

DACRIOCISTOMETRÍA

por
Heinz SMIRMAUL



RESUMEN ESPAÑOL: El autor introduce un tubo flexible de silicón en las vías lacrimales por el punto lacrimal inferior, recogiendo con él las variaciones de presión que ocurren en el dacriocisto y en los canaliculos durante el parpadeo espontáneo, el parpadeo voluntario y al traccionar del canto externo en sentido lateral. Esta técnica, a la que denomina “dacriocistometría”, aparte de su interés para aclarar el mecanismo íntimo del flujo lacrimal, sirve como prueba clínica para diagnosticar las obstrucciones totales y parciales de las vías lacrimales, y el nivel de las mismas.

RÉSUMÉ FRANÇAIS: L'auteur introduit un tube flexible de silicone dans les voies lacrymales par le point lacrymal inférieur. Il recueille par lui les variations de pression qui surviennent dans le sac lacrymal et dans les canalicules pendant le clignement spontané, pendant le clignement volontaire et pendant la traction du canthus externe dans le sens latéral.

Cette technique, dénommée “dacryocystometrie”, á part l'intérêt de pouvoir éclaircir le mécanisme intime du flux lacrymal, sert de preuve afin de pouvoir diagnostiquer les obstructions totales et partielles des voies lacrymales, et le niveau des mêmes.

ENGLISH SUMMARY: The author introduces a flexible silicon tube in the tear ducts through the punctum lacrimale inferiøre, measuring with it the variations in pressure which occur in the saccus lacrimalis and canaliculus inferioris during spontaneous blinking, voluntary blinking, and when lateral pulls are applied on the canthus lateralis.

This technique, which is named “dacryocystometry”, apart from its interest in clarifying the intimate mechanism of the lacrimal flow, is also useful as a clinical test to diagnose total and partial obstructions in the tear ducts and their level.

VERSION ESPAÑOLA
 TRADUCIDA

Varias son las teorías que en el pasado han sido propuestas para explicar el mecanismo responsable del transporte de las lágrimas desde el saco conjuntival hasta la cavidad nasal. Las opiniones de los distintos autores varían no solo con respecto a qué parte del sistema lacrimal excretorio es la responsable del flujo, sino también en cuanto a si el movimiento de los párpados esencial para el flujo es el de cierre o el de apertura.

PLOMAN (1928) hizo una excelente revisión de las teorías de los primeros autores interesados en el tema, la mayoría de los cuales pensaban que el transporte de las lágrimas no era un proceso pasivo, sino que estaba relacionado de alguna manera con la contracción del músculo orbicular. Algunos de ellos creían que al cerrarse los párpados, el dacriocisto o saco lacrimal resultaría comprimido, empujando las lágrimas que contuviese hacia la cavidad nasal. Al abrirse los párpados el dacriocisto se expandiría, succionando a través de los canaliculos las lágrimas existentes en el espacio conjuntival. Otros autores sostenían por el contrario el punto de vista exactamente opuesto, es decir, que sería al cerrarse los párpados cuan-

do el dacriocisto succionaría las lágrimas. Por otra parte FRIEBERG (1917) propugnó que serían los canaliculos los responsables del transporte activo de las lágrimas, al ser su contracción durante el parpadeo lo que las impulsaría hacia el dacriocisto; la razón por la que asignó el papel más activo a los canaliculos fué la persistencia del flujo lacrimal tras la dacriocistorrinostomía, operación ésta que transforma el dacriocisto en una cavidad abierta, impidiéndole succionar las lágrimas. Mediante técnicas radiográficas PLOMAN (1928,1930) encontró que durante el parpadeo ocurren ciertos cambios volumétricos tanto en los canaliculos como en el dacriocisto, demostrando con sus experimentos que no son solo los primeros los que participan de una manera activa en el flujo lacrimal, sino que también éste último tiene una función en dicho flujo.

JONES (1957, 1961) incorporó algunas de estas teorías a su propia concepción del flujo lacrimal, a la que denominó la "bomba lacrimal". Esta concepción propone que al cerrarse los párpados los puntos lacrimales externos se ocluyen sobre las ampollas canaliculares, los canaliculos se acortan y se desplazan en dirección medial, y el dacriocisto se expande. El acortamiento de los canaliculos exprime las lágrimas que

están en su interior hacia el dacriocisto, mientras que el dacriocisto, al distenderse activamente, succiona las lágrimas de los canaliculos. Al abrirse los párpados, la tracción sobre el dacriocisto se relaja y las lágrimas caen por el conducto lacrimonasal hasta el meato nasal inferior. Este juego aspirante-impelente de los canaliculos y del dacriocisto constituye la bomba lacrimal.

ROSENGREN (1972) encontró que existe una válvula a nivel de la desembocadura de la porción canalicular común en el dacriocisto. También halló que al parpadear aparecen en el interior de los canaliculos presiones positivas fluctuantes, comprobando que la compresión canalicular ocurría durante el cierre palpebral. MAURICE (1973), usando transductores capaces de detectar la presión intracanalicular, también comprobó que durante el parpadeo aparecían estas presiones positivas.

Un punto de vista completamente distinto al de las teorías arriba expuestas es el sostenido por BRIENEN & SNELL (1969), quienes creen que el aumento de la presión dentro del saco conjuntival en el momento del cierre palpebral es la única fuerza impulsora del flujo lacrimal; la expansión y contracción del dacriocisto las consideran el resultado de las fluctuaciones de presión dentro del saco conjuntival. Este concepto es difícil de aceptar tras descubrimientos más recientes de otros investigadores. HILL (1974, 1975), con un tubo flexible de silastic cateterizó el canaliculo inferior, e hizo así una medida dinámica de las variaciones de presión durante el parpadeo; también encontró complejos de presiones positivas dentro de los canaliculos, a pesar de que el

tubo de silastic se había introducido por el punto lacrimal inferior, aislando así la presunta presión del interior del saco conjuntival de la que recogía el extremo abierto del tubo de silastic.

Nosotros, utilizando ideas de HILL, hemos desarrollado durante el pasado año nuevos experimentos. El análisis de sus resultados ha servido para elaborar un nuevo método, al que hemos denominado "dacriocistometría", capaz de evaluar la función de la porción excretoria del aparato lacrimal.

Actualmente hay diversos métodos para explorar la función del sistema evacuador de las lágrimas, tales como la siringación con cánula metálica, las pruebas de tinción, el dacriocistograma —incluyendo sus últimas técnicas "macro"—, y el registro con isótopos radiactivos analizado por una computadora. Nuestra dacriocistometría es un método diagnóstico que utiliza como información las fluctuaciones de presión dentro del aparato lacrimal durante el parpadeo, y sirve para detectar cualitativamente y localizar las disfunciones de las vías lacrimales; su ejecución es atraumática, puede ser realizada por un ayudante técnico, y dura 30-45 minutos por paciente.

El aparato utilizado consiste en un tubo flexible de silastic (de Daw-Corning), con un diámetro interior de 0,3 mm. y un diámetro exterior de 0,6 mm. El extremo final del tubo está marcado de 5 en 5 milímetros hasta una longitud de 25 mm. (figura 1). El paciente se echa en una camilla y se le instila una gota de anestesia tópica (v. gr. Opthaine^R) en el saco conjuntival. A partir del punto lacrimal inferior se le introducen unos 20 mm. de tubo a lo largo del canaliculo, y se le inyecta

una solución salina normal (suero fisiológico); se considera que hay o no flujo según el paciente pueda o no percibir el sabor de la solución. A continuación se retrograda un poco el tubo, dejando dentro de las vías lacrimales solo 15 mm., y se anotan las variaciones de presión recogidas por la boca del tubo al hacer tres tipos de movimiento palpebral: parpadeo espontáneo, parpadeo voluntario y tracciones laterales sobre el canto externo. Estas fluctuaciones de presión en el interior del tubo se captan mediante un detector (Hewlett-Packard 1280 C) cuya señal se amplifica electrónicamente (amplificador Hewlett-Packard 8805 E) y se graba en una cinta registradora (Hewlett-Packard 7702 B). El tubo se sigue retirando, dejando dentro de las vías sucesivamente 12'5, 10'0, 7'5 y 5'0 mm., y en cada una de estas posiciones se vuelven a registrar las fluctuaciones de presión con los mismos tres tipos de movimiento. Finalmente los trazados obtenidos se ordenan y se colocan en la matriz correspondiente de una ficha.

