

(Aus der kgl. Universitäts-Augenklinik zu Greifswald.)

Beiträge zur Anatomie der Tränenwege.

Mit besonderer Berücksichtigung mechanisch bedeutungsvoller Einrichtungen.

Von

Dr. R. Halben,
Assistent der Klinik.

Mit Taf. IV und V, Fig. 1—6 und 2 Figuren im Text.

Bei der Bearbeitung der Physiologie der Tränenorgane empfand mein Chef, Herr Professor Schirmer, es als ein unüberwindliches Hindernis für das Verständnis der physiologischen Vorgänge bei der Tränenableitung, dass in der Kenntnis des anatomischen Baues dieser Teile noch wesentliche Lücken und Widersprüche bestehen. Die vorliegende Arbeit sucht diese Lücken auszufüllen und die Widersprüche zu klären.

14 Tränenröhrchen, 6 Tränenpunkte, 16 pathologische und 6 normale Tränensäcke und 3 isolierte mediale Lidbänder wurden untersucht, davon alle Pünktchen und ein erheblicher Teil der Röhrchen und Säcke in kontinuierlichen Serienschnitten. Die Pünktchen und die pathologischen Säcke sind sämtlich operativ gewonnen und lebensfrisch konserviert, das übrige ist teils sehr frisches, teils älteres Leichenmaterial.

In den Vordergrund des Interesses ist in den meisten Spezialarbeiten die Art des Epithelbelages und die Frage nach dem Vorkommen von Schleimhautdrüsen gerückt. Meine darauf bezüglichen Befunde werde ich nur beiläufig erwähnen. Viel wichtiger scheint mir ein Studium der kontraktilen und elastischen Elemente in der Wand des Tränenschlauches und seiner nächsten Umgebung. Und dieses Studium ist auch insofern dankbarer, als das topographische Verhalten von Muskulatur und elastischen Fasern noch an älterem Leichenmaterial und, mit einiger Vorsicht in der Deutung, an krankem Material einwandfrei darstellbar ist. Speziell die elastischen Fasern

haben sich mir an altem Präparierbodenmaterial, das ich der Güte des Herrn Geh. Hofrat R. Wiedersheim verdanke, mit genau der Präzision und Schönheit gefärbt, wie an ganz frischer Operationsausbente.

Es erwähnen zwar fast alle Autoren das Verhalten der Muskelbündel um das Tränenröhrchen und den Tränenpunkt, und einige geben sorgfältigere Beschreibungen; auch findet sich fast überall ein Vermerk über das Vorkommen und selbst über die Reichlichkeit der elastischen Fasern, aber keiner betont die geradezu imposante Mächtigkeit des elastischen Gewebes um die Tränenröhrchen, im Lidband und um die Tränenpünktchen, und speziell hat niemand die bindegewebigen Teile in Struktur und Verlauf einer Beschreibung und Analyse nach mechanischen Gesichtspunkten gewürdigt.

Um nicht durch eine zu lange einleitende Besprechung der in der Literatur niedergelegten Ansichten über den ganzen tränenableitenden Apparat zu ermüden, will ich direkt in medias res gehen und vom Tränenpünktchen bis zum Eingang in den Tränennasengang fortschreitend, bei jedem einzelnen Abschnitt im Anschluss an eine kurze Sichtung der Literatur das Ergebnis meiner eigenen Untersuchungen niederlegen und dabei als bekannt voraussetzen, was in den gebräuchlichen Lehrbüchern der Anatomie, der Augenheilkunde und in den vorzüglichen Darstellungen von Merkel (58, 59) und Schwalbe (77) über die Topographie der Lider, des Hornerischen Muskels und des Tränenschlauches gesagt ist.

Tränenpünktchen.

Die Tränenpünktchen sind die einzige Stelle, an der Einigkeit über die Art des Epithels herrscht. Es ist ein hohes geschichtetes Pflasterepithel von einer Gesamtmächtigkeit von 60, 80—120 μ und einer Lagenzahl von 6—8—12 Zellreihen.

Die Anordnung der Zellen ist, wie ich vorwegnehmen darf, genau wie im Tränenröhrchen.

Zu unterst liegt eine Reihe sehr gleichmässig geformter, cylindrischer Zellen, mit intensiv gefärbten, stäbchenförmigen, in der Zellachse, also radiär gestellten Kernen. Es folgt eine, im Verlauf des Röhrchens mit der Gesamtdicke wechselnde Anzahl von Zelllagen, an denen keine deutliche Prävalenz des radiären über den circulären Durchmesser zu konstatieren ist.

Schwalbe (77) braucht für diesen Zelltypus die passende Bezeichnung isodiametrisch.

Zu oberst platten sich die Zellen dann deutlich ab und haben, wie der Vergleich von radiär und flach getroffenen Zellen ergibt, deutliche Schüppchengestalt. In den Zellen der mittleren Schichten findet sich bisweilen Chromatinretraktion, d. h. die intensiv gefärbte Substanz des Kernes hat sich zusammengezogen, so dass zwischen ihr und der Kernmembran resp. der Grenze des Zellprotoplasmas eine sichelförmige leere Lücke entstanden ist. Ob dieser Zustand auf präformierten Differenzen dieser Zellen beruht und welcher Natur diese sind, oder ob dieselben reine Kunstprodukte sind, vermag ich nicht zu entscheiden. Diese Zellen darf man nicht verwechseln mit den gleichfalls, wenn auch seltener, in den mittleren Schichten vorkommenden Schleimzellen, Zellen, an denen der Kern mehr oder weniger an die Wand gedrückt erscheint, und das Protoplasma des Zelleibes durch blasse homogene Substanz ersetzt ist. Bei manchen Individuen finden sich dann noch im Lumen in grösserer oder geringerer Zahl im ganzen stark gefärbte, nekrotische Plättchenzellen, die bisweilen in längere Fetzen verbacken sind, ohne dass man Zellgrenzen oder Kerne erkennen könnte. Diese sind eben in einem Stadium der Abschilferung betroffen, das natürlich nicht pathologisch zu sein braucht. Die Kerne der mittleren Schichten sind bläschenförmig, die der obersten Schichten abgeplattet bläschenförmig, und tingieren sich viel zarter als die der Basalzellen.

Von dem Vorhandensein einer eigentlichen Basalhaut, wie sie von fast allen Autoren behauptet wird, habe ich mich, wenigstens wenn damit eine strukturlose Membran als Ausscheidungsprodukt der Zellen gemeint ist, nie überzeugen können. Dieselbe wird vorgetäuscht einmal dadurch, dass die Basen der Basalzellen sehr genau und glatt aneinander angepasst sind und alle in einer Ebene liegen, und dann dadurch, dass das elastische Gewebe der Umgebung sich unter dem Epithel so enorm verdichtet, dass man an nicht spezifisch gefärbten Präparaten nicht mehr erkennen kann, dass hier ein Filzwerk vorliegt, in das die Cylinderzellen einzeln fest eingelassen sind. Daher wird die Basalmembran von den Autoren auch als fein gezähnt (Merkel, Schwalbe u. a.) bezeichnet, womit meines Erachtens doch ihre Eigenschaft als strukturlos nicht eingeschränkt werden soll.

Das elastische Gewebe, das in enormer Menge die Tränenpunkte umzieht und den ganzen Raum zwischen Lumenepithel und äusserer Epidermis fast völlig ausfüllt, verdichtet sich an der Sohle des Epithels zu einer festen, straffen Matte, deren Fasern radiär, circular

und longitudinal geflochten sind und so in allen Richtungen grosse Dehnbarkeit und elastische Vollkommenheit garantieren. Diese Matte umschliesst das Röhrchen im ganzen Verlauf mantelartig, etwa vergleichbar dem Mantel des Pneumatikschlauchs eines Fahrrades. Von ihr strahlen in grosser Zahl radiäre Fasern in die Umgebung, während weitere Circulartouren sich vorwiegend an die allernächste Nachbarschaft dieser Matte halten und überhaupt von den Radiärfasern an Masse im ganzen übertroffen werden. Die elastischen Fasern reichen überall auch in der höchsten Kuppe der Papille bis hart unter das Epithel sowohl des Röhrchenlumens als der äusseren Haut und, allerdings in etwas zarterer Struktur und Anordnung, auch der Conjunctiva.

Die Dicke dieses Elastinmantels beträgt im Röhrchenverlauf im Durchschnitt 0,4 mm.

Das Überwiegen der Radiärfasern über die circulären bedarf einer Einschränkung resp. Spezifizierung, insofern als im horizontalen Röhrchenabschnitt in der ganzen Länge genau am conjunctivalen und cutanen Pole des horizontalspaltförmigen Röhrchenquerschnitts die Circularfasern prävalieren. Das Verständnis dieser Anordnung dürfte indes ohne Vorwegnahme speziellerer Beschreibung der Lage und Form dieses Röhrchenabschnittes schwierig sein, und ich verschiebe deshalb ein genaueres Eingehen auf diese typische Verschiedenheit in der Ordnung der elastischen Wandelemente auf einen späteren Abschnitt.

Ein Sphinkter der conjunctivalen Mündung des Tränenröhrchens, den nach Krehbiel (38), Berres (8) 1835 als erster beschrieben und den schon E. H. Weber (90) als wahrscheinlich hingestellt hat, ist sicher vorhanden.

E. H. Weber schreibt 1832: „Vielleicht haben die Tränenpunkte kleine Ringmuskeln, sphincteres, vielleicht liegt ein Ringmuskel auch da, wo der Tränensack in den Kanal übergeht,“ und Berres schreibt in seiner Anthropotomie 1835: „Jede Tränenwarze und jedes Tränenrohr besitzt einen eigenen Muskel zur Aufnahme und Weiterschaffung der Tränenfeuchtigkeiten,“ und weiter: „Die Mündungen der Tränenwärtchen können durch einen besonderen Schliessmuskel verschlossen werden. Dieser ist äusserst zart und besteht aus einigen Muskelfasern, die sich von dem naheliegenden Kreismuskel des Albins los-trennen, und die Tränenwarze umschlingen.“ In Hyrtls Handbuch der topographischen Anatomie 1853 liest man: „Die Tränenpunkte sind irritabel und ziehen sich auf mechanische Reize zusammen.“

Einen kontraktilen Stoff nicht muskulärer Natur nimmt v. Hasner an. Einen Kreismuskel behaupten Janin (39) und Pappenheim (65); Luschka (54) nimmt eine den Mündungsteil umgreifende Zwinge des *Musculus Horneri* an. R. Maier (55) beschreibt nur elastisches Gewebe um die Papillen. Heinlein (29) und Krehbiel (48) bestreiten das Vorkommen eines Sphinkters. G. Schwalbe (77) beschreibt einen solchen, der indes keine Kreistouren mache, sondern aus einer Schlinge des Hornerschen Muskels hervorgehe. Ihm schliesst sich Rauber (68) an, und eine ähnliche Beschreibung gibt Gerlach (26)¹⁾ und Merkel (57), der in der ersten Auflage des Graefe-Saemisch die erste Abbildung dieses Sphinkters gibt. Es ist indes nicht gesagt, ob dieser „aus schlingenförmigen Orbicularisfasern“ gebildete Sphinkter die naturgetreue Abbildung eines mikroskopischen Schnittes oder schematisiert ist. Merkel bezweifelt selbst (Graefe-Saemisch, S. 137, 2. Aufl.), ob dieser Sphinkter bei der Derbheit des Papillengewebes überhaupt im stande ist, eine Verengung zu bewirken.

Diesen Zweifel habe ich auch gehabt. Wenn man auf einem mikroskopischen Schnitt, der quer zum Lumen der Röhrenmündung geht, zuerst die paar zarten Muskelfasern sieht, die nicht einmal in geschlossener Tour in dem anscheinend strafffaserigen Gewebe das hier anscheinend derbwandige Röhren umziehen, so kann man sich schwer eine komprimierende Wirkung vorstellen. Ich habe aber nachweisen können, dass dieser im Querschnitt in der Flächenausdehnung schwache Muskel (4—6—10 Primitivbündel à 6—7 μ Dicke) in seiner Tiefenausdehnung (auf Längsschnitten der Mündung und vor allem an lückenlosen Serienquerschnitten studiert) sehr mächtig ist und noch zartwandigere Teile des vertikalen Röhrenabschnitts umgreift. Den ersten Muskelfasern bin ich $\frac{1}{10}$ mm unter der inneren Kuppe, d. h. der Stelle, wo Lumenepithel von Epidermis in der Querschnittebene sich zu trennen beginnt, begegnet.

Ob man an der conjunctivalen oder an der Hautseite zuerst Fasern begegnet, scheint mir individuell verschieden zu sein. Ich würde sagen, dass die ersten Muskelfasern 0,2—0,3 mm unter der Kuppe der Papille auftreten und dass sie an allen vier Seiten des Lumens in der Regel etwa 0,05—0,1 mm tiefer zu treffen sind. Ich glaube, dass man in der topographischen Deutung der mikroskopischen Befunde äusserst vorsichtig sein muss, da die exakte Orien-

¹⁾ Gerlach gibt ähnliche Abbildungen wie Merkel.

tierung dieser kleinen Objekte im Paraffinblock höchst schwierig ist. Mich haben schlechte Erfahrungen an mangelhaft orientierten Präparaten dazu getrieben, diesem Teil der Arbeit die grösste Sorgfalt zu widmen. Wo ich exakte Querschnitte haben wollte, habe ich es als das sicherste gefunden, die Pünktchen oder Röhrchen erst mit einer feinen russischen Borste zu sondieren und dann die Schnitt-richtung senkrecht auf diese Borste zu orientieren.

