

# ANATOMIA, HISTOLOGIA, FISIOLOGIA E FISIOPATOLOGIA CORNEANA

Adalmir Morterá Dantas \*, Marcelo S. de Freitas \*, Jack A. O. Lima \*

## I — ANATOMIA

### A — Espessura

A córnea apresenta na sua parte central a espessura de 0,52 mm e na sua parte periférica a de 0,67 mm. (Maurice, 1969).

### B — Diâmetros

A forma da córnea é de um menisco elíptico, quando vista de frente, com o diâmetro horizontal ligeiramente maior do que o vertical. A forma elíptica da face anterior da córnea é ocasionada pela maior extensão do limbo na parte superior e inferior, ficando a parte vertical da córnea mais curta (10,6 mm) do que a horizontal (11,7 mm). Estas medidas são aproximadamente 0,1 mm menor na mulher. Quando observada por trás, o contorno da córnea é circular, sendo o diâmetro de 11,7 mm. (Maurice, 1969).

### C — Topografia

Na topografia da córnea, devemos considerar os seguintes elementos. (Girard, 1970): (Fig. 1)

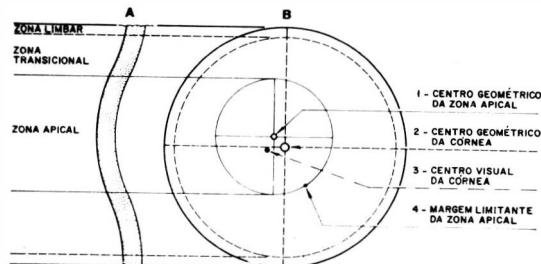


Fig. 1 — As zonas e centros da superfície corneana. (Cortesia do Professor Louis J. Girard, Corneal Contact Lenses, The C. V. Mosby Company, 1970).

### 1 — Zona apical.

A zona apical é a área da córnea sobre a qual a curvatura corneana, em cada meridiano primário, é regular e constante.

Pode estar localizada centralmente ou deslocada excentricamente em qualquer quadrante da córnea.

Na zona apical estudamos:

(1) Centro geométrico da zona apical. Este é determinado pela intersecção do maior e do menor diâmetros da zona apical.

(2) Centro geométrico da córnea.

É o ponto determinado pela intersecção do maior e do menor diâmetros da córnea.

(3) Centro visual da córnea.

É o ponto formado pela intersecção do eixo visual com a superfície anterior da córnea.

(4) Margem limitante da zona apical.

É a parte mais periférica da zona apical.

### 2 — Zona transicional.

É a porção da córnea colocada entre a zona apical e a zona limbar.

### 3 — Zona limbar.

É a porção mais periférica da córnea antes da união com a esclera.

Consideraremos a topografia corneana ponto básico para o conhecimento e aplicação para as lentes de contato.

### D — Inervação.

A córnea tem sua inervação dada pelo nervo oftálmico que é um dos ramos do trigêmeio.

Alguns filetes entram na córnea, sendo provenientes das regiões sub-conjuntival e episcleral, porém os principais filetes chegam pela esclera.

De uma maneira geral, podemos dizer que ao penetrar na córnea os filetes nervosos apresentam-se mielinizados e com bainha de Schwann. À medida que penetram, perdem a bainha de mielina. Somente quando atingem o epitélio é que perdem a bainha de Schwann. (Hogan, Alvarado e Weddell, 1971).

## II — HISTOLOGIA

### A — Epitélio anterior da córnea.

O epitélio corneal é do tipo pavimentoso estratificado, com cinco a seis camadas celulares, com espessura que varia de 50 a 100u.

#### 1 — Características.

##### (1) Camada superficial.

Apresenta duas camadas de células pavimentosas com núcleos achatados e citoplasma, corando-se com Giemsa e hematoxilina e eosina.

##### (2) Camada média.

Mostra duas ou três camadas de células poligonais, fortemente interrelacionadas.

Seu citoplasma é pobre em organelas, mas rico em tonofibrilas.

##### (3) Camada profunda.

É vista uma camada de células prismáticas (células basais), apresentando-se planas na sua parte basal e arredondadas na sua parte apical. Seu citoplasma é homogêneo e pobre em organelas, o núcleo é redondo ou ovalado. (Figs. 2 e 3).

##### (4) Achados citológicos especiais.

(a) Especializações da superfície lateral  
— Junções intercelulares.

As células epiteliais são unidas em suas superfícies laterais por diversas espécies de junções intercelulares. As células epiteliais

\* Da Clínica de Olhos Santa Beatriz e da Universidade Federal Fluminense.

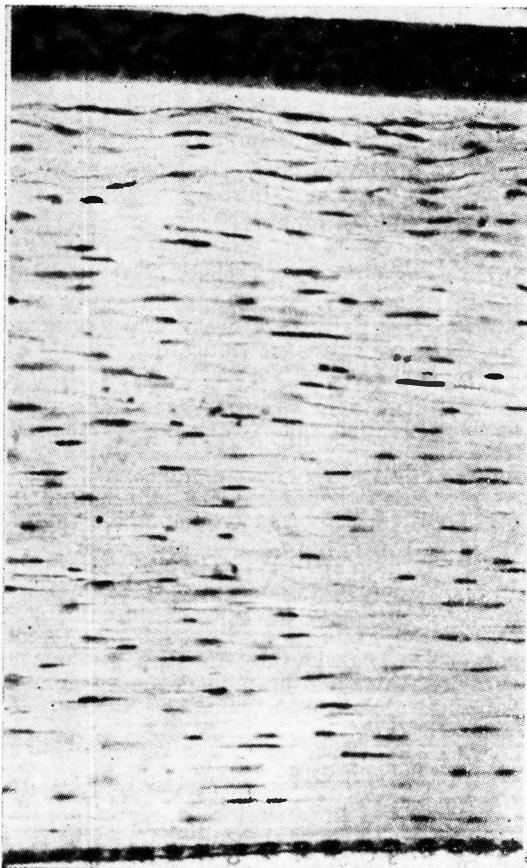


Fig. 2 — Aspecto do epitélio corneano ao microscópio óptico. (Cortesia do Professor Yves Pouliquen, Atlas D'Histologie Et D'ultrastructure du Globe Oculaire. Masson & Cie, Editeurs, 1969).

apresentam uma intensa adesão mútua. Para separá-las são necessárias forças mecânicas relativamente grandes. (Fig. 4).