Antes de describir los tipos de trazado que se consiguen, haremos un resumen de la anatomía funcional del aparato lacrimal. La figura 2 muestra los componentes del sistema lacrimal excretorio con sus correspondientes dimensiones. Recordemos la concepción de JONES sobre el mecanismo del flujo lacrimal, según la cual éste consiste en una ordenación de empujes y succiones entre el dacriocisto y los canalículos. En la figura 3 se muestran las inserciones en el ángulo interno de los componentes preseptales y pretarsales del músculo orbicular. Durante el parpadeo estos músculos se contraen. Los músculos preseptales

se insertan en la pared lateral o externa del dacriocisto, llamada el "diafragma lacrimal". Como la pared medial o interna del saco es fija, cualquier tracción por parte de las inserciones preseptales provoca una distensión del dacriocisto, apareciendo así una presión negativa en su interior. La entrada de aire proveniente de la cavidad nasal se impide mediante la válvula de HASSNER, situada en el conducto lacrimonasal. De esta manera la presión negativa del dacriocisto succiona las lágrimas existentes en el canalículo común.

Por otra parte las cabezas superficiales de los músculos pretarsales rodean los canalículos y se continúan con el tendón interno del orbicular. Así, al parpadear, su contracción desplaza los puntos lacrimales en dirección medial y acorta los canalículos. Este acortamiento transforma los canalículos en una bomba que empuja las lágrimas hacia el dacriocisto.

El mecanismo aspirante-impelente descrito es lo que constituye la bomba lacrimal. La figura 4 muestra un diagrama esquemático de la distensión del dacriocisto y del acortamiento de los canalículos. La figura 5 ofrece un esquema sinóptico de todos los componentes del mecanismo de evacuación del aparato lacrimal. En relación con él, y utilizando la concepción de la bomba lacrimal con una presión negativa en el dacriocisto y positiva en los canalículos durante el parpadeo, se pueden interpretar los trazados de la dacriocistometría para localizar las alteraciones patológicas de las vías lacrimales.

Llegados a este punto, es necesario referirnos brevemente al tipo de artefactos producido por el tubo de

silastic. Todo mecanismo de medida de un sistema suele alterar la función de dicho sistema; por ello debe estarse a la expectativa para identificar cualquier artefacto que se introduzca. En nuestro caso el tubo tiene aproximadamente el mismo diámetro que el canalículo, lo cual impide que el canalículo intubado pueda contraerse y bombear activamente. Pero éste artefacto, lejos de ser un inconveniente, puede incluso utilizarse para evaluar la acción bombeante del canalículo, según se ve en la figura 6. Cuando el tubo está completamente introducido no puede haber bombeo canalicular; pero conforme se le va haciendo retroceder y se va liberando el canalículo, éste último va participando más y más en el transporte activo de las lágrimas, lo que se manifestará en un incremento de la amplitud de los complejos de la dacriocistometría a medida que el tubo va siendo sacado. Este aumento de la presión intracanalicular en relación con la extracción del tubo pone en entredicho la teoría de la evacuación de las lágrimas por la presión del saco conjuntival. Si la fuente de la presión fuese el saco conjuntival, entonces, de acuerdo con las leyes físicas del flujo de los fluidos, se detectaría una disminución de presión conforme la boca barosensible del tubo se aleja de la fuente de presión (sic).

Según dijimos anteriormente la dacriocistometría comprende los trazados obtenidos con el parpadeo espontáneo, el parpadeo voluntario y las tracciones laterales. Una tracción lateral comprende un tirón brusco del canto externo hacia el lado, seguido de su súbita liberación. Esta maniobra permite separar la acción de los distintos componen-

tes de la bomba lacrimal. La tracción lateral tensa pasivamente el músculo orbicular y mueve el diafragma lacrimal lateralmente de forma que se expande el dacriocisto y se produce una presión negativa en su interior. Como con las tracciones laterales los párpados se mueven pasivamente, los puntos lacrimales no se desplazan en dirección medial y los canalículos no se acortan, por lo que falta el bombeo canalicular activo. En circunstancias normales la presión negativa del dacriocisto puede detectarse en todas aquellas pruebas en que la boca del tubo está aguas abajo del punto canalicular común. Si estas deflexiones se ven en los trazados obtenidos con las tracciones laterales se evidencia que no hay obstrucción entre el dacriocisto y la boca del tubo. Las tracciones laterales también se usan para diagnosticar las estenosis del punto canalicular común o de los canalículos, pues las estenosis ligeras podrían no ser detectadas por la siringación simple, ya que el tubo puede vencer fácilmente el estrechamiento al entrar dentro del canalículo.

La ficha de dacriocistometría incluye también dos informaciones clínicas, que se reseñan al final de ella. Estas son los milímetros que se puede introducir el tubo en las vías, y el resultado de la siringación. En algunas ocasiones el líquido siringado puede refluir por el punto lacrimal superior, y esto se anotará en la ficha. En la figura 7 se ve una dacriocistometría normal.

Los trazados de la dacriocistometría se ordenan sobre la ficha en tres filas. Los trazados correspondientes a las tracciones laterales se colocan en la fila superior, y los del parpadeo espontáneo y parpadeo vo-

luntario se colocan en las filas segunda y tercera respectivamente. La secuencia de izquierda a derecha de los trazados de cada fila corresponde a sucesivas estaciones del tubo conforme se le va haciendo retroceder; así, junto al margen izquierdo quedará el trazado hecho con 15 mm. de intubación, y junto al margen derecho el hecho cuando la boca del tubo está a 5 mm. del punto lacrimon inferior. Bajo cada trazado hay un número de codificación, que reseña el número de secuencia original en la cinta registradora (*), la distancia en milímetros entre la boca del tubo y el punto lacrimon inferior (mm.), y la escala de presión en milímetros de agua usada para la prueba (escala).

Al leer la ficha de dacriocistometría se miran primero los datos clínicos. Si la siringación fué positiva, no puede existir un bloqueo completo. Sin embargo no queda descartada la posibilidad de una estenosis, pues el tubo puede haber vencido el estrechamiento durante la prueba. Cuando el tubo no se puede pasar hasta el dacriocisto, los milímetros de él introducidos, servirán para situar la profundidad del problema obstructivo.

Después se miran los trazados correspondientes a las tracciones laterales, es decir, los de la primera fila. En ellos debe haber complejos negativos profundos en todas las posiciones; su presencia indica que el canalículo es permeable.

A continuación se estudian los trazados correspondientes a los parpadeos espontáneos. Sus trazados pueden tener amplitudes muy variables, ya que cualquier componente voluntario por parte del paciente aumentará su tamaño. Cuando el tubo está dentro del dacriocisto apa-

recerán principalmente ondas negativas, puesto que el mismo tubo está bloqueando el bombeo canalicular. Conforme el tubo se va sacando, los complejos se van positivizando. Hay dos razones para ello: una es que el tubo se va alejando de la fuente de presiones negativas, el dacriocisto; la otra, que el canalículo va quedando libre, pudiendo así ejercer su acción bombeante, que es la fuente de presiones positivas. En cualquiera de estas posiciones los complejos espontáneos son, pues, la combinación de un componente negativo, debido al dacriocisto, y un componente positivo, debido al canalículo. La relación de ambos componentes se va modificando por la presencia del tubo en el canalículo y por su distancia al dacriocisto. El parpadeo espontáneo da los mejores trazados para detectar cualquier disfunción de la bomba lacrimon, ya sea en el dacriocisto, en los canalículos, o en ambas partes.