Dass ich dann nicht im ersten Schnitt der Kuppe, der eine Spur des Objekts enthält, gleich einen allseitig geschlossenen Epithelring erhalte, liegt natürlich daran, dass die Kuppenhöhe durchaus nicht genau in einer zur Achse senkrechten Ebene abzuschliessen braucht. Die Borste kann man, um das Messer zu schonen, aus dem aufgeklebten orientierten und mit Richtungsebene versehenen Block leicht wieder entfernen, ohne dass das Epithel dabei leidet.

Einzelne circuläre Muskelfasern konnte ich im Schnitt kontinuierlich über eine Länge von 400μ verfolgen. Das ist für die Güte der Orientierung natürlich ein Beweis nur unter der unbewiesenen Voraussetzung, dass die einzelnen circulären Fasern wenigstens annähernd in einer zur Lumenachse senkrechten Ebene verlaufen. Die letzten auf Querschnitten längs getroffenen Muskelfasern an allen vier Seiten trifft man etwa 1,1 mm unter der Kuppe dicht vor der Umbiegung in den horizontalen Teil.

Der Muskel hat demnach eine Tiefenausdehnung von annähernd 1 mm.

Von einem derartigen Muskel, dessen Einzelfasern zwar keine geschlossenen Kreistouren bilden, sondern, wie die beigegebene Abbildung 1 erläutert, sich erst in ihrer Gesamtheit zu einem Schnürmuskel vereinen, kann man sich schon eine ziemlich kraftvolle Einwirkung auf den in der Tiefe doch schon zarteren Schlauch vorstellen. Wenigstens ist er im Verhältnis zur Wandstärke reichlich so mächtig wie die Cirkulärmuskulatur aller Arterien, der doch niemand ihre komprimierende Funktion abspricht, und wenn man die mechanischen Leistungen, die einem Sphincter ani, pylori, vesicae obliegen, betrachtet, so könnte man diesen das Tränenpünktchen umkreisenden Fasern schon die Fähigkeit zutrauen, bei Kontraktion Eintritt wie Rücktritt von Tränen völlig zu hindern. Besonders muss man bedenken, dass die Wand der Röhrchenmündung und ihre Umgebung zum allergrössten Teil aus elastischem Gewebe besteht, das zwar mikroskopisch sehr derbe Fasern aufweist, physikalisch aber einem Zuge viel weniger Widerstand entgegensetzt als z. B. das kollagene Bindegewebe. Die

Bezeichnung „elastische“ Fasern verführt zu der Vorstellung, als besäßen diese Fasern einen hohen Elastizitätsgrad. Das ist aber durchaus nicht der Fall. Die Fasern haben ihren Namen von ihren kautschukartigen Eigenschaften, hoher Dehnbarkeit bei sehr vollkommener Rückkehr in die Ausgangsform nach Wegfall der dehnenden Kraft. Körper mit diesen Eigenschaften bezeichnet der Laie als elastisch, obwohl schon eine geringe Kraft genügt, um Formveränderungen an ihnen hervorzurufen, während der Physiker Elastizität als die Fähigkeit, formverändernden Gewalten zu widerstehen, definiert und den Grad der Elastizität bemisst nach dem Grade der Kraft, die erforderlich ist, um eine prozentualische Verlängerung des Materials in der Richtung des Kraftzuges zu bewirken.

Da diese physikalische Begriffsdefinition der Elastizität heutzutage doch wohl jedem Mediziner geläufig ist, so liegt allerdings in der Bezeichnung dieser Fasern als „elastisch“ eine Quelle des Missverständnisses.

Es ist Triepels(85) Verdienst, durch Messungen am Nackenbande des Rindes festgestellt zu haben, dass der Elastizitätsmodul des elastischen Gewebes tatsächlich im Vergleich zu dem des leimgebenden Bindegewebes ein enorm niedriger ist, und aus diesem Grunde energisch gegen die Bezeichnung „elastisch“ protestiert zu haben. Triepel schlägt statt dessen vor, die alte Bezeichnung „gelbes Bindegewebe“ wieder aufleben zu lassen. Ob dieselbe glücklich ist, vermag ich nicht zu ermesen. Jedenfalls geht aus den Triepelschen Messungen hervor, dass ein kleiner Muskel es enorm viel leichter hat, Formveränderungen in einer Umgebung hervorzurufen, die vorzugsweise aus elastischen Fasern besteht, als wenn an Stelle der „elastischen“ gewöhnliche Bindegewebsfasern lägen. Die physiologische Bedeutung, quasi das „Verdienst“, der elastischen Fasern liegt danach darin, dass sie trotz ihrer leichten grossen Dehnbarkeit eine ebenso absolute elastische Vollkommenheit besitzen wie jedes andere Gewebe des lebenden Organismus. Sie werden also überall in Lumenwänden in der Mächtigkeit und Massenverteilung liegen, um die „geforderte“ Form in Ruhe gerade erhalten zu können, dagegen den eingelagerten oder inserierenden Muskeln bei Kontraktion einen möglichst geringen Widerstand entgegenzusetzen, resp. dem geringsten Muskelzuge schon zu weichen. — Nach all diesem ist es anatomisch sehr wahrscheinlich, dass dieser Muskel das Tränenpünktchen zu schliessen vermag. Ohne durch physiologische Experimente gestützt zu sein, darf man ihm diese Funktion natürlich nicht positiv zuweisen.

Ich möchte indes nicht unterlassen, an dieser Stelle auf die gar nicht seltene klinische Beobachtung hinzuweisen, dass man die Spitze einer feinen Tränenspritze nach der Einführung im Tränenröhrchen festgehalten fühlt, ein Gefühl, das mich lebhaft an das erinnerte, was die katheterisierende Hand bei Spasmus urethrae empfindet, mit dem ich diesen Spasmus als reflektorischen Vorgang, der nur bei abnormer allgemeiner oder lokaler Reflexerregbarkeit auftritt, in Parallele setzen möchte.

Noch eine andere klinische Thatsache spricht für das Vermögen dieses Muskels, die Tränenpünktchen zu schliessen, nämlich die Retention einer grossen Menge von Tränen bei Blepharospasmus, die erst bei gewaltsamem manuellen Öffnen der Lider als wahre Flut aus dem Conjunctivalsack hervorstürzen. Die Papillen tauchen bei diesem Zustand vollständig in den Tränenschwall ein, der Ausfall des Lidschlages als normalen Trärentreibers genügt nicht zur Erklärung der Tränenstauung, da der im Bindehautsack entstehende Überdruck den pathologischen Überschuss an Tränen in die offen stehenden Tränenröhrchen hineinpressen müsste. Dagegen ist es sehr verständlich, dass der Schliessmuskel des Tränenpunktes, der anatomisch als ein Derivat des Musculus orbicularis oculi aufzufassen ist, und dessen Innervation vermutlich in hohem Grade der des Muttermuskel konjugiert geblieben ist, mit diesem gleichzeitig und durch die gleichen Ursachen in Tetanus versetzt wird, und so den Eingang in die Abflussröhrchen völlig verschliesst.

Hierher gehören auch die beiden von Seggel(79) angeführten Fälle von Epiphora durch Sphinkterkrampf und die von Herrn Prof. Schirmer in seinen „Studien zur Physiologie und Pathologie der Tränenabsonderung“ angeführte Beobachtung, dass die Sphinkterkontraktion beim Lidschlag an Patienten mit weiten Tränenpunkten und Eversion des Lidrandes leicht direkt zu sehen ist.

Ich habe im vorhergehenden absichtlich den Ausdruck Sphinkter vermieden und zwar aus rein anatomischen Bedenken. Der Name ist sonst in der neuen Nomenklatur nur für runde ringförmige Muskeln gebraucht, deren Züge in ziemlich genauen Kreistouren um den Mittelpunkt des Lumens als Zentrum herumgehen. Vielleicht sollte er für derartige Formationen reserviert bleiben. Hier an der Tränenpapille finde ich zwar auch an allen Seiten Muskelfasern, aber die einzelnen Züge verlaufen flach an einer Wand entlang, um sich dort rechtwinkelig mit denen, die die Nachbarwand umgreifen, zu überkreuzen, oder sie verlaufen, wie oben links in meiner Abbildung, zwar bogen-

förmig um das Lumen herum, aber dieser Bogen umfasst doch höchstens die Hälfte der Gesamtcircumferenz, und sein Zentrum liegt nicht in der Mitte des Lumens, sondern in oder jenseits der gegenüberliegenden Wand. Wenn man nicht vorziehen will, überhaupt einen andern Namen zu geben, etwa *Musculus orbicularis pap. lacr.* oder der Physiologie vorgreifend *Musculus constrictor punct. lacr.*, so sollte man wenigstens durch einen Zusatz, etwa „quadrangularis“, zum Ausdruck bringen, dass es sich nicht um einen typischen Sphinkter handelt. Ein solcher kommt, wie Schwalbe (77) bemerkt, nur im Bereich der glatten Muskulatur vor. (Cf. aber den *Sphincter iridis* bei Vögeln und Reptilien.) Es handelt sich bei dieser Bildung übrigens nicht nur um eine einfache Zwinge, gebildet durch sich überkreuzende Fasern, der conjunctival- und hautwärts vom Röhrchen längs dem Lidrande ziehenden Muskulatur, sondern es ziehen, wie man speziell an Longitudinalserien erkennen kann, direkt vertikale Verbindungsbrücken überkreuzend und senkrecht zwischen obern und untern Horizontalzügen.

Der Muskel drängt an seinem Ort das elastische Faserwerk auseinander, resp. wird innig von letzterm durch- und umflochten, in ihm entspringend und endend.

Die Topographie dieses Abschnittes ist in den Handbüchern (Merkel und Kallius, Merkel, Schwalbe, v. Gerlach u. a.) ausführlich beschrieben. Die einzige Bemerkung, die ich mir dazu gestatten möchte, ist die, dass eine eigentliche Tränenpapille, wie sie diese Autoren beschreiben, durchaus nicht konstant vorkommt. Sehr häufig, besonders in jüngerm Lebensalter, findet man das Pünktchen im Niveau des Lidrandes, oder nur fast unmerklich gehoben. Die ovale Form der Mündung habe ich auch fast immer gefunden, und zwar mit dem grössten Durchmesser in der Achse des Lidrandes¹⁾. Die Weite der Öffnung variiert in weitem Grenzen als gewöhnlich angegeben wird; ich habe diese am obern Röhrchen zwischen 320 und 640 μ im grössten Durchmesser des Ovals gefunden. Eine kräftige und steile trichterförmige Verjüngung von der Mündung bis zu den Angustiae ist häufig, bisweilen aber ist sie kaum ausgesprochen.

In *Elastica* und Röhrchenepithel habe ich keinerlei Altersdifferenzen gefunden. Im Gegenteil stellt es sich beim 80jährigen Greis genau so dar wie beim 3jährigen Kinde.

¹⁾ Vereinzelt findet man die Öffnung fast schlitzförmig mit entgegengesetzt, also quer zur Lidrandachse, gestelltem längstem Durchmesser, ohne dass Funktionsstörung dabei besteht.

Tränenröhrchen.

Das bis in die Tiefe von etwa $1\frac{1}{4}$ mm vertikal verlaufende Röhrchen biegt nun unter individuell verschieden starker Ausbuchtung in das Tränenröhrchen um, in frühen Lebensstadien (Embryo, Kind) fast rechtwinkelig geknickt, in späterm Alter in sanftem Bogen (Gerlach).

Von Gerlach und seinem Schüler Heinlein sind des genauern an dieser Stelle 2 Erweiterungen, ein horizontales Divertikel vor der Umbiegungsstelle und ein vertikales direkt an der Umbiegungsstelle, beschrieben und durch Abbildungen illustriert. Auch bei Merkel und Schwalbe finden sich Abbildungen, aus denen diese Erweiterung ersichtlich ist. Auch ich habe in dieser Gegend eine beträchtliche Erweiterung gefunden, möchte aber die Masse erst später im Zusammenhang mit denen des Röhrchens geben.

Die Mehrzahl der Autoren beschreibt im Röhrchen Pflasterepithel (eine Anzahl nimmt ein dem Sack zunächst gelegenes „Mündungsstück“ davon aus, das Cylinderepithel trägt; doch davon später!). Wie Pappenheim Flimmerepithel, Arnold kegelförmige Zellen und R. Maier gar geschichtetes Cylinderepithel hat finden können, ist mir schwer verständlich. Ich kann nur den Erklärungsversuch machen, dass Maier, der die nicht epithelialen Wandbestandteile schon so sorgfältig und richtig beschrieben hat, an maceriertem Präparierbodenmaterial untersucht hat. Dieses ist allerdings, wie ich mich an dem Freiburger Material habe überzeugen können, zu Epithelstudien völlig untauglich. Schon vor Maier haben Ross (1848), Hyrtl (1853) und H. Meyer (1856) übereinstimmend geschichtetes Pflasterepithel beschrieben, und in den neuern Lehrbüchern der Histologie, Anatomie und Augenheilkunde findet sich nur diese Angabe, die die einzig richtige ist.

