

YANFUSHE
SUNSHANG

眼辐射损伤

主 编 郭振举



北京医科大学 联合出版社
中国协和医科大学

877

眼 辐 射 损 伤

主编 郭振举
编者 李莉薇 刘好书 邹积刚

北京医科大学
中国协和医科大学联合出版社

〔京〕新登字147号

眼 辐 射 损 伤

主 编：郭振举

责任编辑：李宗彦

*

北京医科大学联合出版社出版
中国协和医科大学

星城印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米1/32 7.375印张 162千字 插页4页

1992年6月第1版 1992年6月北京第1次印刷

印数：1—2000

ISBN 7-81034-120-0/R · 120

定价：6.20元

内 容 简 介

本书阐述了眼辐射损伤的基本内容，包括电离辐射眼损伤（原子弹爆炸、核事故、职业性放射性工作、医疗照射等）及非电离辐射眼损伤（微波、红外线、紫外线和激光及电视屏辐射等）。本书着重讨论眼晶状体辐射损伤——放射性白内障，及其发病机制、病理表现、临床形态、诊断标准及其防治措施等。

本书为临床医学参考用书，主要阐述眼辐射损伤与防治等方面的问题，可供眼科医师，放射性专业工作者，从事微波等专业的工程技术人员、各级工业卫生防护监测人员、职业病防治及其他卫生工作者参考作用。

前 言

随着核能的开发，核技术的应用早已深入到经济建设的各个领域。战时的核爆炸，平时的核设施事故、职业性放射工作、医疗照射以及微波、磁场辐射等，皆可造成眼辐射损伤。为此，我们结合多年实验室研究成果，综合国内外有关眼辐射损伤学理论，编写了这本书。

本书共分十四章，以专题论述的形式，系统反映了国内外眼辐射损伤发展的最新动向，着重讨论了眼晶状体辐射损伤，重点论述了放射性白内障的发生机制、病理、形态特征、诊断标准、鉴别诊断及其防治等，深入浅出，通俗易懂。可供眼科医师、放射性专业人员、放射卫生监督员、职业病防治及微波工作者参考使用。

本书在撰写过程中，得到了张向光、谢凯、张雅坤、郭阿娟、房伟男、张宝彦、王德文、陈尚廉等同志的支持，为了全书的系统性，文中借鉴并引用了蔡用舒教授主编的《创伤眼科学》中有关微波、激光等致眼损伤的部分内容，在此，一并表示衷心地感谢。

由于我们水平有限，不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

郭振举

一九九一年于哈尔滨

目 录

第一章 眼科基础.....	(1)
第一节 眼解剖及生理.....	(2)
第二节 眼的检查法.....	(9)
第三节 眼的免疫反应.....	(16)
第二章 眼辐射损伤概述.....	(19)
第一节 概述.....	(19)
第二节 电磁辐射对眼的作用.....	(20)
第三章 电离辐射性眼损伤.....	(25)
第一节 概述.....	(25)
第二节 核爆炸损伤效应.....	(27)
第三节 眼辐射伤病理.....	(34)
第四节 放射性眼球炎.....	(39)
第五节 放射性角（结）膜炎及防治.....	(40)
第六节 放射性核素对眼的危害及处理.....	(46)
第七节 放射性视网膜损伤.....	(48)
主要参考文献（第一章至第三章）.....	(66)
第四章 非电离辐射性眼损伤.....	(69)
第一节 电击性眼辐射伤.....	(69)
第二节 微波对眼的辐射损伤.....	(73)
第三节 红外线对眼的辐射损伤.....	(79)
第四节 紫外线对眼的辐射损伤.....	(86)
第五节 激光对眼的辐射损伤.....	(93)
第六节 高强度放射光.....	(114)
第七节 电视屏辐射.....	(115)