Los parpadeos voluntarios suelen ser como parpadeos espontáneos, pero forzados y de mayor amplitud. Sus trazados tienen también grandes variaciones de amplitud, pues la fuerza de contracción del paciente no es uniforme.

Como resumen, una dacriocistometría normal tiene una siringación positiva cuando el tubo está introducido más de 15 mm. Todos los trazados con tracciones laterales (fila superior) muestran un profundo complejo negativo. Los trazados con parpadeo espontáneo (segunda fila) pasan sucesivamente de ser negativos, a ser bifásicos y finalmente positivos, según se va de izquierda a derecha. Los trazados con parpadeo voluntario (tercera fila) son de un modelo semejante a los de la segun-

da fila, pero de amplitud aumentada y variable.

DISFUNCION LACRIMAL, ANALISIS DE LA DACRIOCISTOMETRIA NORMAL.

Los problemas de las vías lacrimales con respecto al flujo se pueden descomponer en dos grupos principales: deficiencias del bombeo y obstrucciones.

La causa de una *deficiencia en el bombeo* puede ser la inactividad del dacriocisto, la inactividad de los canalículos, o ambas cosas. Cada una de estas posibilidades da una dacriocistometría propia y característica.

En un paciente con un dacriocisto inactivo falta el componente negativo en los complejos de la prueba con parpadeo espontáneo, ya que el dacriocisto es la fuente succionante o de presiones negativas de la bomba lacrimal. En su lugar solo habrá complejos positivos, debido a la acción sin oposición de los canalículos funcionantes (figura 8).

Por el contrario, en un paciente con canalículos inactivos la misma prueba de parpadeo espontáneo dará un tipo de trazado opuesto. Todos los complejos serán negativos a causa de la succión del dacriocisto (figura 9). Este modelo de trazado se repetirá en todas las posiciones del tubo, puesto que faltan las presiones positivas producidas por los canalículos.

Cuando faltan los dos componentes de la bomba lacrimal, los trazados serán planos (figura 10). En algunos casos ni siquiera una fuerte tracción lateral es capaz de producir un complejo negativo, pues la firmeza de los tejidos es insuficiente

para transmitir la tracción. En los casos de degeneración senil intensa de los párpados incluso los fuertes parpadeos voluntarios solo producen pequeños complejos positivos.

En todas las deficiencias supra descritas la siringación será positiva, y las tracciones laterales darán complejos negativos en todas las posiciones del tubo, indicando así que no hay obstrucción de los canalículos.

Las *obstrucciones* se pueden dividir en dos grupos: bloqueos y estenosis.

En los *bloqueos* la irrigación será negativa, pudiendo o no acompañarse de regurgitación por el punto lacrimal superior. Esto dependerá de la relajación del punto lacrimal interno y del lugar del bloqueo. La localización del bloqueo se consigue con los trazados de tracción lateral (fila superior). Si solo hubiese una estenosis la siringación sería positiva porque el tubo forzaría la estrechez.

La obstrucción del conducto lacrimonasal es el tipo más frecuente de bloqueo. La dacriocistometría mostrará una siringación negativa y un trazado de tracciones laterales normal (figura 11). El tubo puede ser introducido fácilmente hasta el dacriocisto.

Si el bloqueo está en la parte superior de las vías lacrimales la siringación será también negativa. La situación de la obstrucción se determina por los milímetros que se puede introducir el tubo. Un ejemplo es el bloqueo canalicular mostrado en la figura 12, en la que además se pueden observar complejos positivos muy altos debidos a la acción de bombeo de los canalículos contra un sistema inelástico y de escaso volumen. Las tracciones laterales no producen complejos negativos en

ninguna de las posiciones del tubo aguas arriba de la obstrucción, pues no hay comunicación entre el canalículo y el dacriocisto.

En las *estenosis* la siringación es siempre positiva por definición. La dacriocistometría es especialmente útil en estos casos, que podrían quedar indagnosticados si se explorasen por cualquier otro método.

Las estenosis se sitúan generalmente en dos lugares: el conducto lacrimonasal y el punto lacrimal interno.

Si la estenosis está en el conducto lacrimonasal la siringación es positiva. El tubo pasará fácilmente al dacriocisto. Los trazados de tracciones laterales tienen las normales deflexiones negativas, pues el tramo superior de las vías lacrimales no está obstruido.

Cuando en estos casos la estenosis ofrece gran resistencia al paso del líquido introducido en el dacriocisto, hará falta aumentar la presión de la siringación para vencer la resistencia. Este aumento de presión en el interior del dacriocisto lo distenderá, y debido a la proximidad de los vasos angulares, las pulsaciones arteriales pueden ser recogidas por el sistema barorreceptor acoplado al tubo. Estas pulsaciones se ven fácilmente en los trazados obtenidos tras la siringación, y su amplitud disminuye con el tiempo, conforme el líquido contenido en el dacriocisto distendido va sobrepasando la estenosis y alcanzando la cavidad nasal. En algunos casos la resistencia que ofrece la estenosis del conducto lacrimonasal es superior a la del punto lacrimal interno intubado, y en tales casos el líquido contenido en el dacriocisto drenará por este último y regurgitará por el punto la-

crimal superior. La dirección del flujo a partir del dacriocisto dependerá, pues, de la resistencia relativa de sus dos salidas. En ambos casos, no obstante, los trazados recogerán las pulsaciones arteriales. Se puede hacer un cálculo muy superficial del grado de estenosis, midiendo el tiempo necesario para que las pulsaciones desaparezcan después de haber inyectado en el dacriocisto una determinada cantidad de líquido; este cálculo solo es válido si el líquido no regurgita por el punto lacrimal superior.

En resumen, la estenosis del conducto lacrimonasal se manifestaría por una siringación positiva, unos trazados de tracciones laterales normales, y la presencia, tras la siringación, de pulsaciones arteriales que disminuyen de amplitud con el tiempo. En la figura 13 se muestra la dacriocistometría de un conducto lacrimonasal estenosado.

Si la estenosis está en el tramo superior de las vías lacrimales, ya sea en el punto lacrimal interno o en el canalículo, la siringación será también positiva. El tubo se puede introducir hasta el dacriocisto a menos que la estenosis sea muy intensa. No se captarán pulsaciones arteriales, pues la estenosis está aguas arriba del dacriocisto, y una vez que el líquido alcanza éste, no encuentra resistencia a la salida y no lo distiende. La estenosis se diagnosticará por los trazados de tracciones laterales, los cuales también servirán para localizar su situación. Cuando el tubo ha alcanzado el dacriocisto, la estenosis ha sido ya superada, y las tracciones laterales producirán las deflexiones negativas normales. Cuando el tubo se va haciendo retroceder, seguirán apare-

ciendo complejos negativos con las tracciones laterales mientras se mantenga aguas abajo de la estenosis o en la estenosis misma. Pero cuando la boca del tubo pasa a situarse aguas arriba de la estenosis los trazados cambiarán, pues la estenosis disminuye la luz canalicular lo suficiente como para que las presiones negativas del dacriocisto no puedan ser captadas por el tubo. Aguas arriba de este punto todas las posiciones del tubo mostrarán la ausencia de complejos negativos con las tracciones laterales. Este cambio en el tipo de trazado permite localizar el lugar de la estenosis, ya esté en el punto lacrimal interno o a lo largo del canaliculo.

En la figura 14 se muestra la dacriocistometría de una estenosis del punto lacrimal interno, estando éste situado a 10 mm. del punto lacrimal inferior.