A zônula de oclusão é uma estrutura contínua que rodeia inteiramente cada célula. Aqui ocorre uma fusão dos folhetos externos das membranas de duas células vizinhas, desaparecendo completamente o espaço intercelular. Nem todas as zônulas de oclusão vedam completamente a passagem de substâncias. Com o auxílio de compostos elétron-dispersantes como, por exemplo, os sais de lantânia, de peso molecular médio, verificamos a passagem destes compostos. Nos epitélios da vesícula biliar e intestino delgado, a zônula de oclusão permite a passagem de sais de lantânia. Nos epitélios da pele e bexiga de sapo, as zônulas de oclusão não deixam passar os sais de lantânia. No epitélio corneano, por causa da grande permeabilidade de subs-

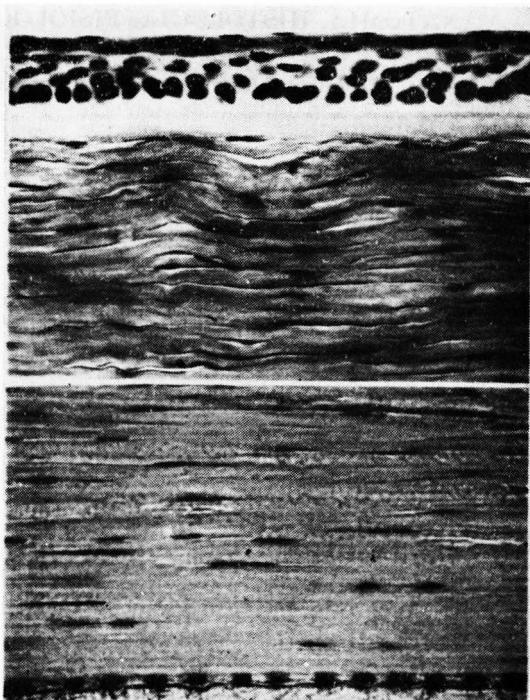


Fig. 3 — Aspecto histológico da parte anterior e da parte posterior da córnea. (Cortesia do Professor Yves Pouliquen. D'ultrastructure du Globe Oculaire. Masson & Cie, Éditeurs, 1969).



Fig. 4 — Aspecto do epitélio corneano ao microscópio eletrônico. (Cortesia do Professor Yves Pouliquen, Atlas D'Histologie Et D'ultrastructure du Globe Oculaire. Masson & Cie, Editeurs, 1969).

tâncias, é possível que as zônulas de oclusão deixem passar substâncias. Sabemos que no endotélio corneano as zônulas de oclusão deixam passar os sais de lantânia (Otersen e Vegge, 1977).

A zôntula de adesão é muito semelhante à dos desmossomos, porém aquela é uma estrutura contínua em torno da célula, enquanto os desmossomos se dispõem como botões. Na zôntula de adesão existe também um material eletrodenso no espaço intercelular, formando láminas que aparecem como linhas nas eletrônico-micrografias. Também, como nos desmossomos, a nível da zôntula de adesão, existe um espessamento do folheto interno de cada membrana plasmática, onde se inserem numerosos filamentos citoplasmáticos.

A mácula de adesão ou desmossomo é uma estrutura em forma de uma placa. No desmossomo o espaço de 15 a 20 nm existente entre as membranas permanece inalterado, mas ai surge um material mais denso aos elétrons que, freqüentemente, se organiza em um ou mais discos paralelos. Estes aparecem como linhas nas micrografias eletrônicas. Através da aplicação de fortes deposições de metais pesados, alguns autores têm sugerido a existência de estriações transversais no espaço intercelular do desmossomo, unindo as membranas das duas células. Embora nos desmossomos as membranas não apresentem modificação em sua espessura, observamos a deposição de uma camada amorfa, eletrodensa, na face citoplasmática de cada membrana. Nesta camada se inserem tonofilamentos que se aprofundam no interior da célula. Deste modo, os desmossomos são locais, e o citoesqueleto se prende à membrana celular e ao mesmo tempo, as células aderem uma às outras. A adesão é dependente do íon cálcio, sendo abolida quando este íon é removido.

Os nexos, também chamados de "gap junctions", foram observados entre as células epiteliais, musculares lisas, musculares cardíacas, nervosas e corneanas. Cada nexo tem a forma de uma placa constituída pelas membranas de duas células contíguas, ficando o espaço intercelular reduzido para cerca de 2 nm, sem que haja fusão entre as membranas. Os nexos não impedem o trânsito de substâncias por entre as células.

A ultra-estrutura dos nexos ainda não está completamente esclarecida. A técnica de criofratura mostra que, a seu nível, a face A de cada membrana plasmática (superfície externa de lámina interna) apresenta numerosas partículas globosas que se inserem em depressões da face B (superfície interna da lámina externa). Os nexos são locais, muito permeáveis para íons e para determinadas substâncias.

As interdigitações são saliências e reentrâncias da membrana celular, encaixando-se em estruturas semelhantes das células

vizinhas, porém complementares. Em alguns casos, existe um complexo sistema de interdigitações, estabelecendo-se união entre as células, ao mesmo tempo em que aumenta muito a extensão da superfície celular, facilitando as trocas entre a célula e o meio extracelular. O espaço intercelular, de 20 nm é preenchido pelo glicocálix que acompanha a membrana plasmática ao longo das interdigitações.

