

眼的生化概要

郑建中 编著

人民卫生出版社

593
JJZ

眼的生化概要

郑建中 编 著

人民卫生出版社

眼的生化概要

郑建中 编著

人民卫生出版社出版

(北京市崇文区天坛西里10号)

河北省遵化人民印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米32开本 54印张 114千字

1991年8月第1版 1991年8月第1版第1次印刷

印数: 00 001—2 510

ISBN 7-117-01566-7/R·1567 定价: 4.55元

〔科技新书目246—185〕

序

生物化学是医学科学的重要前沿学科之一，生命的许多现象和机理最终都归因于生化的变化，对于眼科也不例外。有关眼科生化的研究浩如瀚海；一般眼科文献，也有时包含生化的内容。而日常以临床实践为主的医师对生化方面的接触相对较少。为此，汇集了国内外有关眼科生化资料作一简要综述，希望它能有助于一般眼科工作者对眼生化有个概括的了解。

显然，眼生化的分析和研究结果不可能全部来自人体，尤其是活体，因此，大量数据必然来自动物。人与动物之间存在种属差异，各种动物眼球之间几种组织的生化组成比例关系也未必一致，即使对同一种动物，由于多种因素影响，各个学者报道的结果也会不同。所以文中可能有前后生化数值或论点不一，或表中数值与正文叙述各异的地方，这是由于汇集资料时引用了多种来源。要协调这些矛盾实际上是不可能也没有必要的。我却希望这样的兼容并蓄，能开阔我们的眼界，得以了解差别的可能性和它们的变动范围和程度。

根据当前推行法定计量单位的趋势，书中生化数值尽量换算成法定单位，为便于尚不熟悉新制的读者，附上了新旧单位换算表。最后还附上书中涉及的计量中译和进位。

本书蒙天津医学院生物化学教研室苏学良教授仔细审阅和指正，谨致衷心的感谢。郑因欣绘制了书内插图，在此致谢。

限于本人水平，书中难免有取材不当或理解和叙述谬误之处，尚祈读者不吝批评指正。

编者

目 录

1 眼的解剖	1	4 房水	61
2 泪液	5	房水的功能.....	62
泪液的生成和流动.....	6	血-房水屏障	63
泪液的功用.....	7	影响正常房水成分	
泪膜.....	7	的因素.....	65
泪液的物理特性.....	9	房水的物理特性.....	74
泪液的化学特性.....	13	房水的化学成分.....	75
3 晶体	18	房水的异常改变.....	90
晶体的组成成分.....	19	5 角膜	93
晶体的蛋白质.....	20	角膜的化学组成.....	94
蛋白质和氨基酸代		角膜的糖代谢.....	98
谢.....	26	其他物质代谢.....	101
晶体的糖含量.....	30	角膜的脱水和水化..	102
晶体的糖代谢.....	31	角膜的通透性.....	107
晶体的脂类.....	39	角膜的透明性.....	108
晶体的水和电解质		角膜的透光度.....	109
代谢.....	40	角膜新生血管.....	110
维生素C和肌醇.....	45	6 玻璃体	111
核酸.....	47	玻璃体的物理特性..	111
微量元素.....	47	玻璃体凝胶的特性..	113
白内障.....	48	玻璃体的化学组成..	115

悬韧带的化学组成··	128	营养素与视网膜的	
异常玻璃体·····	128	关系·····	152
7 视网膜 ·····	129	视网膜代谢与细胞	
锥体和杆体·····	131	成分、发育、活	
视觉的化学·····	134	动和病理改变的	
锥体色素和色觉····	141	关系·····	152
神经刺激的过程····	143	8 巩膜 ·····	153
视网膜内的神经		物理特性·····	154
介质·····	143	化学特性·····	155
物质进入视网膜的		巩膜的代谢·····	156
途径·····	144	附录 I 新旧计量单位	
视网膜的糖代谢····	145	换算表·····	157
氨基酸和蛋白质的		附录 II 计量单位进位	
代谢·····	147	和换算·····	161
脂类代谢·····	150		
无机盐代谢·····	151		