CONCLUSIONES

La dacriocistometría es una exploración atraumática, poco molesta para el paciente, y que no daña sus estructuras lacrimales. Las deficiencias detectadas con ella permiten valorar los componentes de la bomba lacrimal.

Las obstrucciones, ya sean por bloqueo o por estenosis, se pueden identificar y situar con certeza. La seguridad en la localización es suficiente como para que el cirujano pueda planear el método corrector apropiado.

Las presiones captadas en los diferentes tramos de las vías lacrimales parecen confirmar la teoría de la bomba lacrimal de JONES, y evidencian la existencia de un activo mecanismo aspirante-impelente formado por el dacriocisto y los canaliculos.

(traducción del Dr. *J. Murube del Castillo*).

ENGLISH ORIGINAL VERSION

Many theories have been proposed in the past to explain the mechanism responsible for the tear transport from the conjunctival sac to the nasal cavity. The opinions of different authors vary not only as to which component of the lacrimal excretory system is responsible for the flow, but also which phase of the lid movements, i. e. opening or closing, are most essential.

Ploman provides an excellent review of the thinking of the early authors, most of whom believed that

the tear transport system was not a passive process but depended in some way on the contraction of the obicularis muscle. Some thought that the lacrimal sac was compressed during lid closure resulting in a flow from the sac into the nasal cavity. On opening the lids, the canaliculi would then transport tears from the conjunctival space to the sac due to its expansion. However, exactly the opposite view of active suction by the tear sac during closure of the lids was held by other authors. Frieberg, on the other hand, believed that the canaliculi

were responsible for the active transport of the tears and it was their contraction during blinking which propelled tears into the lacrimal sac. His reason for assigning a more active role to the canaliculi was that tear transport continues after a dacryocystorhinostomy which in effect prevents the lacrimal sac from sucking tears toward it since it is no longer a closed cavity. Using radiographic methods, Ploman demonstrated that volumetric changes occur during blinking. These changes were present within the canaliculi and the lacrimal sac. His experiments showed that not only were the canaliculi actively involved, but that the lacrimal sac also had its function in the tear transport system.

Jones expanded these theories into his concept of tear transportation and called it the "lacrimal pump". This concept proposes that on lid closure, the puncta become closed at the ampullae, the canaliculi shorten and move medially while the tear sac distends. The shortening of the canaliculi results in a positive pumping effect transporting tears within the canaliculi toward the lacrimal sac. The active distension of the lacrimal sac results in a suction which pulls tears within the canaliculi towards it. On eye opening, the pull on the tear sac is relaxed and the tears flow down the nasolacrimal duct to the inferior nasal meatus. It is this push-pull action of the canaliculi and the lacrimal sac which comprises the lacrimal pump.

Rosengren showed that a valve was present at the entrance of the common canaliculus into the lacrimal sac. He also demonstrated positive pressure variations during blinking within the canaliculi veri-

fying that compression of these structures did occur during closure of the lids. Maurice, using pressure transducers to monitor the canalicular pressure, also showed positive pressure variations during blinking.

A complete opposite view to the above theories is that held by Brien and Snell who believe that the conjunctival sac at the moment of lid closure is the sole propelling force of tear flow. The expansion and contraction of the lacrimal sac is felt to be the result of pressure fluctuations within the conjunctival sac. This concept is difficult to accept in view of some of the more recent findings of other investigators. Hill used a flexible Silastic tube to catheterize the lower canaliculus and thereby measure the dynamic pressure variations during blinking. He also found positive pressure complexes within the canaliculi even though the Silastic tube entered by way of the lower punctum effectively isolating the proposed pressure within the conjunctival sac from the open sensing end of the tube. Further experiments utilizing this concept were performed by the author over the past year. An analysis of the results of these experiments has yielded a new method of evaluating the excretory part of the lacrimal system called "Dacryocystometry" or DCM.

Some of the present methods for evaluating the function of the tear transport system are irrigation by metal cannula, the dye tests, the dacryocystogram (DCG) including its newer macro techniques, and macro techniques, and radionuclide scanning with associated computer analysis. Dacryocystometry (DCM) is a diagnostic tool for the clinician which utilizes the dynamic pressu-

re changes which occur within the lacrimal system during blinking. It is a qualitative test designed to detect and localize dysfunction in the excretory part of the lacrimal system. DCM is an atraumatic procedure which may be performed by a technician and lasts about 30-45 minutes per patient.

The apparatus consists of a soft Silastic tube with an inside and outside diameters of 0.012×0.025 in. respectively. The end of the tube is marked off in 5 mm. segments to a length of 25 mm. (Fig. 1). The patient is placed on a stretcher and the eyes are anesthetized with Opthaine instilled into the conjunctival sac. The tube is then inserted into the lower canaliculus by way of the punctum to a distance of 20 mm. and normal saline is injected. Irrigation is then noted to be positive or negative depending on whether the patient can taste the solution or not. The tube is then withdrawn to 15 mm. from the lower punctum and recordings are made of spontaneous blinks, voluntary blinks and lateral pulls. The pressure variations within the tube are sensed by means of a strain gauge whose signal is amplified electronically and displayed on a strip chart recorder. The tube is then withdrawn to 12.5, 10.0, 7.5 and 5.0 mm. from the lower punctum and recordings are made at each of these stations of the three types of complexes. The tracings are then rearranged and displayed as a matrix on a card.

Before describing the type of tracings obtained, a short review of the functioning anatomy of the lacrimal system will be given. Fig. 2 shows the components of the excretory system with their relevant dimensions. Recalling the Jones con-

cept of tear transport, the mechanism proposed by him consists of a push-pull arrangement between the lacrimal sac and the canaliculi. In Fig. 3, the different attachments at the medial canthus of the preseptal and pretarsal components of the orbicularis are demonstrated. During blinking, contraction of these muscles occurs. The preseptal muscles are inserted into the lateral side of the lacrimal sac, called the "lacrimal diaphragm". Since the medial wall of the sac is fixed, pull by the preseptal heads results in distension of the sac creating a negative pressure within it. Air is prevented from entering the sac from the nasal cavity by way of Hasner's valve in the nasolacrimal duct. The suction within the sac pulls the tears within the common canaliculus toward it.

On the other hand, the superficial heads of the pretarsal muscles are invested around the canaliculi and become continuous with the medial palpebral tendon. On blinking, their contraction moves the puncta medially with associated shortening of the canaliculi. This motion results in an active pump within the canaliculi tending to propel tears toward the sac. It is this push-pull arrangement which comprises the lacrimal pump. Fig. 4 shows a schematic diagram to illustrate the shortening of the canaliculi with medial movement and the distension of the lacrimal sac.

A block diagram of the excretory part of the lacrimal system with all of its components is shown in Fig. 5. Referring to this diagram and utilizing the concept of the lacrimal pump with a negative pressure in the sac and a positive pressure in the canaliculi during blinking, one

can interpret the DCM tracings and identify and localize presenting pathology.

At this point, a short note on the type of artifacts introduced with the Silastic tube is appropriate. Since measurement of almost any kind on a system will tend to distort the action of that system, one must be careful to be aware and identify any artifacts introduced. In this case, the tube has about the same diameter as the canaliculus and will thereby prevent their contraction and active pumping once the tube lies within the lumen. This artifact, however, may be used to evaluate the pumping ability of the canaliculus as shown in Fig. 6. When the tube is fully inserted, no pumping can take place. As the tube is withdrawn laterally, more and more of the canaliculus is freed and can participate in the active tear transport. This increased ability of the canaliculus to pump will result in an increase in the amplitude of the positive complexes as the tube is drawn laterally. This increase of pressure with lateral movement of the tube throws doubt on the conjunctival sac pressure theory of tear transport. If the source of pressure were the conjunctival sac, then according to the physical laws of fluid flow, a decrease of pressure would be expected since the open sensing end of the tube is moved further from the source of pressure on lateral movement.