Resumindo, podemos dizer que as estruturas juncionais mais comuns são as interdigitações, os desmossomos, as junções íntimas e os nexos. Existe ainda o complexo juncional (colocado próximo à superfície livre) formado pela zôntula de oclusão, zôntula de adesão e a mácula de adesão ou desmossomo. (Fig. 5)

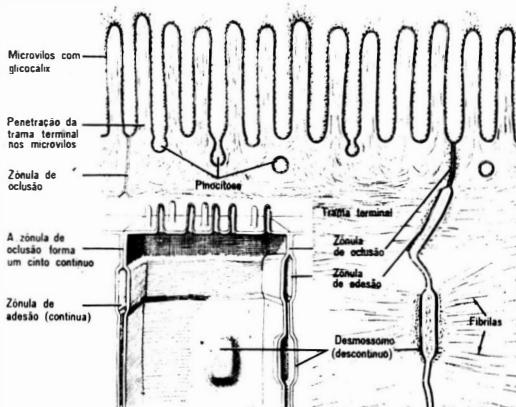


Fig. 5 — Esquemas do complexo juncional existente entre as células epiteliais do intestino delgado. (Cortesia dos Professores L. C. Junqueira e J. Carneiro. Citologia Básica. Guanabara Koogan, 1973).

#### — Compartimento lateral extracelular.

Os canais interfaciais se apresentam em determinados epitélios quando o espaço intercelular é bem dilatado. Sendo assim, as substâncias nutridoras podem transitar livremente entre as células. É uma característica dos epitélios que não apresentam vasos sanguíneos ou linfáticos entre as células.

As interdigitações já descritas são encontradas em muitos epitélios e facilitam as trocas entre as células.

Os canalículos intercelulares podem ser encontrados nas superfícies laterais.

#### b) Especializações da superfície basal.

##### — Membrana basal.

A membrana basal é uma condensação extracelular de mucopolissacáridos e proteínas, ocorrendo sob a superfície basal de todo epitélio. Está constituída de uma lámina basal, densamente filamentosa, ligada à membrana plasmática da célula basal, e uma lámina reticular rica em fibras reticulares. A lámina reticular encontra-se voltada para a lámina limitante anterior.

##### — Hemidesmossomo.

As células dos epitélios apoiam-se numa membrana não celular, chamada lámina basal, que separa o epitélio do tecido conjuntivo. A face das células epiteliais em contato com a lámina basal evidencia estruturas parecidas com os desmossomos, porém denominados hemidesmossomos, por não possuirem a metade que pertenceria à outra célula epitelial.

(c) Especializações da superfície livre.  
— Microvilosidades.

Todas as células realizam a absorção de diversas substâncias. As moléculas pequenas penetram nas células por difusão passiva, difusão facilitada ou difusão ativa. As macromoléculas penetram por pinocitose ou fagocitose.

Cada microvilo é uma expansão do citoplasma e contém numerosos microfilamentos. Seu glicocálix é mais espesso do que o resto da célula. A função dos microvilos é aumentar a área da membrana, a fim de facilitar o transporte das substâncias da superfície para o interior da célula.

A superfície corneana é rica em microvilos. Estes retêm a lágrima, para que trocas metabólicas possam existir.

— Micropregas.

Conceito fixado por Blumcke e Morgenroth (1967) em microscopia de varredura, onde existiriam verdadeiras micropregas, sendo atualmente negadas por diversos autores. O que deve existir são microvilos que em determinadas ocasiões dão o aspecto de micropregas. (Fig. 6)



Fig. 6 — Epitélio corneano, superfície celular. Microprega e microvilosidade (a) proeminentes na superfície celular onde se encontra o filme pré-corneano. Filamentos finos são observados (seta) dentro deste espaço. Uma zonula de oclusão (b) é constantemente encontrada nesta posição. Provavelmente estende-se por 360° ao redor do espaço intercelular. (x 105.000). (Cortesia do Professor Michael J. Hogan. Histology of the Human Eye. An Atlas and Textbook. Hogan, M. J.; Alvarado, J. A.; Weddel, J. E.; W. B. Saunders Co., 1971, 687 pg. ilustr.).

(d) Citoesqueleto.  
— Microtúbulos.

A análise da constituição química dos microtúbulos revelou que eles representam uma estrutura protéica quartenária. Cada microtúculo é formado pela associação de monômeros, moléculas proteicas globosas de igual composição que se arrumam em hélice, constituindo o microtúculo.

— Microfilamentos.

Como os microtúbulos os microfilamentos são também estruturas freqüentes no citoplasma, cujo estudo foi facilitado pela introdução do glutaraldeído como fixador. Admitimos que sua estrutura seja também derivada da polimerização de moléculas proteicas globosas. Só que em vez de formarem um túculo, a associação é de três ou mais fios de monômeros que se tornam entre si. O aspecto lembra o de três rosários torcidos. Cada conta do rosário representaria uma molécula do monômero.

Como no caso dos microtúbulos, achamos que os microfilamentos também têm um papel na manutenção da estrutura interna da célula, tomando parte na formação do citoesqueleto.

(e) Polaridade das células.

Uma célula epitelial cujo ápice difere de sua base é dita polarizada.

B — Lâmina limitante anterior.

Consiste em delicada camada tecidual que, ao microscópio óptico comum, parece homogênea e destituída de estrutura. Com a microscopia eletrônica verificamos que está formada por uma rede de fibras colágenas relativamente fina e disposta em padrão irregular em contraste com o da substância própria. Mostra 8 a 14 $\mu$  de espessura.

C — Substância própria da córnea.

A substância própria da córnea ou estroma apresenta 500 $\mu$  de espessura e podemos considerá-la como um tecido conjuntivo altamente especializado. (Fig. 7)

1 — Características.

(1) Lamelas

(a) A substância própria está constituída por múltiplas camadas de fibras colágenas.

b) Cada camada tem fibras orientadas paralelamente.

(c) De uma camada para outra, porém, a direção das fibras é diferente, formando vários ângulos.

(d) Frequentemente, algumas fibras passam de uma camada para outra, mantendo-as firmemente unidas.

(2) Substância fundamental. A substância fundamental da córnea consiste na mucoproteína e glicoproteína e outras substâncias exclusivas de colágeno. Ela enche o espaço não ocupado pelas fibrilas e células, forma uma cobertura para cada fibrila e é responsável pela distância exata das fibrilas corneanas.