角膜和虹膜之间的空隙是**前房**，通常充满透明的**前房水**，容量为 0.25ml 左右。一般提到房水，没有明确是前房水或后房水时，主要指前房水。前房周边的间隙是**前房角**，后以虹膜根部和睫状体为界，前为角巩膜。房水通过房角周围的板层纤维网状结构（**小梁**）进入**巩膜静脉窦**（Schlemm's canal），后者是房水排出的主要渠道，最后注入房水静脉。

几乎紧贴瞳孔后面的是**晶体**。它是一个双凸面的透明体，呈扁圆形，表面有一层囊膜。晶体前、后面交接处是赤道，该处前后囊膜面上有很多来自睫状突的纤丝样的**悬韧带**附着，使晶体能固定在瞳孔区。睫状体的睫状肌收缩时，悬韧带松弛，晶体变得较凸，折射力增加。反之，睫状肌松弛时，悬韧带收缩，使晶体变得较扁平，折射力减少。此功能称为调节。

虹膜后面和晶体前面与睫状体之间的空隙是**后房**，正常时充满透明的**后房水**，容量较小，只及前房水的 14~25%。房水是由睫状突分泌入后房，流经瞳孔缘进入前房，从房角排出。

角膜的后壁、虹膜的前后层、晶体的前面和赤道部均与房水密切接触，晶体和角膜都无血管，全凭与房水不断交换物质，以维持正常代谢。

眼球腔的后部（约为眼内容积的 $\frac{2}{3}$ ）充满透明的凝胶体，即**玻璃体**。它的前面与晶体后面吻合，基底部与睫状体接界，后部与整个视网膜为邻。玻璃体也不含血管，是视网膜、晶体和睫状体的代谢产物的交换处所，对眼内组织的代谢起着重要作用。

视网膜是视觉的神经感觉层。它可分为 10 层，除最外层的**色素上皮层**外，其余层次包含着几种重要的神经元。视物

时，光刺激了位于色素上皮层内的**锥、杆体层**，经光化学作用转变为神经冲动，通过起中转作用的双极细胞，传递到视网膜内侧的神经节细胞，再经其轴突汇集而成的**视神经**，向后穿过巩膜，导向脑中枢，产生视觉信息。

视网膜的后部中心是**黄斑区**，它的中央有小凹称**中心凹**，含有大量锥体细胞，是视物最敏锐之点。

视网膜内几层是由**视网膜血管**供应。视网膜动脉由眼动脉而来，在眼球后穿入视神经，在内行走至视乳头表面冒出，分成多支分布在视网膜面上。

视网膜的外面是**脉络膜**。脉络膜主要由血管构成：由外及里为大、中和毛细血管层。它的内层称**玻璃膜** (Bruch's membrane)，介于毛细血管层与视网膜的色素上皮层之间。脉络膜血运保证视网膜外几层的营养，它的循环障碍将影响到视网膜的正常代谢，所以视网膜的功能是与脉络膜休戚相关的。

脉络膜向前伸延构成**睫状体**。它是包含肌肉和血管的三角形组织。面向晶体的前部表面有许多褶皱，即**睫状突**，含有丰富的血管丛，突的表面有**非色素上皮层**（靠后房），下面是**色素上皮层**。睫状突分泌房水，表面附有许多睫状悬韧带。

睫状体向前延伸为虹膜，虹膜含有大量色素细胞（有色人种）、血管和结缔组织，构成疏松的实质，与前房直接交通，液体能自由地出入。

脉络膜、睫状体和虹膜统称为色素膜或葡萄膜。它们的血液供应都来自**睫状动脉系统**。

脉络膜的外面是**巩膜**，二者间的潜在空隙是**脉络膜上腔**。巩膜是由致密的不透明纤维组成，质地坚韧，构成眼球的保

护层，它的上面覆有透明的**球结膜**层。

眼睑的表面是皮肤，衬里是**睑结膜**层（图1-2），后者向后伸延到眼球前方的巩膜面成为球结膜，上、下睑结膜与球结膜交接处是上、下**穹窿**。上睑的外上方眶缘内有**泪腺**，上穹窿结膜下和上睑板上部结膜下有**副泪腺**，这些都能分泌泪液。

