contacto) y medir el ángulo de contacto en equilibrio θ en el borde de la lágrima; la ecuación de Young define el equilibrio de fuerzas en la línea de tres fases como $\sigma_{a/s} = \sigma_{l/s} + \sigma_{a/l} \cos\theta$, donde σ es la TS y a, s, l hacen referencia a aire, líquido y sólido, lo que permite calcular $\sigma_{a/l}$. Siendo esto útil para la investigación en laboratorio de las lágrimas artificiales o los vehículos de los fármacos o bien para las superficies de lentes de contacto, sólo el micro-método de la referencia (4) puede actualmente dar resultados rápidos aptos para fines clínicos. Se han investigado asimismo las propiedades surfactantes de los componentes de la lágrima en la artesa de Langmuir al permitir a las proteínas difundirse desde la capa fibrosa a la superficie e interactuar con los lípidos meibomianos, pero la escala de tiempo es tan larga que la relación con la rápida formación de la película lagrimal tras un parpadeo es actualmente poco clara.

Tal como se muestra en Tiffany et al. (4), la TS media de la lágrima de los pacientes con ojo seco es mayor que la TS de los ojos normales. En el ojo envejecido, se ha encontrado una disminución de los niveles de proteínas principales, lo cual conllevaría un incremento de la TS hasta un cierto punto, aun si la lipocalina no se ve afectada. La estabilidad

de la película lagrimal también disminuye con el aumento de edad. Esto puede sugerir una conexión directa entre la TS y la estabilidad lagrimal, pero aún tienen que llevarse a cabo estudios válidos sobre el cambio de TS con la edad o la sequedad ocular.

Muchas formulaciones distintas de lágrimas artificiales contienen polímeros y algunas de ellas presentan una TS comparable a la de la lágrima normal, mientras que otras no son muy distintas del suero salino. En el momento de escribir esta editorial, no parece haber ningún estudio de revisión para demostrar que la estabilidad de la película lagrimal se ve potenciada por la disminución de la TS de la lágrima natural o artificial. Algunas de las lágrimas artificiales más nuevas contienen lípidos y, si éstos incluyen fosfolípidos, la TS se verá alterada; sin embargo, dichas soluciones están formuladas principalmente para intentar reforzar la capa lipídica de la película lagrimal, más que para reducir la TS, ya que se sabe que ello mejora la estabilidad de la película lagrimal. Es necesaria aún más investigación para determinar cual es la mejor manera de adaptar las propiedades surfactantes para conseguir mejorar la estabilidad lagrimal.

BIBLIOGRAFÍA

1. King-Smith PE, Fink BA, Hill RM, Koelling KW, Tiffany JM. The thickness of the tear film. *Curr Eye Res* 2004; 29: 357-368.
2. Creech JL, Do LT, Fatt I, Radke CJ. In vivo tear-film thickness determination and implications for tear-film stability. *Curr Eye Res* 1998; 17: 1058-1066.
3. Nagyova B, Tiffany JM. Components responsible for the surface tension of human tears. *Curr Eye Res* 1999; 19: 4-11.
4. Tiffany JM, Winter N, Bliss G. Tear film stability and tear surface tension. *Curr Eye Res* 1989; 8: 507-515.