Wenn Maier im Tränenröhrchen sogar traubenförmige und schlauchförmige Drüsen angibt, so glaube ich diese ganz einzig dastehende Angabe mit seinen Befunden über das Epithel in Parallele setzen zu dürfen.

Schwalbe, Rauber und Merkel lassen die Basalzellen einer feingezähnelten Basalmembran aufsitzen. Soweit die Autoren sich über das elastische Gewebe überhaupt äussern, herrscht Einigkeit in der Angabe, dass solches in der Röhrchenwand mehr oder weniger reichlich vorhanden ist. Doch ist dies meist wie beiläufig erwähnt. Mit die beste Beschreibung gibt Henle, der angibt, dass unter dem Epithel das Bindegewebe fast völlig durch elastisches Gewebe ver-

drängt ist, welches Scheidewände zwischen die Muskeln sendet. v. Ebner (45) gibt in der neuen Auflage von Köllikers Handbuch der Gewebelehre eine gute Abbildung des elastischen Gewebes um das Röhrchen herum.

Schwalbe (77) und nach ihm Böhm und Davidoff (13) und Rauber (68) lassen die elastischen Fasern vorwiegend circulär verlaufen.

Muskeln sollen nach Heinlein (29) nur an der äussern hautwärts gelegenen, nicht an der bulbushwärts gelegenen Wand des Röhrchens verlaufen. Krehbiel (48) lässt die Muskeln grösstenteils spiralig, zum geringern Teil parallel der Röhrchenwand gehen, allerdings als allseitigen Mantel. Henle (31), Pappenheim (65), Stöhr (82), Janin (39), Merkel (59) (Graefe-Saemisch) sprechen von Längsmuskulatur. Schwalbe (77) und Merkel (58) (Topogr.) bezeichnen die Muskulatur als longitudinal oder spiralig, letzteres mit Hinweis auf Krehbiel (loc. cit.), und Gerlach (loc. cit.), Rauber (loc. cit.), die sich ähnlich ausdrücken, schöpfen vielleicht aus derselben Quelle. Hertel (32) gibt, soweit mir bekannt, als einziger Cirkulärmuskulatur um das Röhrchen an¹⁾.

Das vertikale Anfangsstück des Tränenröhrchens halbiert etwa in seiner Sagittalebene den Winkel zwischen Haut und Conjunctiva. Während seine mediale Wand schon in der Tiefe von ca. $1\frac{1}{4}$ mm sich zu horizontalem Verlauf umschlägt, geht seine laterale (temporale) Wand ziemlich vertikal in gleicher Richtung weiter bis in eine Tiefe von ca. $2\frac{1}{4}$ mm, um dann gleichfalls sich zu horizontalem Verlauf nasalwärts umzuwenden. Es entsteht dadurch im Beginn des horizontalen Astes ein Querschnitt (Sagittalschnitt), der exquisit spaltförmig ist. Dieser Spalt neigt sich im weiteren nasenwärts gerichteten Verlauf mit seiner dem Lidrand fernen Kante sehr bald mehr der Conjunctiva zu, macht also eine leichte Torsion durch, die ihn schon in etwa 1 mm Abstand von der Umbiegungsstelle annähernd horizontal stellt. In dieser Lage hält er sich auf seinem ganzen Weg zum Tränensack, dabei an Kaliber abnehmend und sich mehr rundend. Das im Beginne des horizontalen Abschnitts etwa 1,3 : 0,05 mm messende Lumen hält auf halbem Wege noch etwa 0,9 : 0,05 mm, um ganz nahe der Mündung in den Sack seine engste Stelle mit ca. 0,5 : 0,3 mm zu erreichen. Die bei-

¹⁾ Nach einer brieflichen Mitteilung Herrn Prof. Hertels hat er an jener Stelle nur das vertikale Anfangsstück des Röhrchens im Auge gehabt. Es fällt damit jeder Widerspruch fort.

gegebene Serie schematischer Querschnitte (Textfig. 1) erläutert diese Veränderungen in Form und Lage des Röhrchens besser, als es eine ausführliche Beschreibung täte. Schon Foltz (22) hat im Jahre 1860 die leere Spalte als Ruheform der Röhrchen erkannt und er hat das Verdienst, schon damals den Orbiculariskontraktionen die Dehnung dieser Spalte zum Cylinder beim Lidschlag zugeschrieben zu haben.

Die längliche Form des Röhrchenquerschnitts wird noch ausgesprochener, wenn man die Epithelwand mitmisst, indem diese an den einander nahen platten Schlauchwandungen dünn ist, während sie an den Umbiegungskanten in viel grösserer Mächtigkeit auftritt (cf. Fig. 2). Dadurch erhält der Querschnitt im temporalen Abschnitt

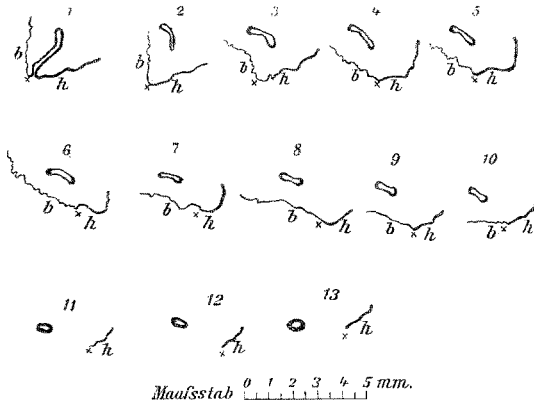


Fig. 1. Schematische Sagittalschnitte durch das obere Tränenröhrchen, vom Pünktchen zum Sack in Abständen von $\frac{1}{2}$ mm fortschreitend. *h* Haut, *b* Bindehaut, *x* der Pünktchenmündung entsprechende Stelle des Hautbindehautüberganges.

Schlauchkante allmählich fort, und es nimmt die Dicke des Epithels an diesen Stellen ziemlich kontinuierlich ab, beträgt aber in der Mitte der Röhrchen doch noch ca. 120μ gegen ca. 40μ an den Langseiten. Das Verhältnis sinkt dann schnell weiter, um nahe der Mündung in den Sack mit etwa $80:64\mu$ annähernde Gleichmässigkeit zu erreichen.

Das Epithel ist ein schönes geschichtetes Pflasterepithel, geordnet wie im Pünktchenabschnitt, nur dass Becherzellen hier ein etwas häufigeres Vorkommen sind, als dort, und dass in den oberflächlichsten und mittlern Schichten bisweilen Zellen auftauchen, deren Kern nicht bläschenförmig und zart tingiert, sondern stäbchenförmig bis kurz oval, sehr chromatinreich und in seiner Hauptachse cirkulär gestellt ist.

eine Form, die sich der Waffel- oder Hantelform nähert. Erst wenn man die Tunica propria in den Betrachtungsbereich mit einbezieht, gleicht sich die Konkavität der Plattwände wieder etwas aus. Dieses Verhalten ändert sich kaum in den ersten $2\frac{1}{2}$ mm von der Umbiegung an. Von da an fällt der Unterschied in der Epitheldicke zwischen conjunctivaler und cutaner

Die unterste Zelllage ist hier wie dort cylindrisch mit stäbchenförmigem, radiärem, stark tingiertem Kern sehr nahe der Basis, doch nicht so nahe, dass nicht noch eine schmale Schicht sehr dichten, anscheinend strukturlosen Protoplasmas unter ihm Platz hätte. Diese Schicht ist es, welche jeweils eng und genau an ihren Nachbarn angefügt, die strukturlose Basalmembran vortäuscht. Dass eine solche nicht wirklich vorhanden ist, erkennt man überall da, wo durch irgend eine mechanische Einwirkung das normale Gefüge der Zellen gestört ist. Nirgends findet man da Zellen von ihrer Basalhaut abgehoben, sondern stets ist, wo eine Zelle von ihrem Nachbarn etwas abgesprengt ist, auch die scheinbare Basalmembran unterbrochen. Bei nicht spezifischer Färbung könnte auch die nächste Lage elastischen Gewebes für eine Basalmembran gehalten worden sein. Eine einzige Elastinfärbung gibt indes darüber Aufschluss, dass hier nicht eine strukturlose Membran wie z. B. die Descemet oder die vordere Linsenkapsel vorliegt, sondern es sich um eine allerdings sehr fest und dicht gewirkte Matte von elastischen Fasern handelt. Von dieser strahlen radiäre Fasern in die Umgebung aus, um im Bereiche der ganzen Tunica propria wieder von Cirkulärfasern durchflochten zu werden und sich weiter zwischen die Bündel der Muskulatur zu verteilen.

Es zeigt sich nun eine typische Verschiedenheit in zwei aufeinander senkrechten Durchmessern, wie in der Figuration des Lumenquerschnittes und in der Dicke des Epithels, am ausgesprochensten in der temporalen Hälfte, nach nasal zu abnehmend, ohne doch je ganz verwischt zu werden, auch in dem Aufbau und der Verteilung des elastischen Gewebes.

Die Tunica propria ist am schmalsten da, wo das Epithel am dicksten ist, an den Umbiegungskanten des platten Schlauches, und am dicksten da, wo das Epithel am dünnsten ist, an den Ober- und Unterflächen des platten Schlauches. Viel wichtiger aber als diese Massenverteilung erscheinen mir die Unterschiede in der Verlaufsrichtung. Es ist schon an Hämatoxylin-Eosinpräparaten zu erkennen, dass die Bindegewebszüge an den dünngepflasterten, dichtgewebten Langseiten des Querschnitts die Basalmatte vorwiegend in radiärer Richtung verlassen, während an den dickgepflasterten, dünngewebten Kurzseiten (Umbiegungskanten) die Cirkulärfasern weit überwiegen. Das ist sehr deutlich. Ich finde wenigstens schon in meinen Skizzen aus der Zeit, ehe ich Elastinfärbungen vorgenommen und ehe ich mir eine Vorstellung über die Physiologie dieser Teile gebildet hatte, an den

Kurzseiten „*Fibrae fibrosae arcuatae*“ und an den Längsseiten „*Fibrae fibrosae dilatatores*“ verzeichnet¹⁾. Diese letzte Bezeichnung involviert allerdings eine physiologische Anticipation. Man kann aber diesen Fasern, die sich fest in die Basalmatte inserieren, im vornhinein, selbst ohne die Muskeln zu kennen, gar keine andere Funktion zumuten als die einer Dilatation. Mit noch viel grösserer Evidenz zeigt sich dieses Verhalten an spezifisch gefärbten Schnitten. Ich habe hier und an allen andern Teilen dieser Arbeit zur Elastinfärbung nur die Orceinmethode angewandt. Diese hat mir in ihrer neuesten im Unnaschen Laboratorium gebräuchlichen Modifikation so präzise und eindeutige Bilder geliefert, dass ich auf die gleichzeitige Benutzung der Weigertmethode verzichten konnte. Man erhält da Bilder, wie sie in den beigegebenen Figuren 1 und 3 recht naturgetreu wiedergegeben sind, nur dass man ausser und zwischen den eingezeichneten Fasern noch unendlich zahlreiche feinere elastische Fäserchen distinkt gefärbt findet, die sich bei der gewählten Vergrösserung ohne Übertreibung nicht einzeichnen lassen, zum Teil überhaupt erst bei stärkster Vergrösserung sichtbar werden. Die Mächtigkeit des elastischen Fasermantels, der das Röhrchen umgibt, unterliegt auf dem Wege nasalwärts keinen bedeutenden Veränderungen, nur nimmt im allerletzten Teil, kurz vor der Einmündung in den Sack, auch an den kurzen Seiten die radiäre Anordnung und gleichzeitig die Dicke zu, so dass auch hierin eine Analogie mit dem Verhalten des Epithels besteht, indem tränensackwärts die Typendifferenz zwischen Querschnitts-längsseite (des kollabierten Schlauches Ober- und Unterfläche) und Querschnittskurzseite (des kollabierten Schlauches Umbiegungskanten) sich verwischt.

Nach aussen von dieser höchst elastinreichen *Tunica propria* folgt eine durchweg longitudinale Muskulatur, die einen völlig geschlossenen Mantel rings um das Röhrchen bildet, und zwar in ganzer Längenausdehnung, bis an den Durchtritt des Röhrchens durch die aponeurotische Hülle des Tränensackes (= vordere Aponeurose des Hornerischen Muskels = hinterer Schenkel des Lig. palp. med. Merkel-

¹⁾ Diese senkrecht zur Epithelfläche inserierenden Fasern sind schon im Jahre 1875 in der ganz vorzüglichen Arbeit Robin und Cadiats (69) richtig beschrieben. Dieselben Autoren verzeichnen schon damals den grossen Reichtum engmaschiger elastischer Netze, die Verdichtung derselben zur Basalmatte und den brusken Charakterwechsel des Epithels beim Übergang von Röhrchen in Sack und illustrieren diese Befunde durch zwei gute Querschnitte, einen durch das Röhrchen, einen durch das untere Pünktchen.