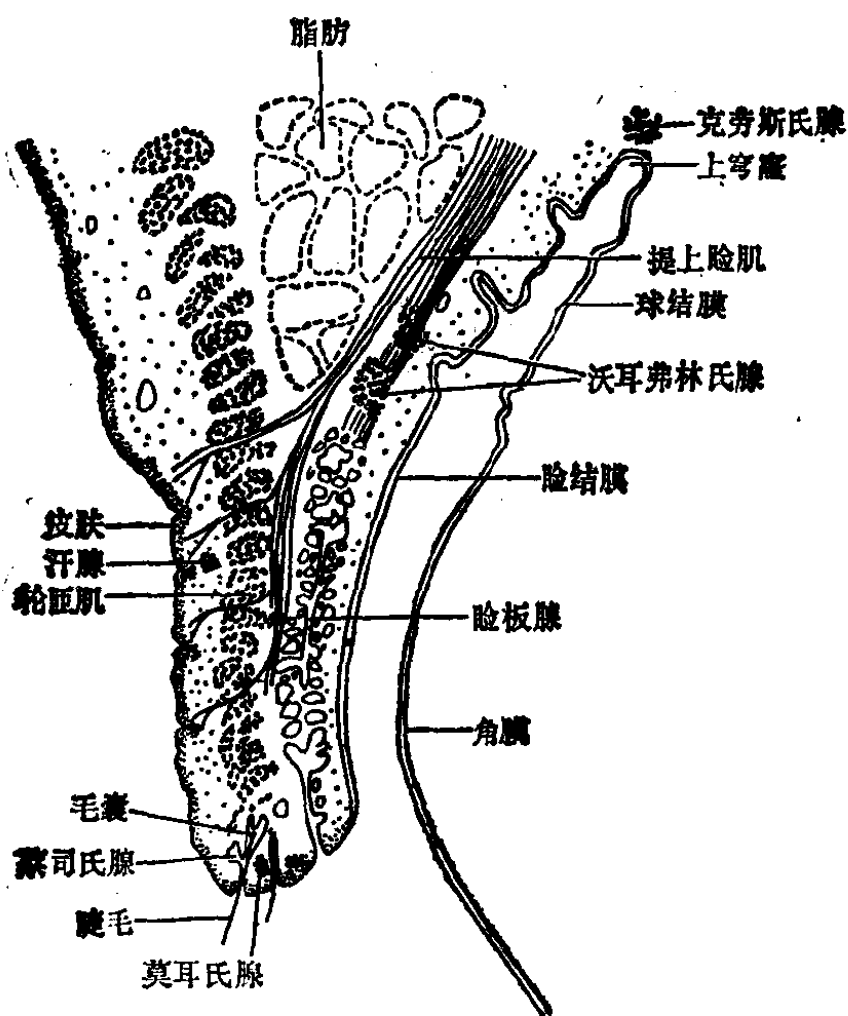


图 1-2 上眼睑切面图

眼球运动是由巩膜表面附着的 6 条**眼外肌**收缩完成。

2. 泪 液

泪液由泪腺和副泪腺分泌。泪腺位于眼眶的外上方眶缘内，可分为眶部和睑部，生成的泪液由约 12 支排泄管道收集引导到睑结膜（图2-1）。副泪腺包括克劳斯氏腺（Krause's glands）和沃耳弗林氏腺（Wolfring's glands），分别位于上穹窿结膜和睑板上部结膜下（图1-2）。另外，还有眼睑的蔡司氏腺（Zeis's glands）和睑板腺分泌油脂性液体，结膜的杯状细胞分泌粘液，混合到泪液中。