(3) Células. Entre as várias camadas de fibras colágenas encontramos fibroblastos com seus prolongamentos achatados como

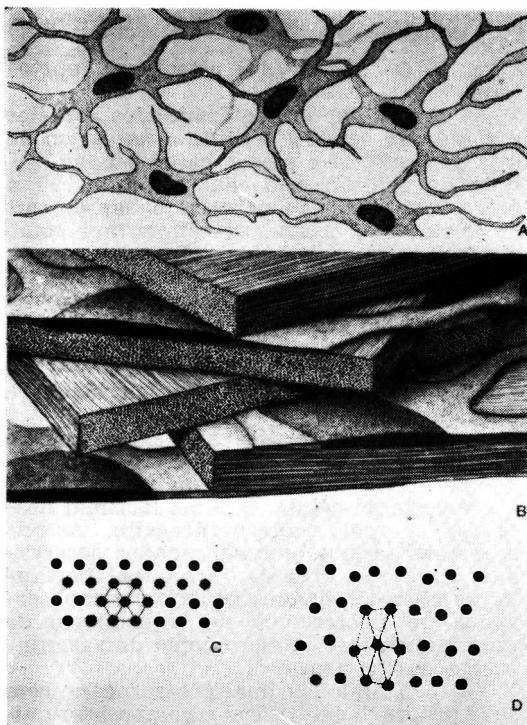


Fig. 7 — A — Fibroblastos; B — Lamelas e fibroblastos; C — Orientação das fibrilas colágenas; e D — Orientação das fibrilas colágenas em uma córnea opaca. (Cortesia do Professor Michael J. Hogan, Histology of The Human Eye. An Atlas and Textbook Hogan, M. J.; Alvarado, J. A.; e Weddel, J. E.; W. B. Saunders Co., 1971, 687 pg. Iluts.).

se fossem asas de borboleta. São fibroblastos modificados ou ceratoblastos.

(4) Achados citológicos especiais. (a) Lamelas. A constituição de uma lamela pode ser executada da seguinte maneira: Aminoácidos, incluindo, Prolina e Lisina, Protoprotócolágeno, Tropocolágeno (Duas cadeias alfa 1 e uma cadeia alfa 2), Microfibrila, Fibrila, Fibra, Feixe ou Lamela; (b) Substância fundamental. Como mucopolissacarídos, designamos o grupo prostético das glicoproteínas portador de unidades de hexosaminas.

Os mucopolissacarídos podem ser divididos do seguinte modo: — Neutros. Constituídos só de hexoses e hexosaminas. — Ácidos. Contêm ácidos urônicos:

Propriamente ditos que contêm glicosamina.

Condropolissacarídos que contêm galactosamina e podem ser sulfatados e não sulfatados.

De uma maneira geral, na córnea, encontramos: Neutros: Queratoglicosaminoglycan (KG AG) Ácidos: Querato sulfato 50%; Condroitina 25%; Condroitina sulfato 25%.

A síntese dos mucopolissacarídos depende do ceratoblasto e nela teremos um processo de formação, um de polimerização e finalmente de sulfatação.

(c) Células.

As células estão representadas pelos ceratoblastos que se encontram entre as lamelas. São células que apresentam todas as organelas para a síntese de substâncias, tais como, o colágeno e a substância fundamental.

D — Lâmina limitante posterior.

A lâmina limitante posterior mostra ao nascimento uma espessura de 3 a 4 $\mu$  e no adulto de 10 a 12 $\mu$ .

1 — Características. (1) Homogênea e altamente refratária. (2) Flexibilidade e elasticidade. (3) Cora-se com a resorcina-fucsina. (4) Não há fibras elásticas. (5) Parece ser uma larga membrana basal constituída de: (a) Lâmina basal. (b) Lâmina reticular. — Proteínas fibrosas de tipo colagenoso e destituídas de estriações transversais a intervalos de 640 $\text{\AA}$ .

E — Endotélio da câmara anterior.

O endotélio da câmara anterior reveste a superfície posterior da córnea e apresenta 5 $\mu$  de espessura. (Fig. 8)

1 — Características.

(1) Uma única camada de células.

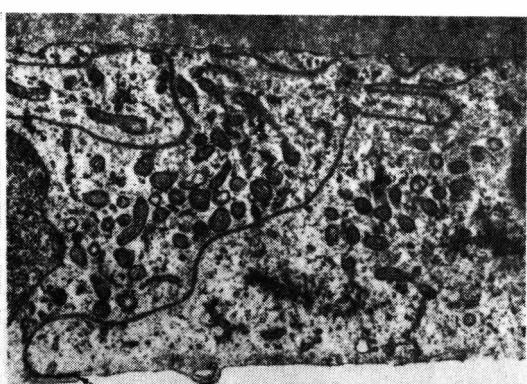


Fig. 8 — Células endoteliais. Espaço intercelular e paredes laterais. Observamos o espaço intercelular da câmara anterior à membrana de Descemet. O espaço é de 200 Å de espessura ao longo da parede lateral, exceto para uma área perto da câmara anterior onde está fechado por uma zônula de oclusão (seta). Ocasionalmente ao longo do corte lateral do espaço intercelular pode tornar-se mais estreito a nível da mácula de aderência. A mácula de oclusão também é notada. (x 20.000). (Cortesia do Professor Michael J. Hogan, Histology of The Human Eye. An Atlas and Textbook Hogan, M. J.; Alvarado, J. A.; e Weddel, J. E., W. B. Saunders Co., 1971, 687 pg. Ilustr.).

(2) Assemelha-se mais a um epitélio enbóide baixo do que ao endotélio típico dos vasos sanguíneos e linfáticos.

(3) Esta camada é mais um epitélio

mesenquimal ou mesotélio do que um epitélio.

(4) É um epitélio pavimentoso simples.

(5) Achados citológicos especiais.

(a) Especializações da superfície lateral.

— Junções intercelulares.

As células endoteliais mostram estruturas juncionais, tais como: interdigitações, zônula de oclusão, zônula de adesão e nexos já descritos anteriormente. Ottersen e Vegge (1977) demonstraram que a zônula de oclusão no endotélio deixa passar os sais de lantânia e, neste caso o nome zônula de oclusão está mal colocado.

— Compartimento lateral extracelular.

Aqui encontramos as interdigitações que, além de estabelecerem união entre as células, facilitam as trocas entre as células e o meio extracelular.