Henle). Und zwar reguliert sich der Abstand der nächsten Muskelbündel von der Basalmatte nach der jeweiligen Dicke der Tunica propria, die wie erwähnt in der Regel etwa umgekehrt proportional der Dicke des Epithels ist. So schwankt der Abstand der Muskeln im Verlauf des Röhrchens wohl zwischen 0,16 und 0,32 mm an den Plattseiten und zwischen 0,03 und 0,11 mm an den Umbiegungskanten. Es lässt sich aber dem Muskelmantel keine konische oder abgeplattet konische Form zusprechen. Eine erhebliche Anzahl Fibrillen nimmt ihren Ursprung direkt aus der oben erwähnten Aponeurose. Unmittelbar, d. h. ohne Vermittlung von radiären elastischen Fasern inserieren keine Muskelfibrillen in die Basalmatte des Röhrchens.

Von einem Verlauf in Spiraltouren habe ich nichts konstatieren können, weder konnte ich an Querschnittsserien eine Verschiebung der einzelnen Muskelquerschnitte in ihrer relativen Lage zur Röhrchenwand nachweisen, noch habe ich an Longitudinalschnitten durchs Lumen und am Lumen entlang ein derartiges Verhalten wahrnehmen können. Wohl kommt es vor, dass einzelne Bündel nicht genau parallel der Röhrchenachse in spitzem Winkel sie überkreuzend verlaufen. Das ist aber weder die Regel, noch winden sich diese Fasern um das Röhrchen herum, sondern vielmehr tangieren sie das Röhrchen an einer Stelle, während mit dem Abstand von dieser Berührungsstelle entlang der Muskelfaser die Abstände ihrer Punkte von der Röhrchenwand zunehmen. Dies lässt sich an streifenden Längsschnitten des Röhrchens studieren. Der makroskopischen Präparation hier die Entscheidung zu überlassen, möchte ich doch grosse Bedenken tragen. Denn wenn wirklich die Verhältnisse so minutiös sind, wie Krehbiel selbst sie schildert, so halte ich die Gefahr der Kunstprodukte für zu gross. Diese selbe Bemerkung gilt auch für die Darstellung der Muskulatur in der Papilla lacrimalis.

Die Muskelbündel und ihre einzelnen Fasern sind überall um- und durchflochten von Netzen feiner und feinsten elastischer Fasern, die eine direkte Fortsetzung der Radiärfasern der Tunica propria sind. Ausserdem gehen an verschiedenen Stellen der Röhrchencircumferenz, besonders an der Umbiegung von Lang- in Kurzseiten, stärkere Bündel radiärer elastischer Fasern in die grösseren intermuskulären Septen hinein, um schliesslich mit entfernter gelegenen Muskelbündeln in innigere Verbindung zu treten.

Es stellen somit die Radiärfasern eine federnde Verbindung der längs des Röhrchens entlang gleitenden Muskulatur mit der

mechanisch so leistungsfähigen Basalmatte dar, in deren Zähnelungen das Epithel mit seinen Cylinderzellen fest eingelassen ist.

Denke ich mir nun ein kontraktiles Rohr AB (Textfig. 2) sich soweit verkürzen und gleichzeitig soweit verzogen werden, dass B nach B' , C nach C' und D nach D' und A nach A' fällt, so muss ein in der Achse dieses Rohres befindliches dünneres Rohr, dessen Verziehung in axialer Richtung verhindert oder beschränkt ist, durch senkrechte Verbindungsarme zwischen ihm und dem Aussenrohr erweitert werden, wie untenstehende Figur erläutert. Wäre das Innenrohr und die Verbindungsarme starr, so würde Riss oder Bruch resultieren, wären sie unelastisch, so würden sie nach gelungener Dehnung nicht wieder an ihren alten Ort zurückkehren. Da die elastische Substanz in unserem Fall wirklich allen Teilen dieses Modells Dehnbarkeit und Elastizität verleiht, so werden nicht alle Veränderungen mit

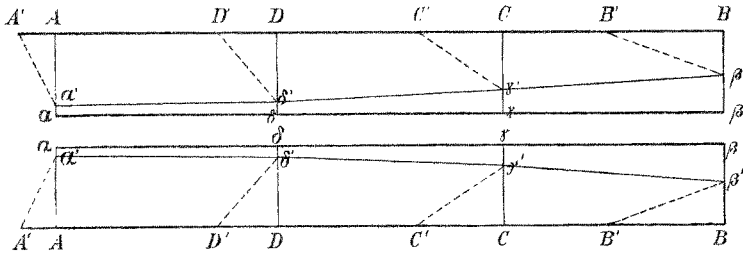


Fig. 2.

starren Übertragungen auf einen festen Punkt zu beziehen sein, sondern die verschiedenen Übertragungs- und Umschaltungspunkte werden sich gegenseitig beeinflussen. Es wird also z. B. $\alpha\beta$ nicht nur auf AB , sondern AB auch ein wenig auf $\alpha\beta$ zu gezogen werden, $C'\gamma'$ wird etwas über die Länge von $C\gamma$ hinaus gedehnt werden und β wird sich, soweit seine sonstigen Fixationen es erlauben, α nähern. Im ganzen würde aber doch für das innere Rohr eine Erweiterung resultieren, die mit dem Weiterschreiten der Kontraktion in der Aussenhülle fortschreiten müsste. Das Elastin dieser Teile würde wie Einschaltung zahlreicher Kautschukfäden wirken und während der Kontraktion den Bewegungen Weichheit und Gleichmässigkeit verleihen, nach ihrem Ablauf die Rückkehr in die Ausgangsform garantieren. In vivo ist dieser Vorgang natürlich noch komplizierter, aber ich glaube, es ist erlaubt, im Interesse der Vereinfachung des Verständnisses zu schematisieren. Wenn diese grobe Skizze erläutert, dass eine derartige dilatatorische Funktion der umgebenden Längsmuskulatur mög-

lich ist, so ist ohne weiteres einleuchtend, dass die mannigfachen Einzelheiten in Verlauf, Kaliber und Durchflechtungsart der elastischen Fasern im Dienste der allerfeinsten Ausbalancierung des Ablaufs dieser Dilatation zweckmässig sein mögen, ohne dass unser Verstehen diesen Feinheiten des Aufbaues der Natur im Detail zu folgen vermag.

Als Analogiebeispiele für die rohrdilatierende Wirkung von Längsmuskulatur möchte ich die Hautmuskulatur der Rundwürmer und unsere Darmmuskulatur anführen.

Dass auch in der quergestreiften Säugetiermuskulatur die Kontraktion wellenförmig verläuft, wird allgemein angenommen. Ohne weiteres verständlich ist das für all jene Skelettmuskeln, deren Nerv seine Fasern nachweislich aus verschiedenen Rückenmarksmetameren erhält. Doch auch für die Muskeln, für die eine derartige Innervationsbahn nicht bekannt, besteht die Annahme, dass die Kontraktion der Einzelfaser eine wellenförmige ist, und dass die verschiedenen Fasern sich nicht genau gleichzeitig kontrahieren. Nach einer mündlichen Mitteilung, die ich Herrn Prof. Bonnet danke, gilt ausserdem mit Wahrscheinlichkeit ein Gesetz, wonach im Säugetiermuskul die Kontraktionswelle auf das Punctum fixum hin gerichtet ist. Am Orbicularis oculi würde dieser Fixpunkt nasal liegen; die ihn innervierenden Facialisfasern kommen von lateral, haben also den längsten Weg bis zu den nasalen Partien des Lidmuskels.

Alle diese Betrachtungen stützen meine Vermutung, dass beim Lidschlag die Orbiculariskontraktion (und nicht nur die Lidspaltenverkleinerung) von temporal nach nasal fortschreitet, allerdings in sehr schnellem Tempo.

Ich halte es nun nicht für unmöglich, dass der Lidschlag, wenn er überhaupt Flüssigkeit nach den Tränenpunkten zu treiben vermag, was nach Schirmer wenig wahrscheinlich ist, die minimalen Flüssigkeitsmengen, die da in Frage kommen, in so kurzer Zeit zum Tränensee befördert. Dieselbe Welle würde dann die das Röhrchen umkleidende Muskulatur dem Lidschlag eine Spur metachron in Kontraktion versetzen und so die Röhrchendilatation erzeugen, die zur jedesmaligen sofortigen Weiter- und Abfuhr der durch den Lidschlag herbeigefegten Tränenwelle erforderlich ist.

Ein sehr schönes und wohlstudiertes Beispiel für einen derartigen Innervationsakt, bei dem in gleichgeordneter quergestreifter Muskulatur ein Muskelabschnitt weiter befördert, was sein kurz vor ihm innervierter Nachbargenosse ihm zugeführt hat, haben wir in der Schluck-

muskulatur und dem Schluckakt des Menschen. Ein derartiges Hand in Hand-Arbeiten aller Teile des Orbicularis erscheint mir für die gesteigerten Abfuhransprüche bei psychisch und reflektorisch gesteigerter Tränensekretion sehr vorteilhaft. Bei Lidschluss kann dieser Mechanismus nicht wirken, weil derselbe nach anderem Innervationsmodus stattfindet, bei Lidkrampf versagt die Abfuhr völlig, weil dabei gleichzeitiger Krampf des Sphincter quadrangularis papillae die Tränenröhrchenmündung schliesst.

Ich habe geglaubt, die sich aus den anatomischen Befunden zwanglos ergebende Vorstellung von ihrem Zweck und ihrer Wirkungsweise geben zu dürfen. Eine physiologische Theorie kann daraus natürlich nur werden, wenn physiologische Experimente diese Vorstellungen bestätigen.

Tränensack.

Ich möchte mich nun immer noch nicht der Tränenröhrchenmündung und dem sog. „Mündungsstück“ zuwenden, sondern zunächst den Tränensack abhandeln, um dann den Übergang der beiden beschriebenen Teile ineinander zu untersuchen.

Die Topographie des Tränensackes setze ich als bekannt voraus. Hier will ich nur der einen Anschauung begegnen, die ich zwar in der Literatur nicht gefunden habe, die mir aber bei Ophthalmologen begegnet ist, nämlich, dass der Tränennasengang zwar erheblich in frontaler und sagittaler Richtung von der Vertikalen abweiche, individuellen und Rassenunterschieden unterliege, der Sack aber stets genau oder fast genau vertikal verlaufe. Im Gegenteil! Die Verlaufsrichtung des Sackes weicht in frontaler Ebene meist stärker, in sagittaler wenigstens ebenso stark vom Lot ab wie die des Ganges, indem die Kuppe bedeutend weiter medialwärts und nach vorn liegt als die Einmündung in den Tränennasengang (Gerlach, loc. cit., Merkel, Topograph. und Graefe-Saemisch).

Unter den sämtlichen Schädeln der Sammlung der hiesigen Anatomie, deren Studium mir durch die Güte des Herrn Prof. Bonnet gestattet war, habe ich nicht einen einzigen gefunden, an welchem die beiderseitigen Fossae sacci lacrimalis in ihren medialen Wänden parallel gewesen wären. Sondern überall fand sich eine, allerdings individuell schwankende Divergenz dieser Wände auf ihrem Wege von oben nach unten. Diese Divergenz schwankte zwischen geringen Abweichungen von der Vertikalen bis zu einem Schrägstand unter fast 45°. Da der häutige Tränensack sich der Fossa fest einschniegt,

ist seine Lage natürlich durch sie bestimmt, und dem entsprechend habe ich auch am Lebenden intra operationem Schrägstände bis zu fast einem halben Rechten gesehen. Irgendwelche typischen Unterschiede nach Alter, Geschlecht und Rasse, nach Kopfform oder Gesichtsbildung habe ich an den Schädeln dieser Sammlung, die ja allerdings nicht übermässig gross ist, nicht herausfinden können. Vom ersten Auftreten der Fossa an skelettierten Schädeln aus der 19. Embryonalwoche an fand ich dieselbe stets vorhanden, immer schräg, aber wechselnd im Grade des Schrägstands. Ein exakter Querschnitt durch den Sack trifft deshalb nie das Ligamentum palpebrae mediale (= vorderer Schenkel des Ligamentum palpebrae mediale, Henle und Merkel) längs, denn dieses verläuft konstant fast horizontal. Die temporale Wand des lege artis exstirpierten Sackes erscheint unten deshalb länger als die nasale.

Die Orientierung am herausgeschnittenen Sack wird dadurch in angenehmer Weise unterstützt.

Wenn man von der Mündung der Tränenröhrchen und von den verschiedenen beschriebenen Klappenvorrichtungen absieht, so herrschen über die gröbere Form des Sackes eigentlich keine Meinungs-differenzen. Die nach Bochdalek, Hyrtl, Béraud und Krause benannten Klappen sind von allen neueren Untersuchern in Abrede gestellt resp. auf variable Schleimhautwulstungen zurückgeführt. Ich selbst habe von eigentlichen Klappen nichts gesehen, weder im Röhrchen noch im Sack.

Der Schleimhaut schreiben alle Autoren Cylinderepithel zu, Uneinigkeit herrscht nur über die Schichtenzahl und über die Frage, ob es Flimmercilien trägt oder nicht.