泪液引流到内眦部的泪湖，经上、下泪点、泪小管进入泪囊，通过鼻泪管向鼻腔排出（图2-1）。

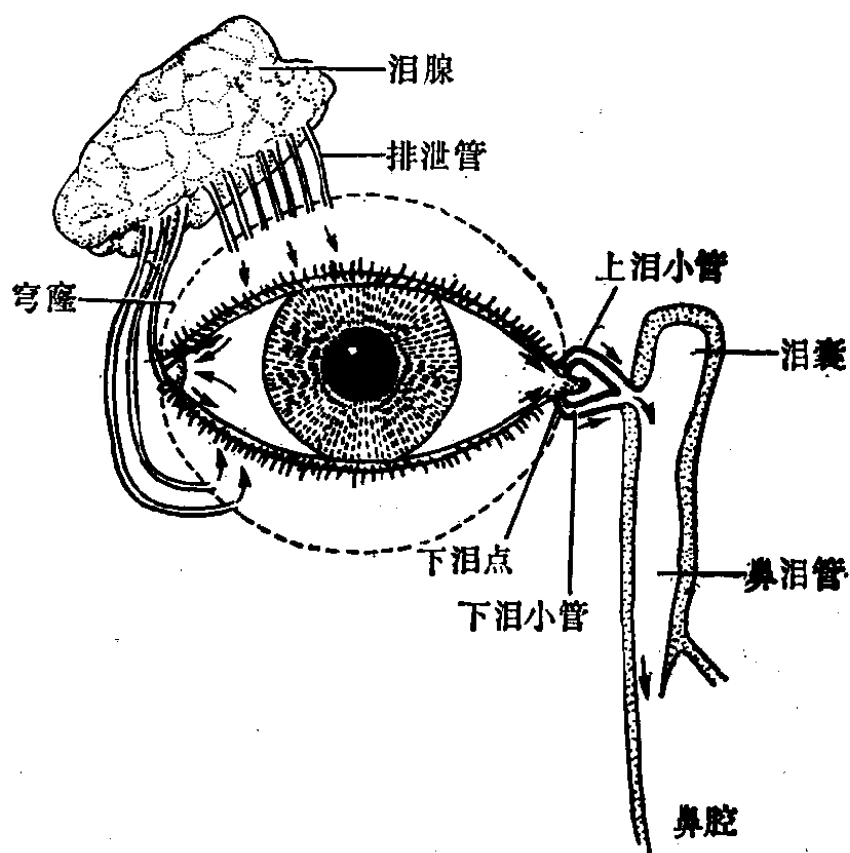


图 2-1 泪液的分泌和排出

事实上，结膜上粘液腺和副泪腺分泌的粘液和泪液已足以保持角结膜面经常滑润，主要泪腺只在急需时分泌大量泪液，发挥作用。因此，主泪腺先天性缺如或手术摘除后患者可无何不适，而结膜发生病变时，则可引起刺激和干燥症状，产生干性角结膜炎。

泪液的生成和流动

Schirmer 早年估计日间 16 小时泪液分泌量是 $0.5 \sim 0.75\text{g}$ ，相当于 $0.6 \sim 0.8\mu\text{l}/\text{min}$ ，并认为睡眠时不分泌。根据近年较可靠的测定，平均分泌量为 $1.0 \sim 1.2\mu\text{l}/\text{min}$ （范围 $0.5 \sim 2.2\mu\text{l}/\text{min}$ ）。但 Brandt 测定 950 只正常眼，24 小时分泌量平均为 9.5ml 。

泪液可以分为三部分：

1. 泪膜 $1\mu\text{l}$ 。
2. 睑缘泪带约 $3\mu\text{l}$ 。
3. 穹窿 $3\mu\text{l}$ 。

正常结膜穹窿泪液容量约为 $7\mu\text{l}$ 。正常结膜上有 $10\mu\text{l}$ 泪液存在，如容量超过 $30\mu\text{l}$ ，即将外溢。

泪液的分泌量和速率可因精神刺激、强光（包括紫外线）、寒冷、异物、气体刺激等迅速增加，每分钟达到 $100\mu\text{l}$ 时即会从结膜囊外溢。局麻后，刺激角膜的流泪受到抑制，但由精神刺激引起的流泪依然发生，并且常是双侧性的。

80 岁时的泪液分泌只及 20 岁时的 $\frac{1}{2}$ ，可能是因分泌腺细胞萎缩。瘢痕性结膜炎时，泪腺和副泪腺的分泌减少，引起干眼病。维生素 A 缺乏时，结膜上皮发生病理改变，睑板腺、杯状细胞、莫耳氏腺（Moll's glands）和蔡司氏腺分泌受抑制，使泪液的油层局部缺损，产生角膜上的深凹，称作