(b) Especializações da superfície anterior está em contato com a limitante posterior, onde se encontram numerosas vesículas em pinocitose.

c) Especializações da superfície posterior.

Esta se encontra em contato com o humor aquoso e evidencia numerosas vesículas de pinocitose. A micropinocitose é formada por depressões na membrana citoplasmática que resultam na formação de vesículas muito pequenas, em geral visíveis somente ao microscópio eletrônico. Na pinocitose há formação de projeções citoplasmáticas, não ocorrendo na micropinocitose.

Após esta breve descrição da histologia da córnea, gostaríamos de lembrar dados fundamentais para que possamos estudar posteriormente a fisiologia e a fisiopatologia corneana.

1— O conceito atual sobre membrana.

O modelo mais satisfatório para a estrutura de membrana até hoje apresentado parece ser o modelo mosaico-fluído, postulado por Singer e Nicolson em 1972.

Este modelo postula que os fosfolipídios das membranas estão organizados em uma dupla camada para formar uma matriz fluida, líquida cristalina ou interna. Nesta bicamada, as moléculas lipídicas individuais podem mover-se lateralmente, dotando a bicamada de fluidez, flexibilidade, alta resistência elétrica, característica e impermeabilidade relativa às moléculas altamente polares.

O modelo mosaico-fluído explica satisfatoriamente algumas das características e propriedades das membranas biológicas, entre elas as propriedades elétricas e a permeabilidade das membranas.

A membrana plasmática de células eucarióticas geralmente possui um revestimento externo ou glicocálix, constituído de cadeias laterais de oligossacarídeos hidrofílicos de glicoproteínas de membrana e de grupos das cabeças de oligossacarídeos de

glicolipídios da membrana (Lehninger, 1976).

2 — O conceito das estruturas juncionais.

Sabemos que em determinados epitélios a zônula de oclusão permite a passagem de sais de lantânia e nestes casos o nome zônula de oclusão está mal colocado. Em outros epitélios não deixam passar os sais de lantânia e, assim, se comportam como autênticas zônulas de oclusão.

Sabemos que determinadas junções celulares (zônula de oclusão ou junção estreita, junção septada e junção tipo "zap") poderiam participar nos processos de comunicação entre as células.

3 — O conceito de microvilosidades e micropregas.

As microvilosidades são expansões do citoplasma e contêm numerosos microfilamentos. Seu glicocálix é mais espesso do que o resto da célula. O filme lacrimal neste caso se apoia sobre o glicocálix. As micropregas seriam microvilosidades observadas em microscopia de varredura. Portanto, as microvilosidades poderiam ser observadas na microscopia de transmissão de uma maneira e na microscopia de varredura em outros aspecto.

4 — O filme lacrimal pré-corneano com suas propriedades físicas e composição química como demonstrou Milder (1975). (Figs. 9 e 10)

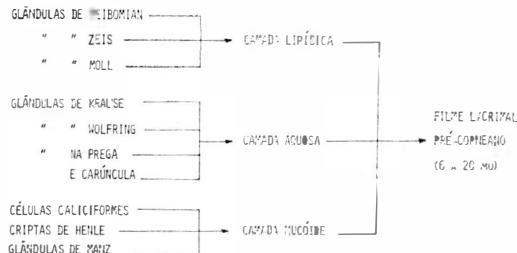


Fig. 9 — Filme lacrimal pré-corneano.

Propriedades físicas e composição química das lágrimas e plasma humano (Milder, 1975)

	Lágrimas	Plasma
Propriedades físicas		
Densidade ósmotica	0.98 mgCl	6.42 atm
pH	7.4 (7.3 a 7.7)	7.39
Índice de refração	1.337	1.33
Viscosidade	0.36 a 0.47 cm <sup>2</sup> /16 hr (a dessecar)	
Compostos químicos gerais		
Sólidos, total	1.4 gm/100 ml	8.6 gm/100 ml *
Agua	98.2 gm/100 ml	94 gm/100 ml
Ions		
Carboanônato	26 mM/litro	* 24.3 mM/litro
Cloreto	135 mM/litro	102 mM/litro
Próton	12.5 mM/litro	5 mM/litro
Bário	143 mM/litro	137 a 142 mM/litro
Substâncias nitrogenadas		
Proteína total	0.469 a 0.800 mg/100 ml	6.7 gm/100 ml
Albúmina	0.394 mg/100 ml	4.0 a 4.8 gm/100 ml
Globulina	0.273 mg/100 ml	2.3 a 2.8 gm/100 ml
Amido	0.003 mg/100 ml	0.047 mg/100 ml
Ácido úrico		3 a 5 mg/100 ml
Urina	0.04 mg/100 ml	26.8 mg/100 ml
Micropregas		
Nitrogênio total	158 mg/100 ml	1140 mg/100 ml
Micropregas não proteíco	51 mg/100 ml	717 (15 a 42) mg/100 ml
Carbohydratos		
Glicose	2.5 (0 a 5.0) mg/100 ml	60 a 90 mg/100 ml
Acidos orgânicos, vitaminas, enzimas	0.6 mg/100 ml	2.2 a 3.8 mg/100 ml
Ácido aláctico	0.14 mg/100 ml	0.1 a 0.7 mg/100 ml
Ácido ascórbico	3436 (viscosimétrico) (800 a 2500)	
Lipoproteína		unidades/ml

Fig. 10 — Propriedades físicas e composição química das lágrimas e plasma humano. (Cortesia do Professor Benjamin Milder. The lacrimal apparatus. In: Adler's Physiology of the eye. Clinical Application, editado por Moses, R. A., 1975).

5 — O conceito de lamelação corneana descrito por Maurice em 1957.

A perfeita disposição das fibrilas colágenas dentro das lamelas corneanas, separadas por intervalos inferiores ao comprimento de onda de luz, faria uma rede de difração que reconstitui novamente o feixe luminoso.

Entre as várias camadas de fibras colágenas, encontramos fibroblastos com seus prolongamentos achatados como se fossem asas de borboleta.

6 — A importância da substância fundamental (querato-sulfato e sulfato de condroitina) na fisiopatologia das mucopolisacaridoses.