Ross(74), H. Meyer(60), Henle, Quain-Hoffmann(67), Kuhnt(50) und Kölliker(45) treten für Wimpernbefestigung ein. R. Maier(55) bestreitet strikte das Vorkommen von Flimmerepithelien. Von neueren Autoren finde ich es absolut nur von Rauber und Hertel verneint. Merkel(57) und Schwalbe(77) nehmen nach dem Vorgange von Walzberg(89) einen vermittelnden Standpunkt ein, indem sie in den sonst flimmerlosen Epithelbelag Inseln bewimperter Zellen eingeprengt sein lassen. Alt(2) 1900 hat bei seinen zahlreichen Untersuchungen nie Flimmerepithel gesehen. Die Zweireihigkeit des Epithels betonen Stöhr(82), Böhm und Davidoff(13), Schwalbe(77), Rauber(68), zwei- bis mehrreihig nennt es Kölliker(45).

Ich möchte vorausschicken, dass die Frage nach dem Flimmer-epithel meines Erachtens negativ nur an zahlreichem, völlig normalem,

frisch und gut konserviertem Material, das wohl sehr selten ist, entschieden werden kann, positiv nur, wenn bei Immersion deutlich die einzelnen biegsamen Wimperhäärchen, nicht nur irgend ein heller Saum zu sehen ist. Ich habe all meine Schnitte mit Sorgfalt daraufhin untersucht, habe aber nie eine Spur von Wimpernbesatz entdecken können, auch nicht am absolut intakten Cylinderepithel des normalen Tränensackes eines neugeborenen Siebenmonatskindes.

Schwalbe (77) hatte Gelegenheit, ein Präparat vom Tränensack eines Hingerichteten zu untersuchen, und konnte sich dort nicht von dem Vorhandensein von Flimmerzellen überzeugen, er hält aber individuelle Unterschiede für möglich. Bei der Betrachtung und kritischen Sichtung meines Gesamtmaterials komme ich zu dem Resultat, dass in der Norm die oberste Lage des Epithels aus sehr hohen Cylinderzellen gebildet wird, welche sich nach unten zu stark konisch verjüngen. Zwischen ihren derart zugespitzten Basen eingekeilt liegt eine Reihe kürzerer kegelförmiger Zellen. Diese werden von Schwalbe (77) und Rauber (68) — wie mir scheint, treffend — als Ersatzzellen bezeichnet.

Die Cylinderzellen fand ich bisweilen nur ca. 16μ hoch, in der Regel viel höher 34—44—52, ja sogar — 64μ hoch. Die bläschenförmigen Kerne dieser Zellen sind zum grössten Teil nahe an die Basis gerückt, der hohe Zelleib ist häufig mit klarem, durchsichtigem Sekret gefüllt; ein Zustand, der ein Übergangsstadium zu den über die Schleimhaut verstreuten echten Becherzellen bildet. Diese liegen teils einzeln, teils in Nestern beieinander, wobei sie sich dann an den einander zugewandten Flächen gegenseitig abplatten.

Unter dem Epithel folgt direkt eine Schicht adenoiden Gewebes. Eigentliche Knötchenanordnung des retikulären Gewebes fand ich nur ziemlich selten; wo sie vorkam, lagen im Zentrum des Knötchens 8— 10μ grosse epitheloide Zellen, während die Rindenschichten von 5— 8μ grossen Rundzellen eingenommen waren. Ob diese Follikel als normale Gebilde anzusprechen sind, vermag ich nicht zu entscheiden; zweifellos aber ist die adenoide Submucosa in ganz normalen Säcken regelmässig vorhanden.

Bei entzündlichen Zuständen nimmt die Infiltration derselben mit Rundzellen bedeutend zu und es findet eine Zellauswanderung durch das Epithel statt, welches bei gelinder Einwirkung des Reizes seine Funktion steigert (Zunahme der normalen Becherzellen), bei stärkerer sie einstellt und schliesslich nekrotisch wird.

Die fibröse Wand des Sackes, die der Submucosa nach

aussen folgt, und deren absolute Dicke ich nicht gemessen habe, da sie mit dem Füllungsgrade natürlich wechselt, enthält ebenso wie die Röhrchenwand elastische Fasern. Und wie ich gleich hier Joerrs entgegenhalten möchte, liegen diese nicht nur in der ganzen Tunica propria, sondern ganz feine elastische Fasernetze dringen in den Maschen der adenoiden Submucosa bis hart an die Basis des Epithels vor. Zum Teil kann man sich allerdings erst bei starker Vergrösserung von ihrem Vorhandensein überzeugen, aber nachweisbar bleiben sie selbst bei sehr praller pathologischer Infiltration. In einzelnen Säcken, den normalen, aber auch solchen mit ganz stark infiltrirter Submucosa, verdichtet sich das durch den ganzen Infiltrationsbereich verfolgbare zarte Elastinnetz direkt unter dem Epithel zu einer feinen, nicht strukturlosen elastischen Membran, in die die Epithelzellen innig eingelassen sind. Die Bilder erinnern durchaus an die Beziehung zwischen Epithelsohle und Basalmatte in der Röhrchenwand, nur dass dort die elastische Membran enorm viel derber ist als hier. In der fibrösen Wand verteilt sich das elastische Gewebe derart, dass es in den feinsten und kürzesten Fasern und relativ geringster Mächtigkeit die nasale, dem Knochen aufliegende Wand durchspinnt. Hier findet es sich in mächtigerer Häufung nur in den Wänden der sehr zahlreichen Gefässe (Arterien in allen Grössen bis zu $120\ \mu$ Durchmesser, im Durchschnitt etwa $80\ \mu$ und Venen zwei- bis dreimal so stark). Doch soll man es sich auch im übrigen Bereich nicht zu spärlich vorstellen.

In dicken, kräftigen, langgeschlängelten Fasern und grosser Gesamtmächtigkeit ist es in der ganzen temporalen Wand gehäuft und fast in gleicher Stärke in der Vorderwand, die durch das Ligamentum palpebrale med. (vorderer Schenkel desselben, Henle) verstärkt wird. Dies Ligament besteht, wie man ausser an Schnittpräparaten an frischen Zupfpräparaten bei Behandlung mit Laugen und Säuren, ganz besonders schön aber an mit Orcein gefärbten Zupfpräparaten sehen kann, fast ausschliesslich aus sehr kräftigen elastischen Fasern, deren Zwischenräume von elastischen Fasern geringeren Kalibers bis zu den feinsten gedrängt ausgefüllt sind. Beiläufig möchte ich den allerdings nur einmaligen Befund vereinzelter, quergestreifter Muskelfasern im Innern des Ligaments erwähnen, dem ich allerdings keine grosse Bedeutung beilegen will. Wenigstens wenn ich derartige Bilder, wie sie die beigegebene Fig. 6 wiedergibt, auf mehreren einander folgenden Schnitten finde, inmitten des Bandes eine Muskelfaser rings von elastischem Gewebe umschlossen, so kann ich mir das

nicht durch eine blosser Insertion von Muskelteilen in eine Ligamentnische erklären. Auch die Kuppe des Sackes ist von reichlichem Elastinwerk durchzogen. Der kräftige elastische Fasermantel der temporalen Seite, wo gleichfalls die Räume zwischen den gröberen Fasern durch feinere fast erfüllt sind, geht kontinuierlich in den Elastinmantel des Röhrchens über. Es ist in der Hülle des Tränensackes keine so regelmässige Struktur wie in der des Röhrchens zu konstatieren. Sondern die Fasern überkreuzen sich in den verschiedensten Richtungen, fast alle aber liegen in der Ebene der Sackwand. Muskelfasern senken sich wohl tief in diese Faserplatte ein, treten aber nie auf die Innenfläche dieses Elastinmantels, auch nicht am Röhrcheneintritt. An der temporalen Seite behält diese Elastindecke ihre Stärke in ganzer Ausdehnung nach oben hin und hinab bis zur Mündung in den Tränennasengang ziemlich unverändert. An der Vordrseite bleibt sie in gleicher Kraft, nur so weit das eigentliche Ligament reicht, unterhalb desselben werden die elastischen Fasern viel zarter und bilden ein weniger dichtes Netz. Diese Stelle entspricht der, die nach den Lehrbüchern zuerst zu Ektasien neigt, und deshalb auch von älteren Forschern als besonderer normaler Sinus beschrieben ist.

Drüsen, die von Maier (loc. cit.) über den ganzen Verlauf des Tränensackes beschrieben sind, und zwar in Schlauch- und Traubenform, konnte ich als gelegentliches Vorkommnis bestätigen, und zwar nicht nur im Fundus, sondern auch noch weiter abwärts. Ich habe nur verzweigte tubulöse Drüsen gesehen mit einem Ausführungsgang von etwa 100 μ Lumen, mit 8—12 μ hohem einreihigem Cylinder-epithel ausgekleidet, das einer echten strukturlosen Basalhaut aufsitzt. Im Lumen fand ich mit basischen Anilinfarben zart gefärbtes homogenes Sekret (cf. Fig. 5).

Ähnliche Befunde gibt Joerres (40) an, er bezeichnet die Gebilde als seröse oder Eiweissdrüsen und hält sie für Analoga der Krause'schen Drüsen der Conjunctiva, mit denen sie allerdings Ähnlichkeit haben. Auch Joerres hat diese Drüsen nur bisweilen gefunden (in 8%). Walzberg (89) und Merkel (58) (topogr.) leugnen Drüsen und geben nur Schleimhautkrypten zu. Rauber (68) nennt Schleimdrüsen im unteren Abschnitt des Sackes. Kuhnt (50) beschreibt echte Drüsen im Fundus, Alt (2) (1900) findet acinöse und tubulöse Drüsen.

Die acinösen gleichen nach ihm denen des Lidrandes, die tubulösen sehen aus wie Schweissdrüsen. Der grosse Fleiss, den Alt auf seine Mikrophotographien verwendet hat, ist leider schlecht belohnt.

Die 68 einfarbigen Bilder, die er gibt, sind weder schön noch instruktiv, und mühsam zu studieren. Anordnung und Struktur der Bindesubstanzen ist gar nicht zu erkennen.

Völlig gezeugnet wurden die Drüsen wieder neuerdings von Rochon-Duvigneaud (72). Meiner Ansicht nach ist das Vorkommen von Drüsen im Tränensack inkonstant und unwichtig. Mit Joerrs halte ich es für möglich, dass die Drüsen in normalen Organen häufiger und reichlicher zu finden sind als in unserm vorwiegend pathologischen Material.

Schleimhautkrypten, und zwar bisweilen sehr tiefe, sind häufig, aber die Forscher, die nur solche gelten lassen, tun den Drüsenbekennern unrecht, wenn sie ihnen zutrauen, dass sie diese Krypten für echte Drüsen gehalten hätten.

Krehbiel beschreibt ein 2—4 mm langes, 1 mm breites Lymphdrüschchen, das der Tränensackkuppe direkt nach hinten von der Röhrenmündung fest aufliegt. Ich habe ein solches nie gesehen, möchte aber das Vorkommen nicht bestreiten.

Vom Tränennasengang habe ich nur einige Schnitte aus der obersten Partie, soweit sie bei der Exstirpation des Sackes erreichbar ist, untersucht. Ich fand in diesem Abschnitt die Wand ganz erheblich ärmer an elastischen Fasern als die des Sackes, im übrigen aber ganz die gleiche Struktur wie dort.

Der Rest des Ganges liegt ausserhalb des Bereiches meiner Untersuchungen. Ich habe mich demnach nur noch über die Mündung der Tränenröhren in den Sack zu äussern.

Mündung der Tränenröhren in den Tränensack.

Zunächst möchte ich über den Ort der Mündung der Tränenröhren Quain-Hoffmann (67) widersprechen, der den Sack die Röhren aussen und etwas vorn aufnehmen lässt. Sie münden fast immer hinter der frontalen Halbierungsebene des Sackes, wie dies schon Merkel (58) in seinem Hdb. der topogr. An. angibt. Ebenso wenig kann ich Lesshaft (53) recht geben, wenn er behauptet, dass die Mündung konstant in der transversalen Halbierungslinie des Ligament. palp. mediale läge. Erstlich erstreckt sich das Ligament viel weiter nach unten als von aussen sichtbar ist, ist nicht 1, sondern mindestens 2, aber bis zu 3 und 4 mm breit, und zweitens stimmt die Angabe auch nicht, wenn man als Ligament nur den die Haut vorwölbenden schmalen obersten Streifen rechnet. Ich habe die Röhren wenigstens ganz hoch aussen hinten oben münden sehen.

Nun zu der Art der Mündung:

Maier beschreibt sie als in der Regel getrennt auf einem kleinen Wulst mündend, welcher seinerseits in einer leichten temporalen Ausbuchtung sich erhebt, die nach dem Entdecker als Sinus Maieri benannt wird. Daneben lässt er gemeinsame Mündung vorkommen, wobei dann dieser gleiche Wulst von unten her das Mündungslumen etwas verdrängen soll. Krehbiel (48) schliesst sich Maiers Beschreibung an und lässt die Mündung auf einer Art Lippenwulst als Regel gelten.