小凹。

泪液的功用

泪液有下列功能：

1. 消除角膜表皮的微小不规则处，使角膜成为均匀一致的光滑光学面，提高角膜的光学特性。
2. 湿润和滑润角结膜表面，免致上皮细胞受损害。
3. 流向下穹窿时起到冲刷角膜脱落细胞碎屑、细菌和异物等的作用。
4. 构成角膜与空气进行气体交换的媒介。
5. 泪液含有葡萄糖，营养角膜上皮。
6. 泪液中含有溶菌酶，保护角膜免受感染。

泪 膜

泪膜的结构

角膜面上的泪膜由于泪液不断分泌而得到维护。泪膜厚约 $7\sim 10\mu\text{m}$ ，体积共 $1\mu\text{l}$ ，比较稳定。它可以分为三层：表层油层，中层水液层和深层粘液层（图2-2）。

油层 厚约 $0.1\mu\text{m}$ ，由睑板腺、莫耳氏腺和蔡司氏腺分泌，含有磷脂、胆固醇、脂肪酸和蜡等。由于油层非常薄，所以见不到通常油面的干涉色彩图纹。油层能减少其下面泪层的蒸发，如无此层，蒸发将增加 17 倍之多。油层沿睑缘还能形成一道屏障，防止睑缘的泪液带越过睑缘流到皮肤上。

水液层 厚 $6.5\sim 7.5\mu\text{m}$ ，由泪腺及附属的克劳氏腺和沃耳弗林氏腺分泌。它含有无机盐、葡萄糖、尿素、生物多聚体、蛋白和糖蛋白。

粘液层 居泪膜的最深层，厚 $0.02\sim 0.05\mu\text{m}$ ，是由结

膜上皮杯状细胞分泌的粘蛋白构成，每天分泌约2.2 μ l。

泪膜在眼球表面不易看到，只在上下睑缘表现为1mm的泪液带，外侧呈凹形，由于泪膜的油层，泪液不会溢过睑缘。

泪膜本身有一定的压缩性和弹性，加上角膜表面有许多凸出的微绒毛使其贴附在上面，不致因重力迅速流下，能够较稳定地保持其厚度。

角膜的润湿

角膜上皮的细胞膜由脂蛋白构成，比较恶水，不受水润湿。

而粘蛋白是一种糖蛋白，它能使液体的临界表面张力低于固体。眨眼时，粘蛋白受揉压，被涂布在角膜上皮细胞膜面，并被角膜上皮的微绒毛吸附，形成亲水面，使泪液均匀地分布在上面，取得润湿角膜的效果。

泪膜的再形成

泪膜的油层具有弹性，能随眨眼受到压缩和牵伸。闭眼时，油层被抹下并压挤到睑缘间的狭小范围内；睁眼时，新的脂类膜重新扩散在表面，但随着水分蒸发丢失，粘蛋白层与油层混合，角膜上皮由于无粘蛋白覆盖，再度变成恶水性，使泪膜受到破坏。所以，长时间不眨眼，能使正常的泪膜裂解，角膜干燥。由睁眼到泪膜发生裂解的时间称为泪膜裂解

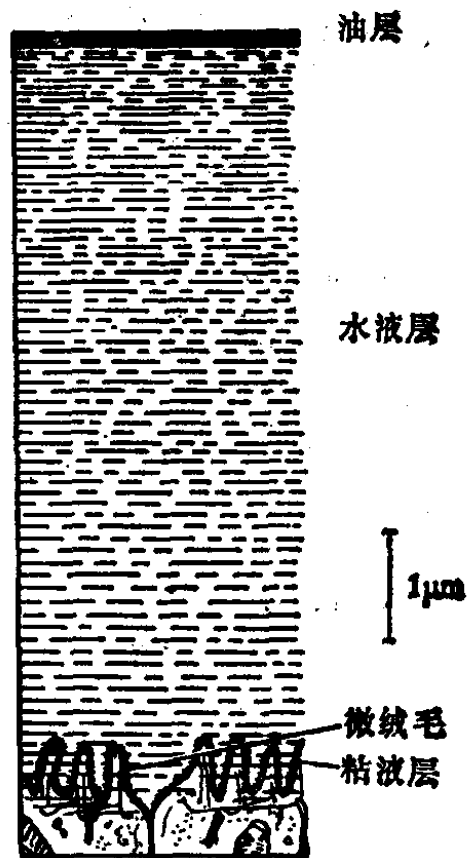


图 2-2 泪膜的结构

时间 (break-up time, BUT), 正常是 15~40 秒。裂解时产生的干斑点, 激发再次眨眼。实际生活中, 不到泪膜出现裂解, 就已眨眼, 所以不会发生角膜干燥。