7 — A importância do endotélio da câmara anterior como uma verdadeira bomba de água (Maurice, 1953). É assim como atualmente consideramos uma bomba de  $\text{Na}^+$ .

8 — Todos estes itens em conjunto param um bom funcionamento da córnea.

### III — FISIOLOGIA.

A — Constituição química. 1 — Água 78,0%; 2 — Colágeno 15,0%; 3 — Outras proteínas 5,0%; 4 — Querato-sulfato 0,7%; 5 — Sulfato de condroitina 0,3%; 6 — Sais 1,0%. B — Propriedades físicas. 1 — Extensibilidade. Quando todo o olho se distende, as fibrilas corneanas e esclerais sofrem uma extensão. 2 — Deformação. A córnea pode sofrer deformações como na tonometria de aplanação. 3 — Permeabilidade e transporte. Cogan e Kinsey (1942) relataram um mecanismo de osmose que se processava a nível do epitélio e do endotélio. Maurice (1953) estudou uma verdadeira bomba de água na córnea, e atualmente sabemos que há uma bomba de  $\text{Na}^+$  a nível do endotélio. 4 — Transparência. A transparência da córnea foi brilhantemente defendida por Maurice (1957), quando descreveu a sua teoria. As fibrilas colágenas ( $N=1,47$ ) de diâmetro uniforme encontram-se paralelas umas às outras, e a substância fundamental ( $N=1,35$ ) envolve as fibrilas. A luz seria então dispersada. A perfeita disposição das fibrilas colágenas dentro das lamelas corneanas separadas por intervalos inferiores ao comprimento de onda da luz, faria uma rede de difração que reconstitui novamente o feixe luminoso. A transparência e a desidratação da córnea são processos importantes na fisiologia corneana e poderiam ser resumidos da seguinte maneira. (Fig. 11). C — Nutrição. O oxigênio e os metabólitos constituem os elementos importantes para o bom funcionamento corneano. (Fig. 12). D — Metabolismo da córnea. 1 — Metabolismo oxidativo e fontes de energia. (1) Consumo de oxigênio; (2) Metabolismo da glicose. (a) Ciclo de Embden-Meyerhof; (b) Ciclo de Warburg-Dickens-Lipmann. 2 — Biossíntese dos constituintes da substância própria. (1) Biossíntese do colágeno;

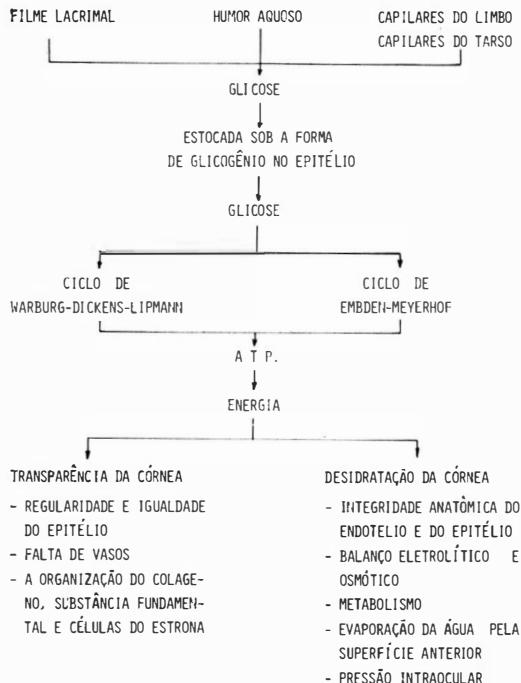


Fig. 11 — Transparência e desidratação da córnea.

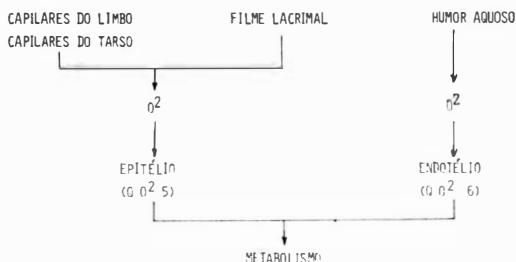


Fig. 12 — O oxigênio na córnea.

(2) Biossíntese das glicoproteínas. O metabolismo da córnea pode ser, assim, estudado. (Fig. 13, 14, 15 e 16). IV — Fisiopatologia corneana. A fisiopatologia corneana seria estudada sob o ponto de vista da desordem celular, ou seja, toda doença é o resultado de lesão e consequente mal-funcionamento celular. As desordens corneanas poderiam ser, assim divididas: A — Defeitos genéticos. A — Sem anomalia cromossômica demonstrável. 1 — Defeito nas proteínas enzimáticas; 2 — Defeito estrutural produzido por proteína normal. B — Com anomalia cromossômica demonstrável. 1 — Anomalias dos autossomos; 2 — Anomalias dos cromossomos sexuais. B — Deficiência de substâncias nutritivas. A — Dieta deficiente. B — Deficiência na absorção. C — Deficiência de suprimento sanguíneo. C — Agentes biológicos. A — Infecções. B — Imunopatias. D — Agentes físicos. A —

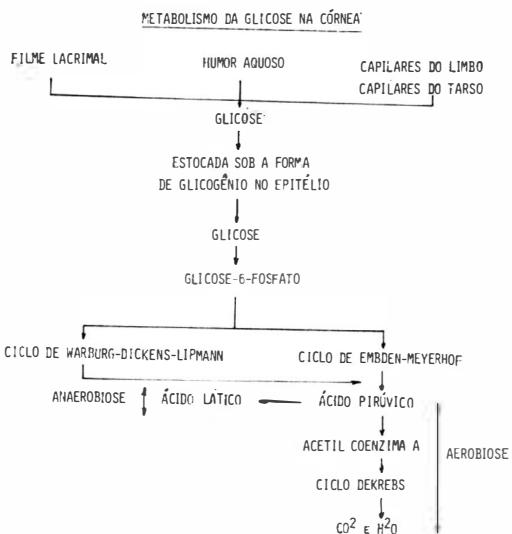


Fig. 13 — Metabolismo da glicose na córnea.