Auch Merkel (58) beschreibt in seiner topogr. Anat. getrennte Mündung auf einer Art Papille, die er dem Diverticulum Vateri vergleicht. Daneben lässt er ein gemeinsames Endstück gelten, das bis über 2 mm Ausdehnung annehmen könnte. Auch Schwalbe lässt getrennte Mündung oder ein 0,8—2,2 mm langes Sammelrohr vorkommen¹⁾. Ähnlich äussert sich Merkel in der II. Aufl. Graefes-Saemisch, nur lässt er das Endstück sogar bis zu 3 mm lang werden. Alt fand in der Regel ein kurzes Sammelrohr, oft aber auch getrennte Mündung.

Rochon-Duvigneaud, der in seiner letzten Arbeit gute, nicht schematisierte, topographische Abbildungen gibt, nimmt einen 3—4 mm langen Sammelkanal mit Sackepithel an.

Sehr bestimmt spricht sich Kuhn²⁾ (50) für ein besonderes Mündungsstück aus, das er zum Tränenröhrchen rechnet, nur dass die Schleimhaut den Charakter des Cylinderepithels annehmen soll und sich adenoides Gewebe zwischen Tunica propria und Epithel eindringt.

Ihm schliesst sich Hertel an, der aber die Vorsicht übt, dass er das Mündungsstück nicht als einen Teil des Tränenröhrchens anspricht, sondern mehr als eine Partie sui generis.

Ich selbst habe öfter eine doppelte Mündung auf einer typischen kleinen Papille gesehen, und zwar in Gestalt zweier äusserst zierlicher, horizontal gestellter Schlitzes von bis zu 1 mm Länge, den obern dicht über dem untern. Diese Schlitzes waren ziemlich vollkommen geschlossen, und liessen sich leichter durch einen kleinen

¹⁾ Schwalbe betont aber, dass auch Gerlach, der von einem Sammelrohr spricht, die Tränenröhrchen getrennt die derbe fibröse Verstärkung des den Tränensack überspannenden Abschnitts der Periorbita, der von Henle und Merkel als hinterer Schenkel des Ligamentum palpebrae med. bezeichnet wird, durchbohren und sich also erst innerhalb des den Tränensack bergenden Raumes zum Sammelrohr vereinen, so dass dieses, wie der Sack, jeder muskulären Bekleidung entbehrt.

Druck auf die Nachbarschaft als von ihrem Lumen aus zum Klaffen bringen.

In diesen Fällen reicht im mikroskopischen Längsschnitt durch die Mündung, das schöne geschichtete Pflasterepithel, fest der fibrosen Hülle aufsitzend bis ins Niveau des Sacklumens, und erst gerade an der Umbiegung in die temporale Sackwand wandelt sich das Epithel in steilem Abfall, in dem die Schichtzahl abnimmt und die obersten Lagen ihren radiären Durchmesser vergrössern, in Sackepithel um, während gleichzeitig zwischen Epithel und Tunica propria die retikuläre Submucosa sich einschiebt. Diese Submucosa schneidet stets genau mit der Grenze ab, an der röhrenwärts die ersten exquisit platten Epithelien auftreten.

An andern Präparaten habe ich allerdings eine Ausstülpung der Sackschleimhaut gesehen, die ich bis $1\frac{1}{2}$ mm lang gefunden habe. Sie mag aber auch noch länger vorkommen. Dann münden die Röhren in diese Ausbuchtung hinein. Der Absatz zwischen Röhrenschleimhaut und Sackschleimhaut ist dort aber ebenso deutlich wie in den Fällen, wo er etwas weiter nasal im Niveau der Tränensackwand liegt. Ich sehe nicht ein, warum Autoren, die selbst die Neigung der Sackschleimhaut zu Buchtenbildungen beschreiben und selbst von teils enormen pathologischen Sackdilatationen berichten, eine partielle Dilatation des Sackes an dieser Stelle, die doch a priori bei der hier präformierten Durchbrechung der festen Sackmembran sehr begreiflich erscheint, nicht einfach mit unter das Gebiet der variablen bis pathologischen Ektasien rechnen und es vorziehen, dieses Stück dem Röhren zuzurechnen, von dem sie es doch durch völlige Andersartigkeit des Epithels, Eintreten einer adenoiden Schicht zwischen Epithel und Tunica propria und Aufhören des Muskelbelages unterscheiden. Ich kann mich nur W. Krause (47) anschliessen, der schon 1880 schreibt: „Einige rechnen die an der Einmündungsstelle gelegene kleine Ausbuchtung des Tränensackes zu den Tränenkanälchen.“ Tränensack wie Tränenröhren scheinen mir eine so charakteristische Wandstruktur zu besitzen, dass man dieselbe doch in erster Linie zur Definition heranziehen sollte.

Ja es hat sich in mir während dieser Arbeit die Vorstellung festgesetzt, als müssten diese grundverschieden gebauten Teile auch verschieden von verschiedenen Ausgangspunkten angelegt sein, so zwar, dass das Epithel von Sack und Gang aus der in die Tiefe gewucherten Tränenrinne, welche zwischen Oberkieferfortsatz und lateralem Stirnfortsatz gelegen ist, in einer Kontinuität entsteht, dass dagegen

die Röhrrchen erst sekundär von der Conjunctiva oder dem Lidrande aus angelegt werden — als Rinnen oder solide Zapfen — und so von dort aus zur sekundären Vereinigung mit dem Tränensack kommen. Ich glaube, dass da die Entwicklungsgeschichte wertvollere Aufschlüsse geben wird als die vgl. Anatomie, und ich habe beim Studium der daraufbezüglichen Literatur [Born (14, 15) 1879—82, Legal (52) 1882, Ewetzky (19, 20), Stanculeanu (80), Jouvès (41), Cosmettatos (18), Cabannes (16)] gefunden, dass zwar die Hauptanlage des Tränenschlauches, wie die Rinne als solider Zapfen in die Tiefe verlagert wird, sich an beiden Enden löst, und dann vom Auge zur Nase fortschreitend sich höhlt, klargelegt ist, dass aber gerade die Kommunikationsbildung mit dem Conjunctivalsack teils offen gelassen ist, teils widersprechend beschrieben. So lässt z. B. Legal (52) beim Schwein das obere Röhrrchen die direkte Fortsetzung des Hauptschlauches bilden, das untere seitlich aus ihm aussprossen, während Cosmettatos (18) am selben Tier gerade den umgekehrten Befund nachweist. Und selbst Ewetzky (20), dem wir die umfangreichsten und von deutschen Autoren neuesten Untersuchungen auf diesem Gebiete danken, gibt keine sichere Entscheidung, ob die Röhrrchen eher als Abkömmlinge der Lidrinne oder des Tränenganges aufzufassen sind. Wenigstens schreibt er (Arch. f. Augenheilk. VII), nachdem er vorher die Teilung des obern Endes der Anlage der Tränenwege beschrieben hat: „Entsprechend der Anlage der Tränenröhrrchen von der Mitte der untern Wand der Lidrinne finden wir die Mündungen derselben bei ganz jungen Embryonen nicht am Rande, sondern zunächst an der Wand der Lidrinne. Im weitem Verlaufe rücken dieselben immer weiter gegen den freien Rand derselben, aber erst nach erfolgtem Schlusse der Lidspalte treffen wir dieselben in der Gegend der innern Lidkante.“

Nach der Dissertation von Jouvès (1897) erscheint allerdings der von mir supponierte Modus ausgeschlossen. Wenigstens bildet er in Fig. 7 und 9 beim Foet von 4,7:6 und von 8,3:11 cm gegen die Conjunctivalspalte noch völlig geschlossene, sie aber schon berührende Tränenröhrrchen ab, die ohne Grenze in den Tränensack übergehen.

Da diese Arbeit aber die einzige ist, deren Ergebnisse positiv gegen die Möglichkeit einer getrennten Anlage von Sack und Röhrrchen sprechen, auch Nussbaum im Graefe-Saemisch (63) gerade hier keine Entscheidung gibt, so erscheint mir ein weiteres Studium der Tränenröhrrchenentwicklung doch noch lohnend.

Zusammenfassung.

Wenn ich nun zum Schlusse meine Befunde noch einmal zusammenfassen und dabei den Tränenschlauch, soweit ich ihn untersucht habe, mehr als ein geschlossenes Ganze behandeln darf, so möchte ich sagen: Die Tränenröhrchen beginnen an den rückwärts gewandten Punkten mit einem ganz kurzen Trichter ihren vertikalen Abschnitt, der von der sehr bald erreichten Enge dieses Trichters an sich kontinuierlich erweitert, bis er an seiner Umbiegung in den horizontalen Abschnitt in etwa $1\frac{1}{2}$ mm Tiefe seine grösste Weite und damit gleichzeitig die grösste Weite des ganzen Röhrchens, nämlich $1\frac{1}{2}$ —2 mm erreicht hat. Von dieser Stelle an verlaufen die Röhrchen als von oben nach unten abgeplattete Spalten annähernd horizontal bis zu ihrer Mündung im Tränensack, die im Ideal auf einer papillenartigen Erhebung in Gestalt zweier horizontalschlitzförmiger nahe untereinander gelegenen Öffnungen stattfindet.

In ganzer Ausdehnung, vom Punkt bis zum Übergang in den Tränenröhrchenkanal ist der Tränenschlauch von einer festen Matte aus elastischen Fasern umschlossen, die am massenhaftesten und dichtesten um die Punkte, aber auch im sonstigen Verlauf in überaus imposanter Menge und Dichtigkeit angeordnet sind. Nur die periorbitale Tränensackwand und der zwischen Lidband und Eingang in den knöchernen Kanal gelegene Abschnitt der Vorderwand des Sackes ist weniger stark durch elastisches Gewebe geschützt. In der Röhrchenwand ist die elastische Substanz der Basalmatten in longitudinaler, circumulärer und radiärer Richtung innig durchflochten, und an der Ober- und Unterfläche jedes Röhrchens strahlen von ihr zahlreiche kräftige elastische Züge in die Umgebung, die allseitig das Röhrchen bedeckenden längsverlaufenden Muskeln innig um- und durchflechtend. Es wird durch Vermittlung dieser Radiärfasern durch Kontraktion der Längsmuskulatur auf ihr nasalwärts gelegenes Punctum fixum hin eine Dilatation des Röhrchenpalts zu einem liegenden Oval ermöglicht. Der kollabierte Schlauch wird also zum Klaffen gebracht, gerundet und muss sich füllen. Dafür, dass dieser Modus tatsächlich besteht, spricht das von Schirmer (93) angeführte Experiment, welches ich mehrfach mitanzusehen Gelegenheit hatte. Es wird darin eine Eigenbewegung der Röhrchen nachgewiesen durch den Übertritt einer Pyocyaneus- oder Salicyllösung aus dem Bindehautsack in die frische offene Wundhöhle nach Tränensackexstirpation.

In der Wand des Sackes liegen die elastischen Züge sich in

allen Richtungen der Wandebene überkreuzend und durchflechtend. Die Bedeutung dieser so reichlichen Anhäufung elastischen Gewebes liegt mechanisch in der Gewährleistung leichter und grosser federnder Dehnbarkeit und stetiger Rückkehr in die Ausgangslage nach aktiver oder passiver Dehnung, chemisch aber in dem grossen Schutz, den es vermöge seiner Widerstandsfähigkeit nicht nur gegen Säuren und Alkalien, sondern auch gegen Pepsine, Bakterientoxine und andere proteolytische Stoffe gewährt.

Es wird dadurch dem Übertritt von Entzündungen von innen nach aussen wie von aussen nach innen gewehrt. Ebenso glaube ich die grosse Widerstandsfähigkeit der Gefässwände gegen derartige Einwirkungen auf ihren überaus festen Elastinmantel beziehen zu dürfen. Denn sonst ist anatomisch in ihnen keine Substanz nachzuweisen, der sie diese Sonderstellung danken könnten.

Die Mündung des Tränenröhrchens ist allseitig von Muskelfasern in ziemlicher Gesamtstärke umgeben, welche sich zu einem Sphincter quadrangularis kombinieren. Dieser ist vermöge seiner cylindrischen Ausdehnung über ein etwa 1 mm langes Stück des vertikalen Röhrchenabschnittes wohl zur Verengung und selbst völligen Verschliessung der Mündung geeignet.

Das Tränenröhrchen ist charakterisiert durch ein hohes geschichtetes Pflasterepithel, den oben geschilderten Elastinmantel, einen allseitigen Belag von Longitudinalmuskulatur und das Fehlen einer Submucosa. Die Tränensackwand ist charakterisiert durch ein zwei- bis mehrschichtiges Cylinderepithel, das von der straffen elastinreichen Wand, die oben geschildert, durch ein mehr weniger reichliches adenoides Gewebe getrennt ist, welches gleichfalls von feinen elastischen Netzen durchzogen wird.

Diese Verhältnisse habe ich beim 3jährigen Kinde und Neugeborenen, abgesehen von Grössendifferenzen, genau gefunden wie beim 80jährigen Greis und beim Erwachsenen.