主要参考文献·····	(123)
第五章 电离辐射性白内障·····	(127)
第一节 概述·····	(127)
第二节 分类·····	(128)
第三节 体外辐射场所致放射性白内障·····	(129)
第四节 体内放射性核素辐射诱发白内障的 可能性·····	(141)
第五节 放射性白内障发病率·····	(143)
第六节 放射性白内障的阈剂量·····	(145)
第七节 放射性白内障的潜伏期·····	(147)
主要参考文献·····	(148)
第六章 放射性白内障发病机制·····	(151)
第一节 间接作用·····	(151)
第二节 直接作用·····	(151)
第三节 变性游走细胞的作用·····	(151)
第四节 虹膜睫状体机能低下·····	(152)
第五节 前列腺素 (PG) 含量增加·····	(152)
第六节 cAMP 含量增加·····	(154)
第七节 照射后微循环改变·····	(155)
第八节 氧化作用·····	(156)
第九节 微量元素锌、铜的作用·····	(158)
第七章 眼晶状体物质代谢紊乱·····	(160)
第一节 蛋白、酶、氨基酸改变·····	(160)
第二节 能量代谢障碍·····	(161)
第三节 糖酵解作用降低·····	(161)
第四节 晶状体细胞变化·····	(162)
第八章 放射性白内障病理·····	(164)

第一节	实验性放射性白内障·····	(164)
第二节	人类放射性白内障·····	(166)
第九章	放射性白内障形态·····	(169)
第十章	放射性白内障影响因素·····	(171)
第一节	射线种类·····	(171)
第二节	种属差异·····	(171)
第三节	年龄因素·····	(172)
第四节	晶状体受照部位及次数·····	(173)
第五节	个体差异·····	(173)
第十一章	放射性白内障诊断标准·····	(175)
第一节	诊断标准·····	(175)
第二节	处理原则·····	(176)
第三节	附录·····	(176)
	主要参考文献 (第六至十一章) ·····	(178)
第十二章	放射性白内障的防治·····	(181)
第一节	常用药物·····	(181)
第二节	防护措施·····	(187)
第三节	值得探讨的课题·····	(188)
第四节	放射性白内障预后·····	(189)
第十三章	放射诊断时眼的防护·····	(191)
第一节	牙科放射摄影·····	(191)
第二节	放射学新技术应用·····	(192)
第三节	放射治疗·····	(195)
第十四章	鉴别诊断·····	(198)
第一节	白内障·····	(198)
第二节	常见视网膜病·····	(225)
	主要参考文献 (第十二章至十四章) ·····	(227)

第一章 眼科基础

眼是人体的一个十分重要的感觉器官，用以接受外来的光刺激，然后借助视神经的传导，将光信息传送至脑中枢而引起视觉，因此，眼对人类生存起着重要作用。熟悉眼球的解剖及其周围组织结构，有助于了解眼的正常生理功能和病变时的症状与体征。图1-1所示为眼球水平面示意图。

