

# Architektur und Funktion des Tränenfilms

R. Eder-Schmid  
Nürnberg

Störungen der Tränenfilmstabilität führen zum Symptomenkomplex des “Trockenen Auges”. Die Ursachen können vielgestaltig sein. Ziel ist es, ein einfaches Prozedere für eine praxistaugliche Tränenfilmanalyse zu entwickeln.

Bei der Aufrechterhaltung der Tränenfilmstabilität spielen physikalische Phänomene wie Kohäsion (Haftreibung, Benetzung) und Adhäsion (Oberflächenspannung, Kompressibilität, Viskosität) sowie der Randwinkel eine entscheidende Rolle. Die Irregularität der Oberflächen und der corneale Krümmungsradius sind weitere wichtige Parameter.

Die Kraft, die der Stabilität des Tränenfilm entspricht, lässt sich berechnen:

$$F = 2 \sigma l$$

$F$  = Tränenfilmstabilität (N),  $\sigma$  = Oberflächenspannung (N/m),  $l$  = Breite des Tränenfilms (m)

Die Oberflächenspannung beträgt:

Wasser 20 Grad: 0,073 N/m

Wasser 100 Grad: 0,059 N/m

Quecksilber: 0,468 N/m

Benzol: 0,027 N/m

Die **Oberflächenspannung** des Tränenfilms beträgt ca. 0,04 N/m. Kritische Bereiche der Oberflächenspannung werden unter 0,032 N/m erreicht. Tränenersatzmedikamente besitzen Oberflächenspannungen zwischen 0,043 N/m und 0,071 N/m.

Die **Viskosität** eines Medikaments ist wenig aussagekräftig und lässt sich kaum reproduzierbar ermitteln (Achtung bei entsprechenden Angaben).

$\sigma$  ist also abhängig von der Körperoberflächen- und damit der **Umgebungstemperatur, vom Anteil an Detergentien und Lipoproteinen und von der Oberfläche** (d.h. eigentlich vom Verhältnis von Lidspaltenweite zu Hornhautdurchmesser).

Die **Stabilität des Tränenfilm** kann demnach erhöht werden durch

- eine Reduzierung der Kraft des Oberlides beim Öffnen der Lidspalte, z.B. Schwächung der Oberlidmuskulatur bzw. durch Lidspaltenverengung
- eine Vergrößerung der Breite des Tränenfilms
- durch eine Erhöhung der Oberflächenspannung des Tränenfilms, z.B. durch Temperaturerhöhung (gemäß der Eötvös'schen Regel), Reduzierung von Detergentien und Lipoproteinen im Tränenfilm und eine Reduzierung der Oberfläche

Der Tränenfilm ist aus drei Phasen aufgebaut, die gradiell ineinander übergehen:

- **Lipidphase:**

Breite 0,1 um (76% der Störungen) aus 15% polaren Lipiden, 32% Wachsestern und 27% Cholesterinestern

**Ursprung:** Lidaußen- (Moll-, Zeissdrüsen) und Lidinnenseite (Meibomdrüsen)

- **Wässrige Phase:**

Breite 7 um (11% der Störungen) aus (Glyko-)Proteinen, Basisaufnahme durch die Lipidschicht hindurch (1,2 ul/min)

**Ursprung:** palpebrale und lakrimale Tränendrüse, Wolfring- und Krausedrüsen im Fornix

- **Muzinschicht:**

Breite 0,05 um (4% der Störungen) aus Mucoproteinen

**Ursprung:** Lidinnenseite (Henle-Drüsen), Bulbusoberfläche (Manzdrüsen, Becherzellen)

- **Glykokalyx:**

Oberflächenmorphologie (Lidkante, Lidschluss, Bulbusoberfläche, LIPCOFS)

Aufgrund der Lage ihres Produktionsortes liegen die Phasen in vermischbaren Schichten vor.

### **Diagnostische Parameter:**

**Lipidphase:** Bestimmung von Schichtdicke und Strukturverteilung durch Messung des Interferenzmusters mit Tearscope plus

**Wässrige Phase:** Bestimmung des Schichtvolumens durch Schirmertest

**Muzinphase:** Beurteilung der Schichtintegrität durch Bengalrosaanfärbung

(Minims Rose Bengal 1% w/v, Chauvin Pharmaceuticals Ltd. Surrey, KT2 6TN, United Kingdom).

Die Parameter der einzelnen Phasen müssen von außen nach innen analysiert werden, um die Integrität des Phasenschichtaufbaus durch die Untersuchung nicht zu beeinflussen: Zunächst Keratoskopie mit Tearscope plus, dann Schirmertest, zuletzt Anfärbung mit Bengalrosa

Damit lassen sich eine ggf. pathologisch gestörte Phasenverteilung feststellen und therapeutische Maßnahmen darauf abstimmen:

### **Lipidphase:**

Seborrhoe(+): Lidrandmassagen, Wärme/Rotlicht, ggf. Antiphlogistika

Seborpenie(-): Lidrandmassagen zur Öffnung okkludierter Drüsengänge,

Lidspaltenverengung, unkonservierte niedrig- bis hochvisköse Filmbildner z.T.,

Augensalbe z.N., Hyaluronsäure

### **Wässrige Phase:**

Hyperlacrime(+): Tränenwegssanierung, Elimination von Störfaktoren, ggf.

Antiphlogistika

Hypolacrime(-): unkonservierte niedrig- bis hochvisköse Filmbildner z.T., Augensalbe

z.N., Hyaluronsäure; Salagen oral

### **Muzinphase:**

Mucorrhoe(+): Mucolyse

(Rp. Fluimucil Antidot 20% Injls. 5,0 physiol. NaCl ad 10,0)

Mucorpenie(-): unkonservierte niedrig- bis hochvisköse Filmbildner z.T., Augensalbe z.N., Muzinanaloga (Systane), Hyaluronsäure

**Morphologische Störungen:**

Lidrandmassagen, Epithelregeneratoren

**Klassifizierung verfügbarer Präparate:**

**Niedrigvisköse Filmbildner** (Polymere, Viskosität ca. 10 mPas):

- Cellulose (Cellufresh, GenTeal, SicOphtal)
- Polyvinylalkohol (Liquifilm N, Artelac (EDO))
- Povidon (Lacrisic (SE), Protagent (SE), Oculotect fluid (sine), Lacophtal (sine))
- Polyvinylalkohol-Povidon-Kombination (Lacrimal (o.k.))
- Kombination aus Polymeren und Epithelregeneratoren (Siccprotect, Oculotect)

**Hochvisköse Filmbildner** (Carbomergele, Viskosität ca. 50000 mPas):

- Polyacrylsäure (Siccapos Gel, Vidisic (EDO), ThiloTears (SE), Liposic (EDO))

**Hyaluronsäurederivate** (Biolan, Xidan EDO, Hylan 0.65, Blink contacts)

**Epithelregeneratoren:**

- Vitamin A-Derivate (VitaminA-POS-AS, Vitagel Augengel, Vitafluid AT, Regepithel AS, Solan M-AT, Oculotect (sine) AT, Oculotect Gel)
- Heparin (Heparin-POS-AS/AT)