As mentioned previously, the DCM consists of tracings obtained of spontaneous and voluntary blinks and lateral pulls at the different stations. A lateral pull comprises a sharp pull on the lateral canthus of the patient with a quick release. This key manouver enables one to

can interpret the DCM tracings and separate the action of the components of the lacrimal pump. The lateral pull applies passive tension on the orbicularis thereby moving the lacrimal diaphragm laterally. This movement distends the sac and creates suction within in. Since the tension is only passive, the puncta do not move medially and the canaliculi do not shorten. There is therefore no active pumping by the canaliculi. Normally the negative pressure within the sac can be monitored at all stations medially to the common punctum. If these deflections can be seen on the lateral pull tracings, then one knows that there are no obstructions lateral to the sac. This manouver is also used to detect any stenosis within the common punctum or canaliculi. A minor stenosis may not be detected on simple irrigation since the presence of the tube within the canaliculus may be enough to relieve the obstruction.

The DCM also contains two points of clinical information written on the bottom of the card. These are the distance to which the tube could be inserted as measured from the lower punctum and the results of irrigation. Occasionally, regurgitation through the upper punctum will occur and this will be noted on the DCM. A normal DCM is shown in Fig. 7.

The tracings on the DCM are arranged in three rows. The lateral pull is placed in the top row, followed by spontaneous and voluntary blinks in the second and third row respectively. The sequence of the tracings from left to right in any one row correspond to the different stations as the tube moves laterally in the canaliculus. The most medial station, 15 mm., will be on the near

the left hand margin and the station closest to the punctum, at 5 mm., will on the right hand margin. The code number at the bottom of each tracing corresponds to its number in the original sequence in which the tracings were taken on the strip chart recorder (*) the distance in millimeters from the end of the tube to the punctum (mm.), and the pressure scale used in recording in mm. of water full scale (scale).

In reading the DCM, one first looks at the clinical data. If the irrigation was positive, then a complete blockage cannot be present. A stenosis, however, is not ruled out since the sensing tube itself may have relieved the stenosis during monitoring. The distance of insertion of the tube will indicate any problems in the upper part of the excretory system if the tube is unable to be inserted as far as the lacrimal sac.

One then looks at the tracings of the lateral pull, i. e. the top row. Here, deep negative complexes should be present at all stations. Their presence indicates patency of the canaliculus. Next, the spontaneous blinks are checked. These can vary in amplitude since any voluntary component on the part of the patient will increase their size. When the tube is within the sac, mainly negative components will be seen since the tube is blocking the positive pumping of the canaliculus. As the tube is moved laterally, the complexes become more positive. There are two reasons for this: one is that the tube is moved further away from the source of negative pressure, the lacrimal sac, and two, more of the canaliculus is freed permitting it to participate in the tear transport by means of its positive

pumping action. At any one station, the spontaneous complexes are therefore a combination of a negative component due to the lacrimal sac and a positive component from the canaliculus both of which are modified by the presence of the tube within the canaliculus and its distance from the lacrimal sac. The spontaneous blinks are the best tracings to observe and detect dysfunction of the lacrimal pump mechanism, either of the sac, the canaliculi or both.

The voluntary blinks are generally exaggerations of the spontaneous blinks but with much greater amplitude. There is also more variation in amplitude due to the variable force of contraction on the part of the patient.

In summary, a normal DCM consists of a positive irrigation with a tube insertion past 15 mm. Each of the tracings on lateral pull (top row) will show a deep negative complex. The pressure patterns in the spontaneous blinks (second row) will change from a negative to biphasic to positive pattern going from left to right. The voluntary blinks (third row) will show similar patterns as the second row but with increased and variable amplitude.

LACRIMAL DYSFUNCTION ABNORMAL DCM ANALYSIS

Problems in tear transport of the excretory part of the lacrimal system may be divided into two main groups: Pumping deficiencies and Obstructions.

The cause of a pumping deficiency can be either an inactive lacrimal sac, inactive canaliculi or both. Each of these have their own characteristic DCM.

In a patient with an inactive sac,

the negative component in the spontaneous blink complexes will be absent since the lacrimal sac is the source of negative pressure (suction) in the lacrimal pump. Instead, only positive pressure tracings will be present due to the unopposed action of the active canaliculi (Fig. 8).

On the other hand, inactive canaliculi will demonstrate the opposite pattern on spontaneous blinks. The pressure complexes will all be negative due to suction by the lacrimal sac (Fig. 9). This pattern will be seen at all stations since there is no positive pressure created by the canaliculi.

If both of the components of the lacrimal pump are inactive, then the tracings will be flat (Fig. 10). In some cases, even a hard lateral pull will be unable to generate a negative complex since the elasticity of the tissues is insufficient for recoil. In severe cases of senile degeneration of the lids even strong voluntary blinks will produce only very small positive complexes.

In all of the above pumping deficiencies, irrigation will be positive and the lateral pull will show negative complexes at all stations indicating that there are no obstructions in the canaliculi.

Obstructions can be divided into two types: either a blockage or a stenosis. With a blockage, irrigation will be negative and there may or may not be regurgitation through the upper punctum. This will depend on the looseness of the common internal punctum and the position of the blockage. Localization of the obstruction is obtained by looking at the lateral pull tracings (top row). If only a stenosis or partial blockage is present, then irrigation will be positive because of the

relieving action of the irrigation tube.

Blockage of the nasolacrimal duct is the most common obstruction. The DCM will show a negative irrigation and a normal lateral pull (Fig. 11). The tube can easily be inserted as far as the lacrimal sac.

If the blockage is in the upper segment of the excretory system, then this will again be indicated by a negative irrigation. The localization of the blockage is given by the tube insertion distance. An example is canalicular blockage as shown in the DCM in Fig. 12. One can also observe the very high positive complexes due to the pumping action of the canaliculi against a low volume, inelastic system. The lateral pull will show no negative complexes at any of the stations lateral to the blockage since there is no communication between the canaliculi and the lacrimal sac.

In all cases of stenosis, irrigation will be positive by definition. In these cases, DCM is especially useful since they may be missed if investigated by some other method. There are two common sites of stenosis: the nasolacrimal duct and the common internal punctum.

If the lacrimal duct is stenosed, irrigation will be positive. The tube will easily pass into the sac. The complexes on lateral pull will be normal and show the negative complexes since there is no obstruction in the upper part of the excretory system. Since the stenosis presents a high resistance to the flow of fluid out of the lacrimal sac, irrigation of the sac will result in higher than normal pressures within the sac in order to push the fluid past the high outflow resistance. This increased pressure within the sac will distend

it and due to the proximity of the angular vessels, arterial pulsations can be picked up by the sensing tube. These pulsations can easily be seen on the tracings after irrigation. Their amplitude will decrease with time as the fluid within the distended sac leaks past the stenosis into the nasal cavity. In some cases, the resistance to outflow is higher at the nasolacrimal duct than at the common internal punctum with the sensing tube in place. In these cases, the fluid will drain from the sac past the tube and out of the upper punctum. The direction of outflow from the lacrimal sac depends on the relative resistance of the two exits.

In both cases, however, arterial pulsations will be present in the tracings. A very rough estimate of the degree of stenosis may be made by observing the time necessary for the arterial pulsations to disappear after a given amount of fluid is injected into the lacrimal sac. This estimate can only be valid if there is no regurgitation through the upper punctum. Stenosis of the nasolacrimal duct is therefore shown by a positive irrigation, a normal lateral pull and the presence of arterial pulsations after irrigation which diminish in amplitude with time. A DCM of a nasolacrimal duct is shown in Fig. 13.