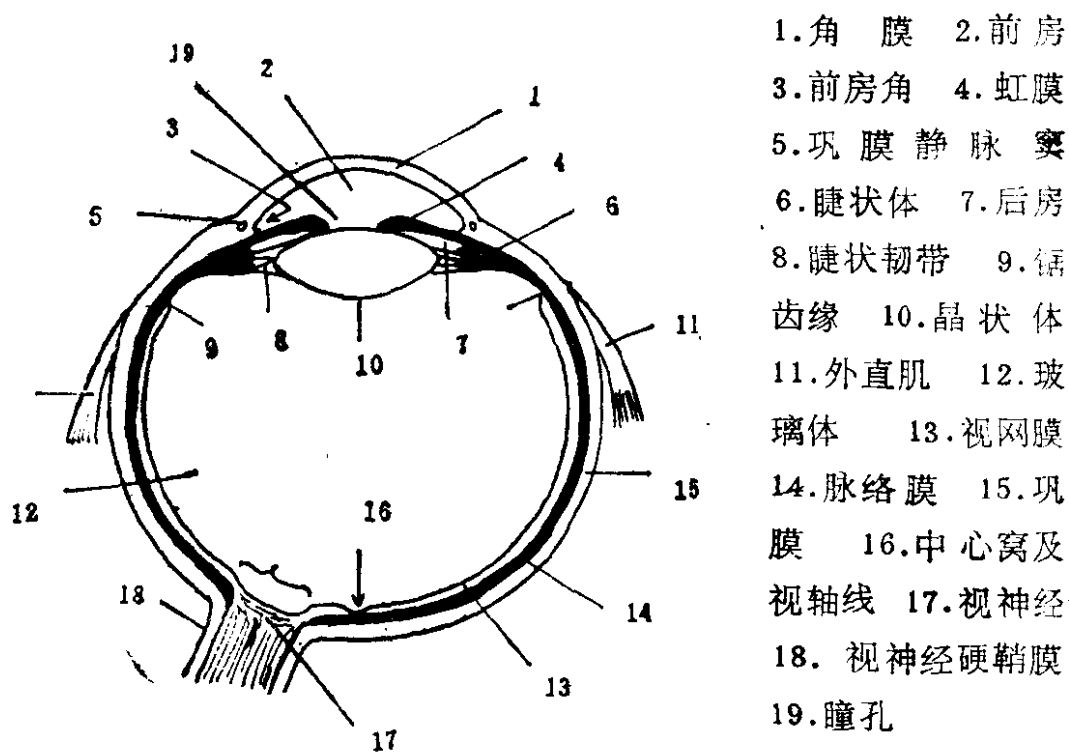


图 1-1 眼球水平切面示意图（右眼）

成人的眼球近似球形，平均前后径为24mm，上下径（垂直径）为23mm，水平径为23.5mm。眼球位于眼眶的前半部，由筋膜与眶壁联系，周围有脂肪组织垫衬托，以减少眼球的震荡。眼球前面有眼睑保护。正常眼球，当向前平视时，突出外侧眶缘约12~14mm。如一眼向前突出超过另一眼2mm

以上，可能为病变。由于眶外缘较其它眶缘偏后，眼球外侧部暴露在眼眶之外，易于遭受外伤的袭击。眼球由眼球壁和眼内容物两部分组成。

第一节 眼解剖及生理

一、眼球壁

(一) 外层 (纤维膜)

眼球壁外层由坚韧致密的纤维组织构成，有保护眼球内组织的作用。其前面 $1/6$ 为透明的角膜，后面 $5/6$ 为瓷白色不透明的巩膜。

1. 角膜

角膜位于眼球正前方，呈横椭圆形，横径 $11.5\sim 12\text{mm}$ ，垂直径 $10.5\sim 11\text{mm}$ ，厚度在边缘部约为 1mm ，中央部约为 0.8mm 。组织学上由外向内分上皮层、前弹力层、基质层、后弹力层和内皮层等五层。其中基质层最厚占全角膜 90% 。上皮层再生能力强，损伤后可再生，且不留疤痕，前弹力层、基质层损伤后不能再生而以不透明的疤痕组织代替，影响视力。后弹力层病理损伤后能再生。角膜基质层在组织学上是由排列整齐的胶原纤维板所组成，且本身无血管，故质地透明。角膜的营养主要来自角膜缘的毛细血管网和房水。角膜有丰富的感觉神经网分布于表层，所以感觉特别灵敏，任何一点小刺激或损伤都会引起疼痛、流泪和眼睑痉挛症状。因角膜暴露于睑裂，故易遭致外界各种因素的侵袭。角膜是屈光间质的重要组成部分，各部的曲光度均匀一致。

2. 巩膜

巩膜质地坚韧，不透明呈瓷白色，主要起保护眼内组织的作用。巩膜的厚度各处不同，赤道部以后的部分厚约1mm左右。巩膜抵抗力最薄弱部分是后极部视神经通过处，此处仅由巩膜内层形成且被视神经纤维贯穿，形成多孔的筛状板，易受眼压的影响。当眼压增高时，此处向后退，形成特异的凹陷，临床上称青光眼环。巩膜的血管和神经分布较少，故新陈代谢缓慢，炎症反应亦不如其它组织剧烈，病程往往持续较长。