Speziell kann ich erklären, dass das elastische Gewebe in allerfrühester Jugend schon vollständig ausgebildet ist. Nur findet man noch nicht so grobe, derbe Fasern wie beim Erwachsenen.

Dieser Befund stimmt mit dem, was über die Entwicklung des elastischen Gewebes in andern Organen bekannt ist [Gerlach (27), Bonheim (12) loc. cit.].

Zum Schlusse ist es meine angenehme Pflicht, meinem Chef, Herrn Professor Schirmer, für die Anregung zu dieser Untersuchung

und die stetige lebhafte Förderung meinen grössten Dank auszusprechen, und auch an dieser Stelle Herrn Professor Beumer, Herrn Professor Grawitz und Herrn Geh. Hofrat Wiedersheim für die liebenswürdige Überlassung von Material, Herrn Professor Bonnet, Herrn Professor Solger, Herrn Professor König und Herrn Dr. Triepel für Ratschlag und freundliche Belehrung ergebenst zu danken.

Literaturverzeichnis.

- 1) Alfieri, A., Sulla distribuzione delle fibre elast. nei bordi palpebrali. *Annal. di Ottalm. An. XXVII.* p. 312—316. Pavia 1898.
- 2) Alt, A., Original contributions concerning the glandular structures appertaining to the human eye and its appendages. *Transact. of the Acad. of Science of St. Louis.* Vol. X. p. 185—207. XXXVI. Taf. 1900.
- 3) Arlt, Über den Tränenschlauch. v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. Bd. I. 2. 1855.
- 4) Arlt, Über den Ringmuskel der Augenlider. v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. Bd. IX. 1. 1863. S. 64—98.
- 5) Arnold, Fr., Handb. d. Anatomie des Menschen. Bd. II. Freiburg 1851.
- 6) Bardeleben und Haeckel, Atlas der topographischen Anatomie des Menschen. Taf. XXI. Jena 1894.
- 7) Béraud, Description d'une valvule inconnue jusqu'ici et qui existe dans les voies lacrymales chez l'homme. *Gaz. méd.* No. 26. 1851.
- 8) Berres, J., Anthropotomie oder Lehre von dem Baue des menschlichen Körpers. Wien 1835.
- 9) Bertin, Exupère Jos., Mémoire sur le sac nasal ou lacrymal des plusieurs espèces d'animaux. *Mém. de Paris.* 1766.
- 10) Bianchi, Joh. Bapt., Ductus lacrymales novi, eorumque anatome, usus, morbi et curationes, epist. ad Jos. Lanzoni. Aug. Tausinor 1715. 4.
- 11) Bochdalek, Beitrag zur Anatomie der Tränenorgane. *Prager Vierteljahrschrift f. prakt. Heilk.* 1866. Bd. II.
- 12) Bonheim, P., Über die Entwicklung der elastischen Fasern in der fötalen Lunge. *Jahrb. d. Hamburg. Staatskrankenhäuser.* Bd VII. 1899/1900. Hamburg u. Leipzig 1902.
- 13) Böhm und Davidoff, Lehrbuch der Histologie des Menschen. 2. Aufl. 1898.
- 14) Born, Die Nasenhöhlen und der Tränennasengang der amnioten Wirbeltiere. *Morph. Jahrb.* Bd. V. 1879.
- 15) Born, Die Nasenhöhlen und der Tränennasengang der amnioten Wirbeltiere. *Morph. Jahrb.* Bd. VIII. S. 188—232. 1882.
- 16) Cabannes, Sur l'embryogénie des anomalies congénitales des points et canalicules lacrymaux. *Arch. d'ophtalm.* Tom. XVI. No. 7. p. 423—431. Paris 1896.
- 17) Cirincione, G., Sulla struttura delle vie lacrimali dell'uomo. *Nota preventiva.* La riforma medic. 1890. No. 195.
- 18) Cosmettatos, Recherches sur le développement des voies lacrymales. Thèse, Paris 1898.
- 19) Ewetzky, v., Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Auges. *Arch. f. Augenheilk.* Wiesbaden 1878.
- 20) Ewetzky, Zur Entwicklungsgeschichte des Tränennasenganges beim Menschen. v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. 1888. Bd. XXXIV. 1. S. 23.
- 21) Foltz, Anatomie et Physiologie des conduits lacrymaux. *Annal. d'Oculist.* Tom. XLIII. 1860.
- 22) Foltz, Recherches d'anatomie et de physiologie expérimentale sur les voies lacrymales. *Journ. de la physiol.* 1863.
- 23) Fuchs, E., Lehrb. der Augenheilk. 9. Aufl. Leipzig u. Wien 1903.
- 24) Gegenbaur, C., Grundzüge der vergleichenden Anatomie. Leipzig 1859.

- 25) Gerlach, J., Über den Verlauf der Tränenkanälchen und deren Verhältnis zu dem Musculus orbicul. palpebrae. Beitr. z. normalen Anatomie d. menschlichen Auges. Leipzig 1880.
- 26) Gerlach, J. v., Handbuch der speziellen Anatomie des Menschen. München u. Leipzig 1891.
- 27) Gerlach, L., Anlage und Entwicklung des elastischen Gewebes. Morph. Jahrb. Bd. IV. Suppl. S. 86 ff.
- 28) Hasner, v., Physiologie und Pathologie des Tränenableitungsapparates. Prag 1850.
- 29) Heinlein, Zur makroskopischen Anatomie der Tränenröhrchen. Inaug.-Dissert. Erlangen 1875.
- 30) Henke, Mechanismus der Tränenableitung. v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. Bd. VIII. 1. 1862.
- 31) Henle, Grundriss der Anatomie des Menschen, herausgeg. von Fr. Merkel. Braunschweig 1888.
- 32) Hertel, E., Beiträge zur pathologischen Anatomie der Tränensackerkrankungen. v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. Bd. XLVIII. 1. 1899.
- 33) Hoffmann, Lehrb. der Anatomie des Menschen. 2. Aufl.
- 34) Huschke, Eingeweidelehre. Bd. III u. IV. 1833. In S. T. Soemmerings Handbuch vom Bau des menschlichen Körpers. Leipzig 1844.
- 35) Hyrtl, Jos., Lehrb. d. Anatomie d. Menschen. Prag 1846.
- 36) Hyrtl, Handb. der topographischen Anatomie. Wien 1853.
- 37) Hyrtl, Die Corrosions-Anatomie. Wien 1873.
- 38) Janin, Jean, Mém. et observ. anat. physiol. et physiques sur l'oeil. Lyon et Paris 1772.
- 39) Janin, Jean, Anatomisch-physiologische und physikalische Beobachtungen der Augen. Aus d. Französ. v. Chr. Selle. (Neuer Titel.) Berlin 1776 (1788).
- 40) Joerres, K., Beiträge zur normalen und pathologischen Histologie des Tränenschlauches. Beiträge z. Augenheilk. H. 35—36. 1898.
- 41) Jouve, Recherches sur le développement des voies lacrymales chez l'embryon de mouton et l'embryon humain. Thèse. Toulouse 1897.
- 42) Kiribuchi, K., Über das elastische Gewebe im menschlichen Auge, nebst Bemerkungen über den Musculus dilat. pupillae. Arch. f. Augenheilk. Bd. XXXVIII. 1899.
- 43) Koelliker, Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Tiere. 1861.
- 44) Koelliker, A., Handb. der Gewebelehre des Menschen. 6. Aufl. Bd. I. Leipzig 1889.
- 45) Koelliker, A., Handb. d. Gewebelehre des Menschen. 6. Aufl. Bd. III. Herausgegeben v. Viktor v. Ebner. Leipzig 1902.
- 46) Kohlrausch, F., Leitfaden der praktischen Physik. 7. Aufl. Leipzig 1892.
- 47) Krause, W., Handb. der menschlichen Anatomie. Bd. III. Anatom. Varietäten, Tabellen usw. Ein Suppl. z. jed. Handb. d. Anatomie. Hannover 1880.
- 48) Krehbiel, Gustavus A. A., Die Muskulatur der Tränenwege und der Augenlider, mit spez. Berücksichtigung der Tränenleitung. Stuttgart 1878.
- 49) Krzysztalowicz, Elastin. Sammelreferat in der Encyklopäd. d. mikrosk. Technik. Berlin u. Wien 1903.
- 50) Kuhnt, Zur Pathologie und Therapie des tränenableitenden Apparates. Heidelberger Bericht 1891.
- 51) Langer-Toldt, v., Lehrb. der systematischen und topographischen Anatomie. Wien u. Leipzig 1902.
- 52) Legal, E., Die Nasenhöhlen und der Tränennasengang der amnioten Wirbeltiere. Morph. Jahrb. Bd. VIII. 1882.
- 53) Lesshaft, Über den Musculus orbicularis orbitae und seinen Einfluss auf den Mechanismus der Tränenableitung. Arch. f. Anat. u. Physiol. v. Dubois-Reymond. 1868.
- 54) Luschka, H. v., Die Anatomie des menschlichen Kopfes. Tübingen 1867.
- 55) Maier, R., Über den Bau der Tränenorgane, insbesondere der tränenleitenden Wege. Freiburg 1859.
- 56) Manfredi, N., Ricerche istologiche sui condotti secretori delle lagrime. Giorn. della r. Acad. di med. di Torino. 1872.

- 57) Merkel, Fr., Makroskopische Anatomie in Graefe-Saemisch, Handb. d. ges. Augenheilk. 1. Aufl. Bd. I. 1. T. I. Kap. Leipzig 1874.
- 58) Merkel, Fr., Handb. der topographischen Anatomie. Braunschweig 1885—1890.
- 59) Merkel, Fr., und E. Kallius, Makroskopische Anatomie des Auges. Graefe-Saemisch, Handb. d. ges. Augenheilk. 2. Aufl. Bd. I. 1. T. 1. Kap. Leipzig 1901.
- 60) Meyer, H., Lehrb. der physiologischen Anatomie des Menschen. Leipzig 1856.
- 61) Minot, Human Embryology. 1892.
- 62) Nielsen, M., Anomalies congénitales des points et des canalicules lacrymaux. Thèse. Bordeaux. 48 p. 1896.
- 63) Nussbaum, M., Entwicklungsgeschichte des menschlichen Auges. Graefe-Saemisch, Handb. d. ges. Augenheilk. Bd. II. 1. T. 8. Kap. Leipzig 1900.
- 64) Osborne, Darstellung des Apparates zur Tränenleitung in anatomischer, physiologischer und pathologischer Hinsicht. Prag 1835.
- 65) Pappenheim, Spezielle Gewebelehre des Auges. Breslau 1842.
- 66) Prokopenko, Über Verteilung der elastischen Fasern im menschlichen Auge. v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. Bd. LV. H. 1. 1903. S. 94 ff. Taf. III u. IV. Fig. 1—10.
- 67) Quain-Hoffmann, Lehrb. der Anatomie. Bd. I. 6. Erlangen 1870.
- 68) Rauber, A., Lehrb. der Anatomie des Menschen. 5. Aufl. Leipzig 1898.
- 69) Robin et Cadiat, Note sur la structure du sac lacrymal et de ses conduits. Robin, Journ. de l'anat etc. 1875.
- 70) Rochon-Duvigneaud, Bemerkungen zur Anatomie und Pathologie der Tränenwege. Deutsche ophthalm. Klinik. Bd. III. Nr. 12. 1899.
- 71) Rochon-Duvigneaud, Dilatation des voies lacrymales chez le fœtus et le nouveau-né. Arch. d'ophtalm. Tom. XIX. 1899.
- 72) Rochon-Duvigneaud, A., Recherches sur l'anatomie et la pathologie des voies lacrymales chez l'adulte et le nouveau-né. Arch. d'ophtalm. Tom. XX. p. 241—272. 1900.
- 73) Rosenmüller, Joh. Christ., Partium extern. oculi humani, in primis organorum lacrymalium descriptio anatomica iconibus illustrata. Lips. 1797.
- 74) Ross, Handb. der chirurgischen Anatomie. Leipzig 1848.
- 75) Sappey, C., Traité d'anatomie descriptive. 1855.
- 76) Schultze, Oskar, Grundriss der Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Säugetiere. Leipzig 1897.
- 77) Schwalbe, G., Lehrbuch der Anatomie der Sinnesorgane. Erlangen 1887.
- 78) Schwalbe, G., Beitr. zur Kenntnis des elastischen Gewebes. His u. Braunes Zeitschr. Bd. II. S. 236.
- 79) Seggel, Atresie der Tränenpunkte durch Kontraktur des Sphinkters. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. XXVIII. Stuttgart 1890.
- 80) Stanculeanu, G., Recherches sur le développement des voies lacrymales chez l'homme et les animaux. Arch. d'ophtalm. Tom. XX. 1900.
- 81) Stenonis, Nic., Observationes anatomicae, quibus varia oris, oculorum, et narium vasa describuntur, novique salivae, lacrimarum et muci fontes deteguntur. Lugd. Bat. 1662. 12. 1680. 12.
- 82) Stöhr, Ph., Lehrb. der Histologie. 10. Aufl. Jena 1903.
- 83) Tartuferi, F., Sull'anatomia patologica delle dacriocistiti catarrali e purulente croniche e sul raschiamento del canale naso-lacrimale. Riassunto. Ann. di Ottalm. (Quaglinò) XXXI. p. 545 ff. Pavia 1903.
- 84) Tigerstedt, R., Lehrb. der Physiologie des Menschen. Bd. II. Leipzig 1902.
- 85) Triepel, H., Einführung in die physikalische Anatomie. Wiesbaden 1902.
- 86) Unna, Artikel Kollagen, Kollacin und Kollastin. In Encyclopädie der mikrosk. Technik. Bd. I. Berlin u. Wien 1903.
- 87) Vateri, Abrah., Diss. epist. de ductum lacrymal. subpalpebr. vera constitutione, ac viarum, lacrymas ad nares derivantium dispositione. Misc. Berolin. Vol. IV. p. 327. 1734.
- 88) Vlacovich, Osservazione anatomiche sulle vie lacrimali. Padova 1872.
- 89) Walzberg, Th., Über den Bau der Tränenwege der Haussäugetiere und des Menschen. Gekrönte Preisschrift. Rostock 1875.