If the stenosis is present in the upper part of the excretory system, either the common internal punctum or the canaliculi, then irrigation will again be positive. The tube can be advanced as far as the sac unless the stenosis is severe. Arterial pulsations will not be present in these cases since the high resistance is located between the tube and the lacrimal sac. Once the fluid

is able to reach the sac past the stenosis, there is no obstruction to outflow and the sac will not be distended on irrigation. The stenosis will be shown on lateral pull complexes which will also localize its position. When the tube lies within the lacrimal sac, the stenosis is relieved and a lateral pull will show the normal negative deflection. As the tube is withdrawn laterally, stations which are located in front or medially to the stenosis will also show negative complexes on lateral pull. However, when the end of the tube passes the point of stenosis, a change in the tracing will occur. The stenosis will decrease the lumen of the canaliculus sufficiently that the negative pressure within the sac cannot be sensed by the tube laterally to the point of stenosis. From there on laterally, all the stations will show an absence of the negative complexes on lateral pull. This change in complexes in the top row localizes the site of stenosis, whether it is adjacent to the sac at the common internal punctum or more laterally in the canaliculus. A DCM of a stenosed common internal punctum located 10 mm. from the lower punctum is shown in Fig. 14.

CONCLUSIONS

Dacryocystometry is an atraumatic procedure which causes little discomfort to the patient and produces no damage to the lacrimal structures. The components of the lacrimal pump can be evaluated and pumping deficiencies detected.

Obstructions, whether complete blockage or stenosis, can be accurately identified and localized. The accuracy of location is sufficient to

enable the surgeon to plan the appropriate corrective procedure.

The variations of pressure patterns at different locations in the lacrimal system seem to verify Jones' "Lacrimal Pump" theory of tear transport and substantiates the presence of an active push - pull mechanism between the lacrimal sac and the canaliculi.

APPARATUS

Sensing tube - made of Dow-Corning Medical Grade Silastic

Pressure transducer - Hewlett-Packard 1280 C Strain gauge type

Amplifier - Hewlett-Packard 8805 E

Recorder - Hewlett Packard 7702 B strip chart recorder.

DACRIOCISTOMETRÍA

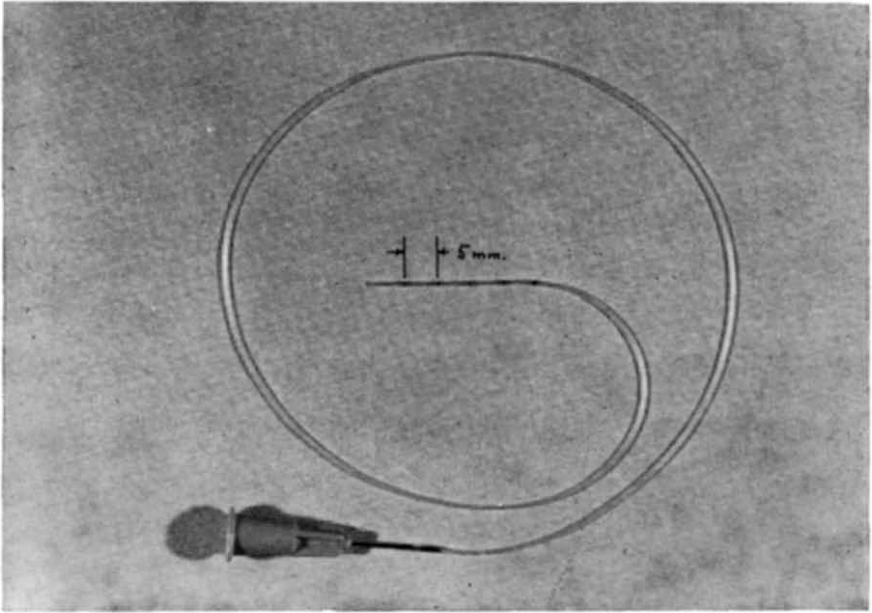


Fig. 1

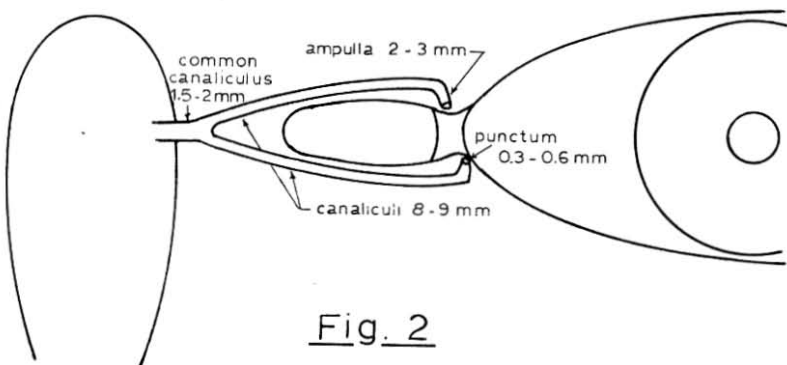


Fig. 2

Medial Attachments

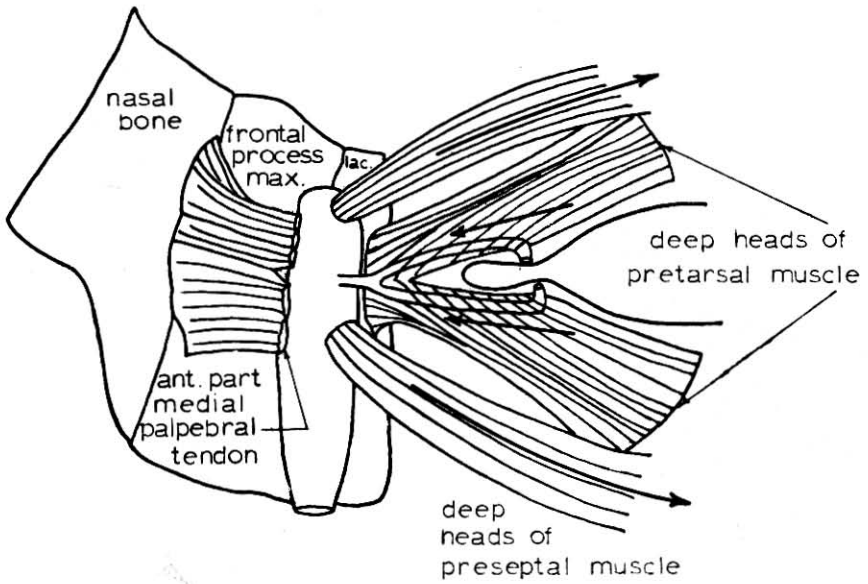


Fig. 3

Inserciones mediales del músculo orbicularis oculi

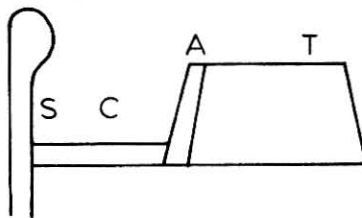
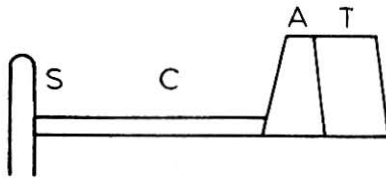