3. 角膜缘

角膜缘是角膜和巩膜交界处，宽约1mm环带。其连接处角膜镶嵌在巩膜的内后方，如同手表玻璃嵌入金属表壳之中。在其深部有一排泄房水的环状管，叫巩膜静脉窦。此处结构较薄弱，当眼球受伤时，容易在此处发生破裂。角膜缘周围有一来自二个不同来源的血管网，由深层睫状血管和表层结膜血管组成，主要供给角膜的营养。

前房角是位于前房的周边部，由角膜缘、睫状体及虹膜根部组成。外前方为角膜缘，该部内面有网状小梁结构，其底部为睫状体前部，内后方为虹膜根部。前房角为房水流出眼外的通路，当前房角阻塞时，可引起眼压的升高。

（二）中层（葡萄膜）

中层色如葡萄故名葡萄膜。因具有丰富的色素和血管，亦称色素膜或血管膜，有营养视网膜外层、玻璃体、晶状体和遮光作用。葡萄膜在解剖上是一整体，由于部位和作用的不同，由前至后分为虹膜、睫状体及脉络膜三部分。

1. 虹膜

虹膜位于角膜和晶状体之间，虹膜颜色随人种而不同。虹膜中央有2.5~4mm直径的圆孔，称瞳孔。虹膜表面有高

低不平的隐约及辐射状的隆起皱襞，形成虹膜的纹理。虹膜组织内有瞳孔括约肌：位于瞳孔周围，呈环状排列。收缩时瞳孔即缩小。该肌受动眼神经的付交感神经纤维支配；瞳孔开大肌：位于虹膜的后层（即色素上皮层内），肌纤维呈放射状排列，当其收缩时，瞳孔即扩大。此肌受交感神经支配。由于该两种肌肉的存在，瞳孔能随光线的强弱而收缩或扩大。瞳孔受光刺激而收缩这种功能叫做对光反应。虹膜根部较薄弱，外伤时较易发生离断。虹膜组织内密布三叉神经纤维网，因此感觉特别敏感。

2. 睫状体

睫状体前端和虹膜根部相连，后端和脉络膜相接。贴附于巩膜后面，环绕晶体的赤道部。睫状体分前后两个部分，前部厚，后部薄，故其横切面呈一尖端向后底端向前的三角形。前 $1/3$ 肥厚部称睫状冠，睫状冠的内表面有许多不平的放射状突起，称睫状突，其表面的睫状上皮细胞产生房水。后 $2/3$ 部薄而平坦，称为睫状体扁平部。睫状体也有丰富的血管组织和神经丛，故在炎症时疼痛也较重。睫状体内有睫状肌，由平滑肌组成，主要起调节晶状体屈光的作用。

3. 脉络膜

脉络膜介于巩膜和视网膜之间，前起于锯齿缘，与睫状体扁平部相接，后止于视神经周围。主要由血管和色素构成。它的主要作用是供给视网膜营养，同时又为全葡萄膜静脉回流的总汇区。

（三）内层（视网膜）

视网膜位于脉络膜内面，其纤维汇集成视神经。在脉络膜和睫状体相接处的视网膜呈不规则锯齿状隆起，称为锯齿缘。在眼球后极偏内侧约 $3\sim 4\text{mm}$ 处有一圆盘状隆起，直径

约1.5mm，视网膜神经纤维汇集于此，称为视神经乳头。其中央有一漏斗状凹陷，称生理凹陷。视网膜有感觉机能，但视神经乳头处无感光细胞，故无视觉，所以在视野中存在一盲点，称生理盲点。黄斑区：为眼球正后极部的一个圆形小区，它的中央略凹陷，呈一针尖大小的反光，称中心凹反射，是中心视力最敏锐的部位。当黄斑区有病变时，中心视力便明显下降。视网膜的高度分化的神经组织，结构精细，按其功能由外向内可概括为三层神经元。

1. 最外层

最外层为视细胞层（称第一神经元），是接受光线刺激的圆锥与杆状细胞层。锥细胞多集聚在黄斑部，在中心凹部全属圆锥细胞；能接受强光，司白昼视觉，形体感觉和色觉。杆状细胞分布在黄斑区以外的视网膜周边部，感受弱光，司弱光下的视觉，如杆状细胞受到损害则出现夜盲症。