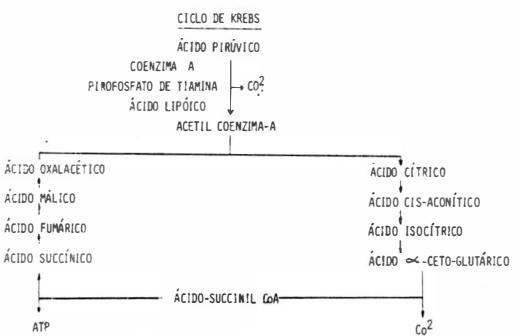


Fig. 16 — Ciclo de Krebs.

**Traumatismo.** B — Calor. C — Frio. D — Radiação ionizante. E — Substâncias tóxicas. A — Locais. B — Gerais. F — Neoplasmas. A — Secundárias a tumores do limbo. Sendo assim, poderíamos classificar as principais doenças da córnea da seguinte maneira: Opacificações corneanas neonatal. I — Malformações congênitas. A — Síndromes de clivagem da câmara anterior. 1 — Sínequia central anterior; 2 — Anomalia de Peter; 3 — Estafiloma anterior. B — Esclerocornea. C — Glaucoma congênito. D — Dermóides. II — Trauma ao nascimento. III — Degeneração corneana hereditária congênita. IV — Processo inflamatório. A — Rubella. V — Erros congênitos do metabolismo. A — Mucopolissacaridos. B — Síndrome de Lowe. VI — Aberrações cromossômicas. A — Síndrome de Patau (Trissomia 13-15). Degenerações corneanas (1º modo). I — Epitélio e limitante anterior. A — Pontuada de Meesman. B — Anular de Reis-Bücklers. C — Espiriliforme de Fleischer. D — Mosaico de Vogt. II — Estroma. A — Granular de Groenouw I ou Bucklers I. B — Macular de Groenouw II ou Bucklers II. C — Reticular de Biber-Haab-Dimmer ou Bucklers III. D — Cristalina central de Schnyder. E — Cristalina marginal de Bietti. F — Farinata de Vogt. G — Filiforme de Maeder-Danis. H — Ceratocone (Ectasia). III — Limitante posterior e endotélio. A — Hereditária tardia endotelial de Fuchs. B — Hereditária congênita endotelial de Mau-menee. C — Polimorfa profunda. Degenerações corneanas (2º modo). I — Epitélio e limitante anterior. A — Pontuada de Meesman. B — Anular de Reis-Bücklers. C — Espiriliforme de Fleischer. D — Mosaico de Vogt. E — Em faixa. F — Geron-toxon. G — Ceratoconjuntivite seca. H — Ceratomalácia. I — Lagoftalmia. J — Neuroparalítica. II — Estroma. A — Granular de Groenouw I ou Bucklers I. B — Macular de Groenouw II ou Bucklers II. C — Reticular de Biber-Haab-Dimmer ou Bucklers III. D — Cristalina central de Schnyder. E — Cristalina marginal de Bietti. F — Farinata de Vogt. G — Filiforme de Maeder-

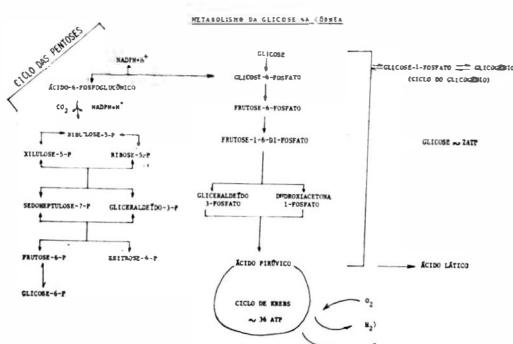


Fig. 14 — Metabolismo da glicose na córnea.

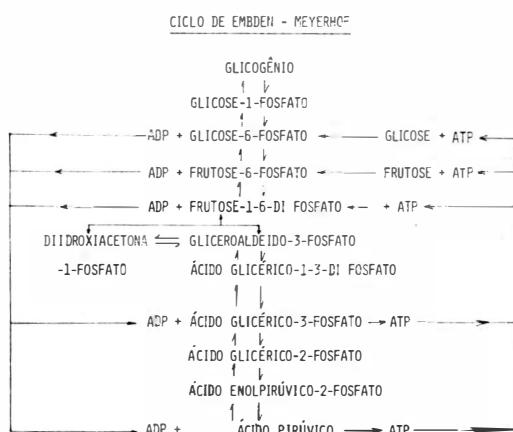


Fig. 15 — Ciclo de Embden-Meyerhoff.

Danis. H — Lipídica. I — Mucopolissacaridoses. J — Cistinose. L — Ceratocone (Ectasia). III — Limitante posterior e endotélio. A — Hereditária tardia endotelial de Fuchs. B — Hereditária congênita endotelial de Maumenee. C — Polimorfa profunda. D — Anel de Kayser-Fleicher. Ceratites. I — Do tipo não ulcerativo. A — Epitelial. Ceratite do herpes simples em suas várias formas. B — Sub-epitelial. 1 — Ceratoconjuntivite epidêmica. 2 — "Pan-nus" tracomatoso. 3 — Ceratoconjuntivite flichtenular. 4 — Ceratite leprosa. 5 — Ceratite rasácea. 6 — Infiltração marginal periférica. C — Estroma. 1 — Ceratite do herpes simples. 2 — Ceratite do herpes zoster. 3 — Ceratite sifilitica. 4 — Ceratite tuberculosa. 5 — Ceratite leprosa. 6 — Abscesso anular da córnea. II — Do tipo ulcerativo. A — Úlcera catarral. B — Úlcera serpiginosa aguda. C — Úlcera serpiginosa crônica. D — Úlcera varicélida. E — Úlcera micótica. Erosões e ulcerações corneanas. I — Erosões recorrentes. A — Ceratopatia bolhosa. B — Erosão recorrente pós-traumática. C — Erosões nas degenerações corneanas. D — Erosão recorrente idiopática. E — Erosão metaherpética. II — Erosões mecânicas. A — Triquiase. B — Conjuntivite primaveril palpebral. C — Xerose. III — Exposição. A — Denervação trigeminal. B — Paralisia facial periférica. IV — Olhos secos ("Dry Eyes"). A — Ceratoconjuntivite seca. B — Xerose. V — Afinamento periférico e ceratopatia química. A — Doenças do tecido conjuntivo. B — Degeneração corneana periférica. C — Queimadura por ácalis.