Fig. 4

DACRIOCISTOMETRÍA

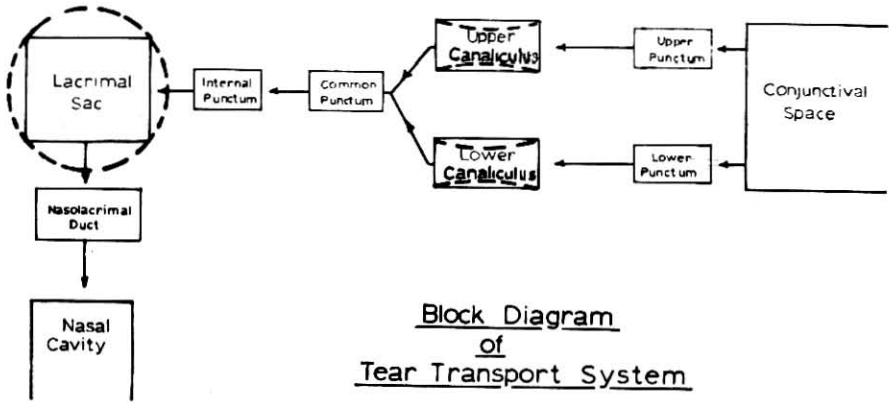


Fig. 5

Cuadro sinóptico del sistema de transporte lacrimal

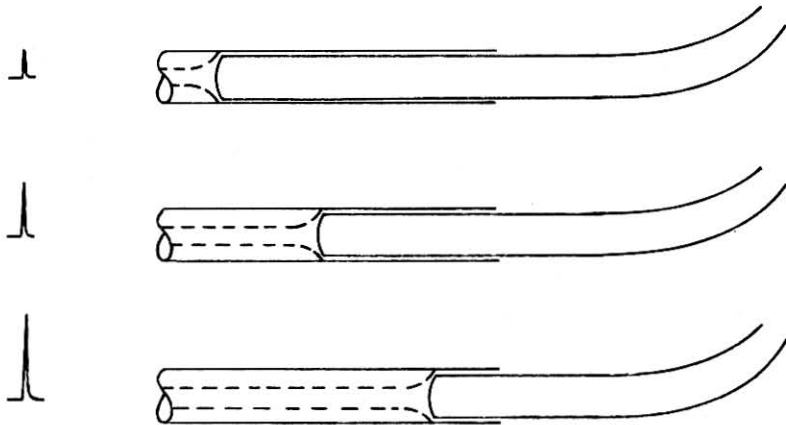


Fig. 6

La acción bombeante del canaliculo aumenta conforme el tubo va siendo extraido

NORMAL DACRYOCYSTOMETRY

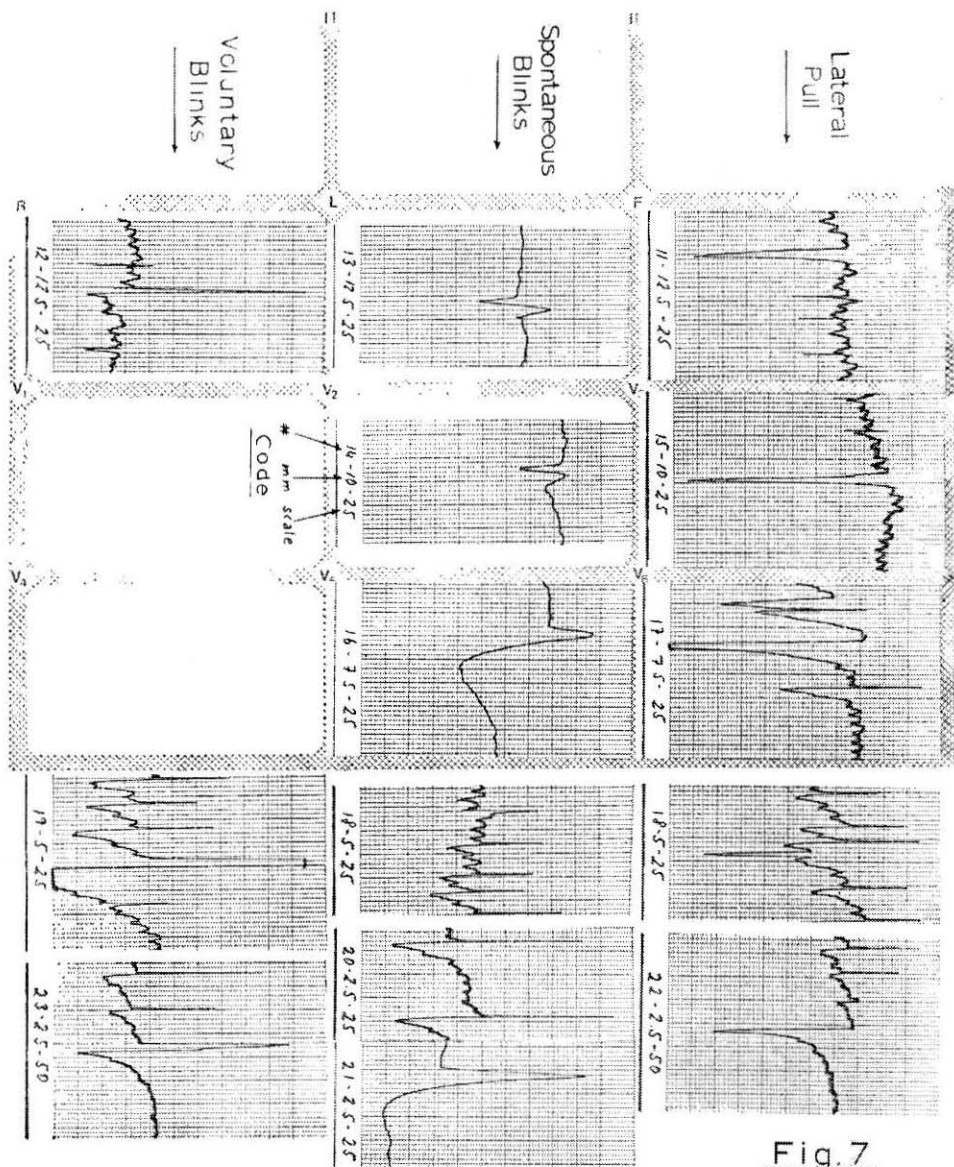


Fig. 7

Intub. 12'5 mm.; irrig. +
Dacriocistometria normal

DACRIOCISTOMETRÍA

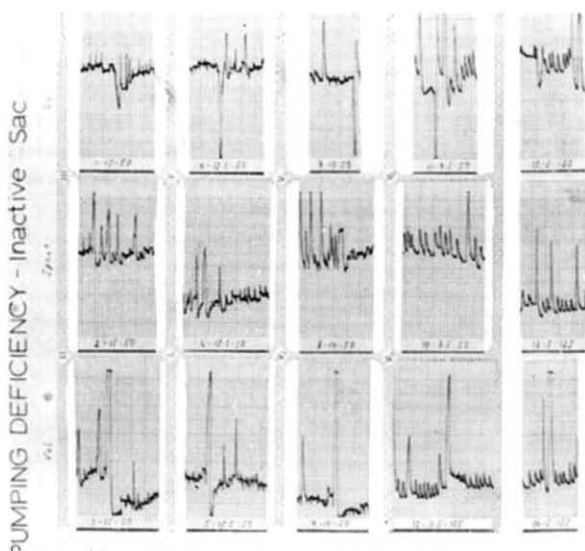


Fig. 8

Intub. 15 mm.; irrig. +

Insuficiencia del bombeo lacrimal por inactividad del dacriocisto

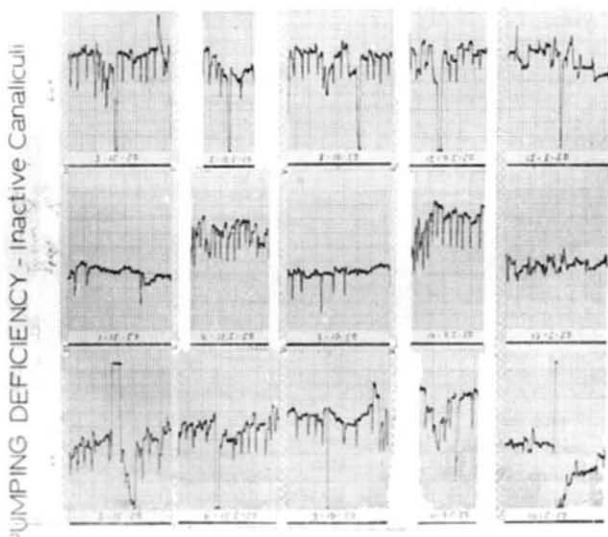


Fig. 9

Intub. 15 mm.; Irrig. +

Insuficiencia del bombeo lacrimal por inactividad de los canaliculos

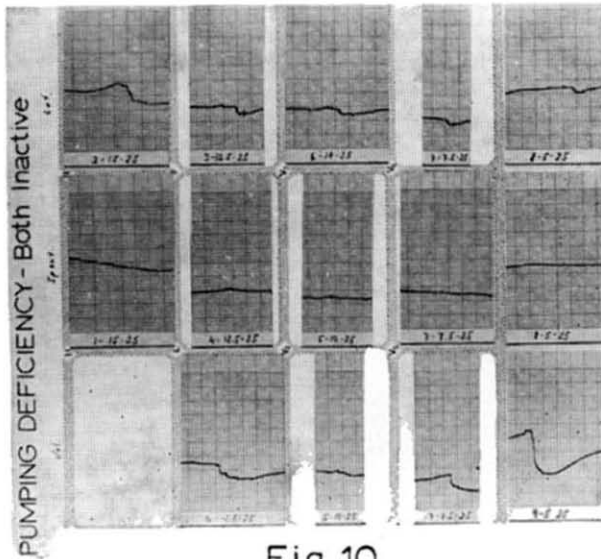


Fig.10

Intub. 20 mm.; Irrig. +

Insuficiencia del bombeo lacrimal por inactividad de los canaliculos y del dacriocisto

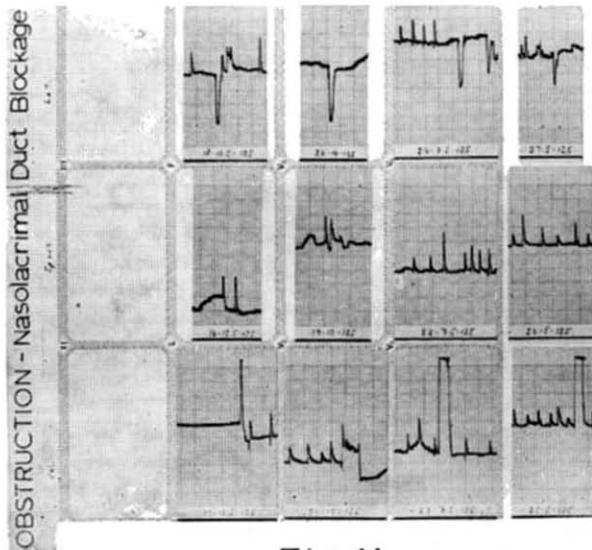


Fig.11

Intub. 12'5 mm.; Irrig. —; Regurgit. punctum lacr. sup.
Obstrucción del conducto lacrimonasal

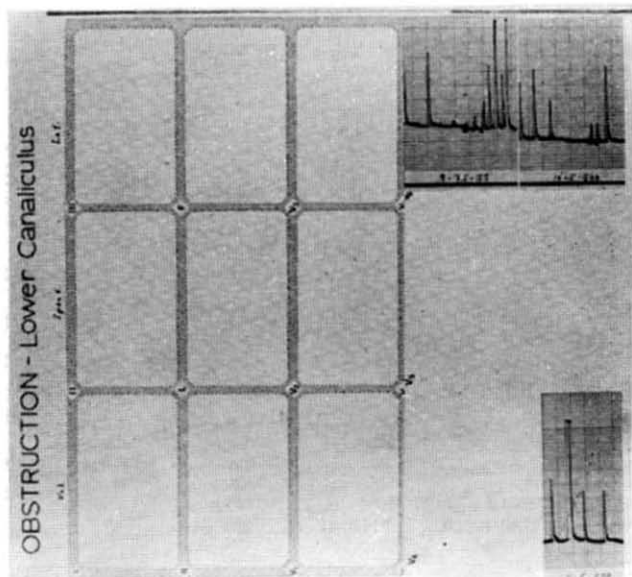


Fig. 12

Intub. 7'5 mm.; Irrig. —
Obstrucción del canaliculo inferior

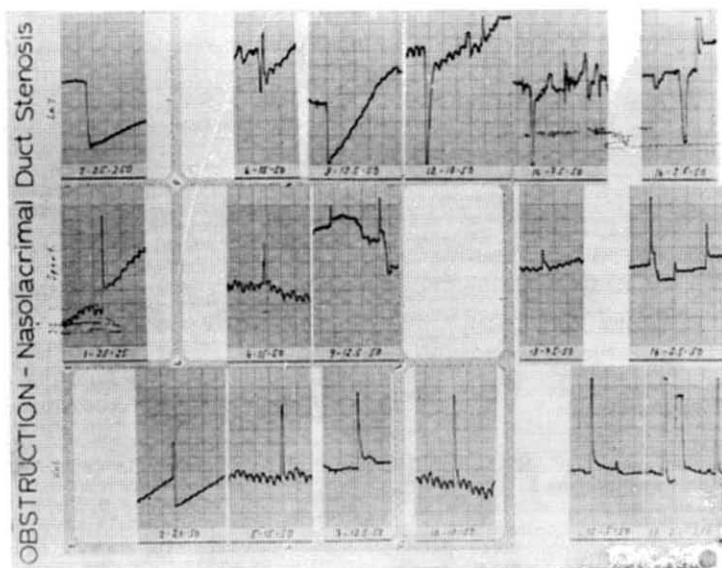


Fig. 13

Intub. 25 mm.; Irrig. +
Estenosis del conducto lacrimonasal



Fig 14

Intub. 18 mm.; Irrig. +
Estenosis del punto lacrimal interno

BIBLIOGRAFIA

BRIENEN, J. A. & SNELL, C. A. R. D.: "The Mechanism of the Lacrimal Flow". *Ophthalmologica* **159**:223 (1969)

FRIEBERG, T.: Citado por PLOMAN et alii (1928)