干眼病时, 泪膜的特性并无重大改变, 而杯状细胞分泌的粘液不足却是个重要因素。如果这种分泌减少, 即使水液充足, 也会产生干眼症状。

蒸发速率与泪膜的关系

由于泪膜油层的保护作用, 眼表面水分的蒸发率较低。正常时, 泪液总量的 10~25 % 由于蒸发丧失, 从眼表面 1 分钟蒸发 $0.08\mu\text{l}$, 每小时约为 $5\mu\text{l}$ 。

在穹窿部刚分泌的泪液的渗透压与血清相等, 但在角膜表面, 泪液蒸发使其电解质和蛋白分子浓度上升, 泪膜渗透压增高 7%。此种渗透压差使水分由角膜越过上皮进入泪膜, 角膜变薄, 随之其渗透压增高, 由房水汲取水分, 以每小时约 $6\mu\text{l}$ 的速率由前房流经角膜到达泪液, 眼压轻度降低。基于上述原因, 睁眼时角膜变得稍薄, 闭合比睁眼时增厚 4 % 左右。如果向前房灌注液体石蜡, 角膜不再能由前房获得水分, 角膜也会变薄。

如果角膜面无油层覆盖, 蒸发率将增加 10~20 倍。用生理盐水冲洗角膜面能使泪膜消失, 蒸发速率大为增加, 但眨眼使油层恢复, 再度覆盖在水液层上, 使蒸发率恢复正常。将角膜上皮刮除对蒸发率无明显影响, 说明上皮对水分蒸发并不起到防止作用。

泪液的物理特性

泪液是一种清亮的、轻度碱性的含盐水溶液。由腺管或

结膜囊收集的泪液,其外观和成分有所不同:由结膜囊收集的包含结膜分泌的产物,如粘液和上皮碎屑等,所以轻度混浊。

人泪液的物理特性如表 2-1,表中并列了血浆的含量可供比较。

表 2-1 人泪液和血浆的理化特性

	泪液	血浆
物理特性		
渗透压	0.9%NaCl(300mOsm/L)	6.62大气压
pH	7.4(7.3~7.7)	7.39
屈光指数	1.357	1.35
体积	0.50~0.67g/16h(清醒)	
一般化学成分		
灰分	10.5g/L	6~10g/L
固体总量	18g/L	86g/L
水分	982g/L	940g/L
电解质		
重碳酸盐	26mmol/L	24.3mmol/L
氯化物	120~135mmol/L	102mmol/L
钾	15~29mmol/L	5mmol/L
钠	142mmol/L	137~142mmol/L
钙	0.57mmol/L	—
含氮物质		
总蛋白	6.69~8g/L	67g/L
白蛋白	3.94g/L	40~48g/L
球蛋白	2.75g/L	23g/L
氨	2936 μ mol/L	28 μ mol/L

	泪液	血浆
尿酸	—	178~297 $\mu\text{mol/L}$
尿素氮	0.0067mmol/L	4.5mmol/L
总氮	158mg/dl	1140mg/dl
非蛋白氮	36mmol/L	19(11~30) mmol/L
糖类		
葡萄糖	0.14(0~0.28)mmol/L	4.4~5 mmol/L
甾醇		
胆固醇和胆固醇酯	0.21~0.83mmol/L	5.2~7.8 mmol/L
有机酸, 维生素, 酶		
柠檬酸	0.031mmol/L	0.11~0.15 mmol/L
维生素C	7.9 $\mu\text{mol/L}$	5.7~39.8 $\mu\text{mol/L}$
溶菌酶	1438(粘度计测量) (800~2500U/ml)	—

物理参数

泪液含水分98~99%，所以比重略高于1。电导率($\lambda \times 10^{-5}$)为1,950~2,272，粘度(η)为1.053~1.405，表面张力(γ)为0.694~0.749。屈光指数为1.336。

pH

泪液的pH为7.4~7.5，接近血浆。正常人可在pH5.2~8.35之间，以7.3~7.7者为多。每个人的泪液pH是相对