## SUMÁRIO

Os autores estudaram alguns aspectos importantes da anatomia, histologia, fisiologia e fisiopatologia corneana. Focalizaram conceitos importantes para a compreensão do assunto.

## SUMMARY

The authors study some important aspects of anatomy, histology, physiology and physiopathology of the cornea. They emphasize some important points to the understanding of the subject.

## BIBLIOGRAFIA

- APPLE, D. J. & RABB, M. F. — Clinicopathologic Correlation of Ocular Disease. A Text and Stereoscopic Atlas. The C. V. Mosby Company, 1974. 429 pg. Ilustr.
- BAILEY, F. R.; COOPENHAVER, W. M.; BUNGE, P. R. & BUNGE, M. B. — Histologia. Editora Edgard Blücher Ltda., 1973. 612 pg. Ilust.
- BLÜMCKE, S. & MORGENTHOTH, K. Jr. — The stereo ultrastructure of the external and internal surface of the cornea. J. Ultrastruct. Res. 18: 502, 1967.
- COGAN, D. G. & KINSEY, V. E. — The cornea. I. Transfer of water and sodium chloride by osmosis and diffusion through the excised cornea. Arch. Ophthalm., N.Y. 1942 a, 27: 466-476.
- COGAN, D. G. & KINSEY, V. E. — The cornea. V. Physiologic aspects. Arch. Ophthalm., N.Y. 1942b, 28: 661-669.
- COHEN, M. M. — Biochemistry of Neural Disease. Harper & Row, Publishers, 1975, 242, pg. Ilust.
- COTLIER, E. — The cornea. In: MOSES, R. A. Adler's Physiology of the Eye. Clinical application. The C. V. Mosby Company. Saint Louis, 1975, 38-63.
- DUKE-ELDER, S.; GLOSTER, J. & WEALE, R. A. — The Physiology of the Eye and of Vision. System of Ophthalmology. Editado por Sir Stewart Duke-Elder. London. Henry Kimpton, 1968.
- FARQUHAR, M. G. & PALADE, G. E. — Cell Junctions in Amphibian skin. J. Cell. Biol. 26: 263, 1965.
- GIRARD, L. J. — Corneal Contact Lenses. The C. V. Mosby, 1970, 348 pg. Ilust.
- GRAS, J. — Fundamentos de Bioquímica Médica. Ediciones Toray, S.A.. 1962, 304 pg. Ilust.
- GRIEP, R. O. & WEBB, L. — Histology. Mc Graw-Hill Book Company, 1973, 1044 pg. Ilust.
- HODSON, S. — The regulation of corneal hydration by a salt pump requiring the presence of sodium and bicarbonate ions. J. Physiol. 1974, 236, pp. 271-302.
- HOGAN, M. J. & ZIMMERMAN, L. E. — Ophthalmic Pathology. An Atlas and Textbook, second edition, W. B. Saunders Company, 1962, 797 pg. Ilust.
- HOGAN, M. J.; ALVARADO, J. A. & WEDDELL, J. E. — Histology of the Human Eye. An Atlas and Textbook. W. B. Saunders Company, 1971, 687 pg. Ilust.
- HOLLY, F. J. & LEMP, M. A. — The Preocular Tear Film and Dry Eye Syndromes. Int. Oph. Cl., Spring 1973, Vol. 13, Nº 1. Little, Brown and Company.
- JONES, L. T. — Anatomy of the tear System. In: HOLLY, F. J.; LEMP, M. A. The Preocular tear Film and Dry Eye Syndromes. I. O.C. Little, Brown and Company. 1973. Vol. 13, 1.3-22.
- JUNQUEIRA, L. C. & CARNEIRO, J. — Ci- tologia Básica. Guanabara Koogan, 1973. 271 pg. Ilust.
- JUNQUEIRA, L. C. & CARNEIRO, J. — His- tologia Básica. Guanabara Koogan, 1974, 482 pg. Ilust.
- LEHNINGER, A. L. — Bioquímica. Editora Edgard Blücher Ltda., 1976. 262 pg. Ilust.
- LOEWENSTEIN, W. R. — Cellular communication through membrane junctions. Arch. Intern. Med. Vol. 129, 1972, 299-305.
- MAURICE, D. M. — The permeability of sodium ions of the living rabbit's cornea. J. Physiol. 122: 367, 1951.
- MAURICE, D. M. — Preliminary notes. In-cellular spacing of the corneal endothelium. Biochim. et Biophys. Acta. 11: 311, 1953.
- MAURICE, D. M. — The structure and transparency of the cornea. J. Physiol. 1957, 136, 263-286.
- MAURICE, D. M. — Cornea and sclera. In: DAVSON, H. (ed): Physiology of the Eye. 2 ed. Boston, Little, Brown e Co., 1969, pp. 6, 14, 15.
- MILDER, B. — The lacrimal apparatus. In: MOSES, R.A. — Adler's Physiology of the eye. Clinical Application. The C. V. Mosby Company, 1975, 18-37.
- OTTERSEN, O. P. & VEGGE, T. — Ultrastructure and Distribution of Intercellular junctions in corneal Endothelium. Acta Ophthalmologica, vol. 55, 1977, 69-78.
- PAYRAU, P.; POULIQUEN, Y.; FAURE, J. P. & OFFRET, G. — La Transparence de la cornée. Les mécanismes de ses altérations. Masson, et Cie Éditeurs, 1967, 764 pg. Ilust.
- POULIQUEN, Y. — Atlas D'histologie et D'Ultrastructure du Globe Oculaire. Masson, et Cie Éditeurs. 1969, 124 pg. Ilust.
- WHITE, A.; HANDLER, P.; SMITH, E. L. — Princípios de Bioquímica. Guanabara Koogan, 1976, 1070 pg. Ilust.