HILL, J. C., BETHEL, W. & SMIRMAUL, H.: "Lacrimal Drainage. A Dynamic Evaluation". *Canal. J. Ophthal.* **9**:411 (1974)

HILL, J. C., APT, R. & SMIRMAUL, H.: "Lacrimal Pump Pressure Patterns". *Canad. J. Ophthal.* **10**:25 (1975)

JONES, L. T.: "Epiphora II. Its Relation to the Anatomic Structures and Surgery of the Medial Canthal Region". *Amer. J. Ophthal.* **43**:203 (1957)

JONES, L. T.: "An Anatomical Approach to Problems of the Eyelids and Lacrimal Apparatus". *Arch. Ophthal.* Chicago. **66**:111 (1961)

MAURICE, D. M.: "The Dynamics and Drainage of Tears". *Intern. Ophthal. Clinics* **13**:1 (Spring 1973)

PLOMAN, K. G., ENGEL, A. & KNUTSSON, F.: "Experimental Studies of the Lacrymal Passageways". *Acta Ophthal.* **6**:55 (1928)

PLOMAN, K. G.: "Continued Investigations of the Lacrymal Passages". *Acta Ophthal.* **8**:155 (1930)

ROSENGREN, B.: "On Lacrimal Drainage". *Ophthalmologica* **164**:409 (1972)

Agradecimiento.— Al Dr. med. J. C. HILL, del Departamento de Oftalmología de la Universidad de Toronto, por sus sugerencias y dirección.

Beca.— Esta investigación ha sido posible gracias a una beca de la Fundación P. S. I.

Premio.— Este trabajo ha sido galardonado con el "Premio 1976" de la Sociedad Canaria de Oftalmología. El tribunal juzgador estuvo formado por los doctores HANSELMAYER (Austria), MILDER (EE. UU.), MURUBE DEL CASTILLO (España), PICÓ SANTIAGO (Puerto Rico), VERGEZ (Francia) y WEIL (Argentina).

Separatas.— La solicitud de separatas hágase al autor, a 6 Wexford Blvd., Scarborough, Ontario, Canadá MIR 1L1