- 90) Weber, E. H., Handb. der Anatomie des Menschen. Braunschweig 1832.
 91) Wiedersheim, R., Grundriss der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere. Jena 1893.
 92) Winkelmann, Handbuch der Physik. Bd. I. 1. Breslau 1891.
 93) Schirmer, Studien zur Physiologie und Pathologie der Tränenabsonderung und Tränenabfuhr. v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. Bd. LVI. 2. H. 1903.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. IV u. V, Fig. 1—6.

Fig. 1. Querschnitt durch den vertikalen Abschnitt des Tränenröhrchens eines 3jährigen Mädchens, 10 μ dick, 990 μ von der Kuppe der Papille entfernt.

Saures Orcein, Polychromes Methylenblau, Tanninorange. Vergrößerung 1:45.

Das Bild ist ziemlich in natürlichen Farben wiedergegeben. Abgesehen von der Fortlassung der deutlich sichtbaren Querstreifung der Muskelfasern und der ganz feinen elastischen Fasernetze, die die Muskulatur durchwirken, und einer nicht im Detail genauen Verteilung der Kerne ist nichts schematisiert.

Kerne blau, Muskeln zartgelb, elastische Fasern braunrot. Die Verdichtung der elastischen Fasern zur Basalmatte ist nur oben deutlich zum Ausdruck gebracht, vorhanden ist sie rings herum. Weitere Erklärung ist wohl überflüssig.

Fig. 2. Querschnitt durch den temporalen Abschnitt des Tränenröhrchens eines 80jährigen Mannes, ganz nahe (etwa 1 mm) der Umbiegung in den vertikalen Abschnitt. Färbung wie bei Fig. 1. Vergrößerung 1:35.

Bei A stößt cutaner Intermarginalteil (rechts unten) mit Conjunctiva (rechts oben) zusammen, gerade 1 mm nasal von der Mitte des Tränenpunkchens. Die in diesem Hautbindehautwinkel längs getroffenen Muskelfasern entsprechen der Umordnung der Längsbündel beim Durchtritt des nahen vertikalen Röhrchenabschnittes und bereiten somit schon auf den Sphinkter vor.

Im übrigen ist die Muskulatur noch durchgehends quer getroffen, also längsverlaufend.

Das den Lidkanten fernere Ende legt sich schon auf die Bindehaut zu um.

Fig. 3. Querschnitt durch ein Tränenröhrchen eines 80jährigen Mannes, 1 mm von der Mündung in den Tränensack. Färbung wie bei 1. Vergrößerung 1:40.

Das Röhrchen hat sich mehr gerundet, die Dicke des Epithelbelages an den Kurz- und Langseiten ist, ebenso wie die Dicke der Tunica propria daselbst, gleichartiger geworden. Die Muskeln des allseitigen Muskelmantels sind ausnahmslos quer getroffen.

Fig. 4. Epithelübergang an der Grenze von Tränenröhrchens (unten) und Tränensack (oben). Vergrößerung 1:80.

Fig. 5. Verzweigte tubulöse Drüse in der Wand des Fundus sacci lacrymalis einer ca. 40jährigen Frau.

Die Zeichnung rührt von einem anderen Zeichner her, und steht in Naturtreue den anderen etwas nach. Dem Zweck, das Vorkommen von Drüsen in der Tränensackwand sicher zu stellen, dürfte sie aber genügen.

Fig. 6. Vereinzelte Muskelfasern im Innern des Ligamentum palpebrale med. eines alten Mannes. Vergrößerung 1:80.

Bei stärkerer Vergrößerung stellt sich heraus, dass auch die zwischen den gezeichneten elastischen Fasern bestehenden Lücken fast völlig und ausschließlich von feineren elastischen Fasern ausgefüllt sind.

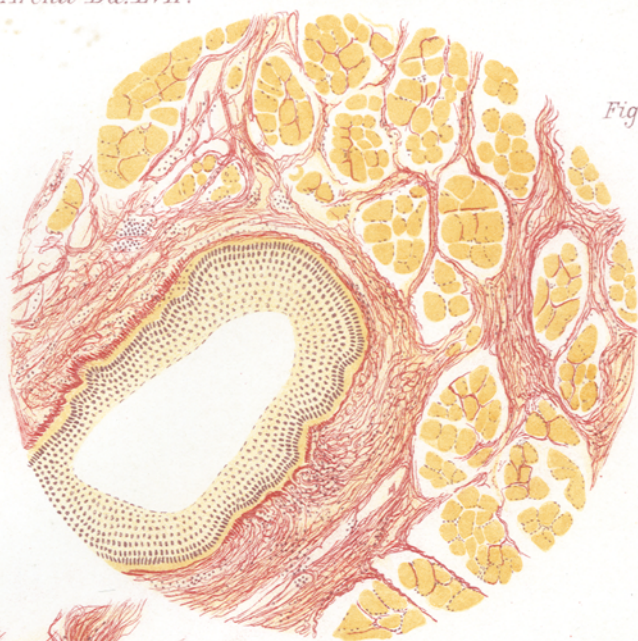


Fig. 3.

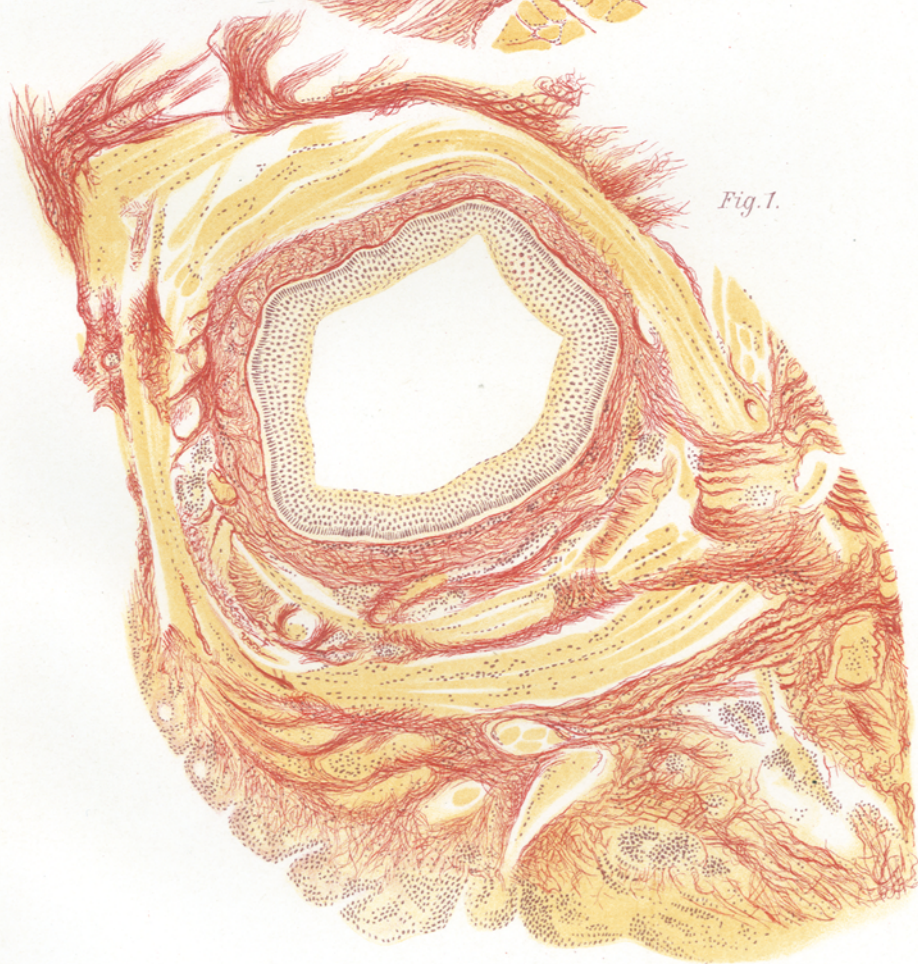


Fig. 1.

Fig. 2.

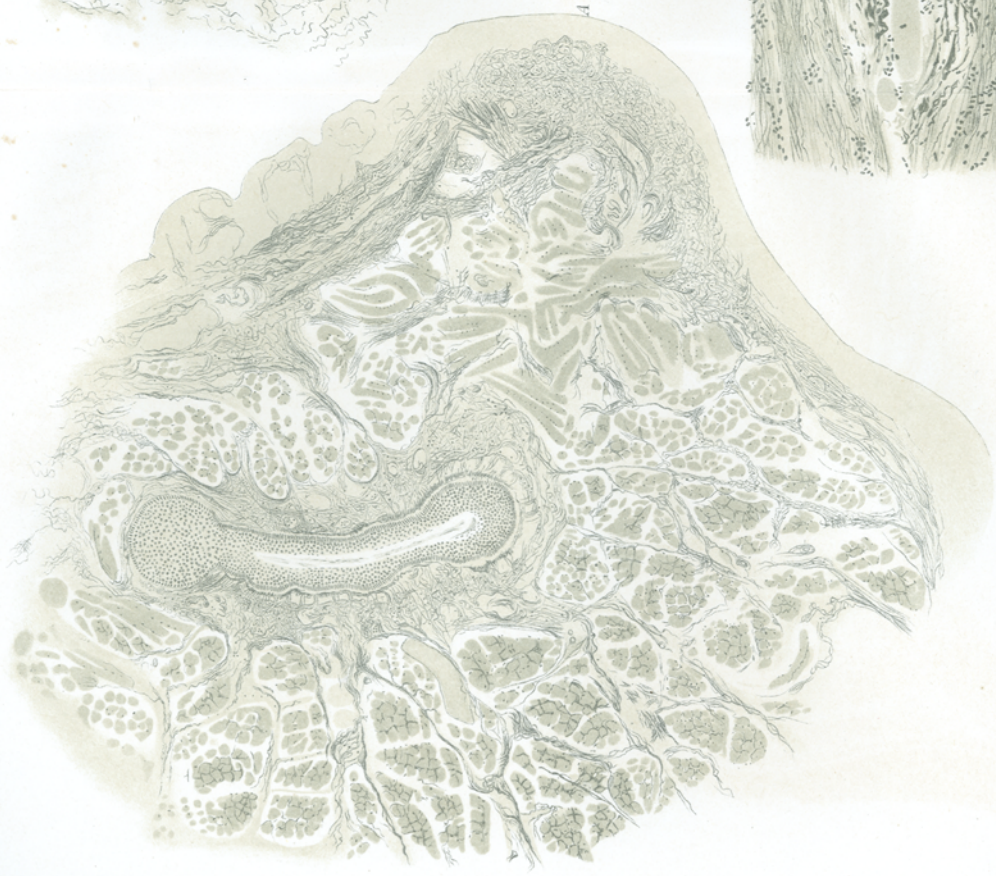


Fig. 5.

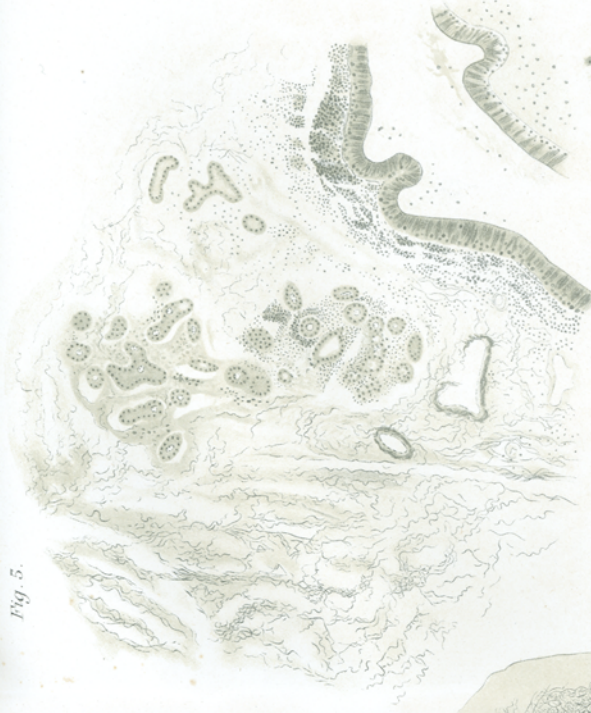


Fig. 9.



Fig. 6.