2. 中间层

中间层为双极细胞层（第二神经元），联系感光细胞与节细胞层。

3. 最内层

最内层为节细胞层（第三神经元），传导神经冲动到脑皮质视中枢。

（四）视神经和视路

1. 视神经

视神经纤维汇集形成视神经乳头，其纤维穿过巩膜筛板出眼球，形成束状视神经。它向后经眶尖的视神经孔穿入颅内，全长约5cm。视神经外面自外向内被由脑膜延续来的硬膜、蛛网膜和软膜三层鞘膜所包裹。硬膜和蛛网膜下间隙的前端为盲端，止于眼球后面，鞘膜间隙与大脑同名的间隙相

通，其中充有脑脊液，所以当颅内压增高时，往往产生视神经乳头水肿。

2. 视路

两眼视神经穿入颅内后，在蝶鞍处相交形成视交叉，由视网膜鼻侧来的纤维彼此交叉，由视网膜颞侧来的纤维则不交叉，再由视交叉处向后分开，形成右、左两视束。每侧视束在大脑底绕过大脑脚分别止于外侧膝状体，再由此发出轴束经过内囊部形成视放射，视放射向后终止于枕叶部矩状裂的大脑皮质视中枢。临床上许多眼病及颅内疾病，因视觉细胞受损伤或视路发生障碍时，便出现各种视野的缺损。

二、眼球内容物

眼球内容物包括房水、晶状体和玻璃体。

(一) 房水

房水为透明液体，由睫状体产生，先进入后房，经瞳孔流入前房，再经前房角小梁网、Schlemm氏管和房水静脉，最后经睫状前静脉进入血液循环。若这种正常通路受阻，就会引起眼内压增高，临床上称为青光眼。房水还有营养角膜和晶状体的作用。前房：前房是角膜内面，虹膜与晶状体前面之间的空隙，中央深度3~4mm。后房：后房是虹膜后面，睫状体和晶状体赤道部之间的环形间隙。

(二) 晶状体

晶状体为重要的屈光间质之一，位于虹膜与玻璃体之间，靠晶状体悬韧带与睫状体联系以固定其位置。晶状体为一富有可塑性的透明体，形如双凸透镜。后面的凸度较大。其外层为一极薄而富有弹性的透明囊膜，中央为晶状体核。核与囊膜之间为晶状体皮质。晶状体核随年龄增长而逐渐增

大变硬，可塑性亦逐渐减退，故晶状体的调节作用亦随之减弱，临床上称为老视。晶状体本身无血管，依靠房水供给营养。当晶状体发生代谢障碍、囊膜受伤或房水的质量改变时，晶状体可变混浊，临床上称为白内障。

（三）玻璃体

玻璃体为透明胶质体，充满在晶状体后面的眼球腔内，起着支撑视网膜与葡萄膜的作用。玻璃体也是一重要屈光间质，其本身无神经、血管，依靠周围组织（脉络膜、视网膜血管和房水）供给营养。当周围组织发生病变时，它的正常代谢受到障碍容易发生液化和混浊，引起不同程度的视力下降。

三、眼附属器

眼附属器包括眼睑、结膜、泪器、眼外肌和眼眶。

（一）眼睑

眼睑覆盖眼球前面，有保护眼球的功能。眼睑分上下两部，两睑之间的间隙称为睑裂。眼睑组织由前至后分为五层：①皮肤层，②皮下组织，③肌层——眼轮匝肌，由面神经支配，司眼睑闭合作用，提上睑肌，由动眼神经支配，该肌收缩，使上睑提起，④睑板——是眼睑的支架，⑤睑结膜——眼睑最后面一层粘膜组织。

（二）结膜

结膜可分为睑结膜、穹窿部结膜及球结膜三部分。

球结膜：覆盖在眼球前部巩膜表面，能透见下面的瓷白色巩膜。穹窿部结膜：为球结膜与睑结膜之间的移行部分，多皱襞，便于眼球自由转动。

（三）泪器

泪器由分泌泪液的泪腺和排泄泪液的泪道两部分组成。

(四) 眼外肌

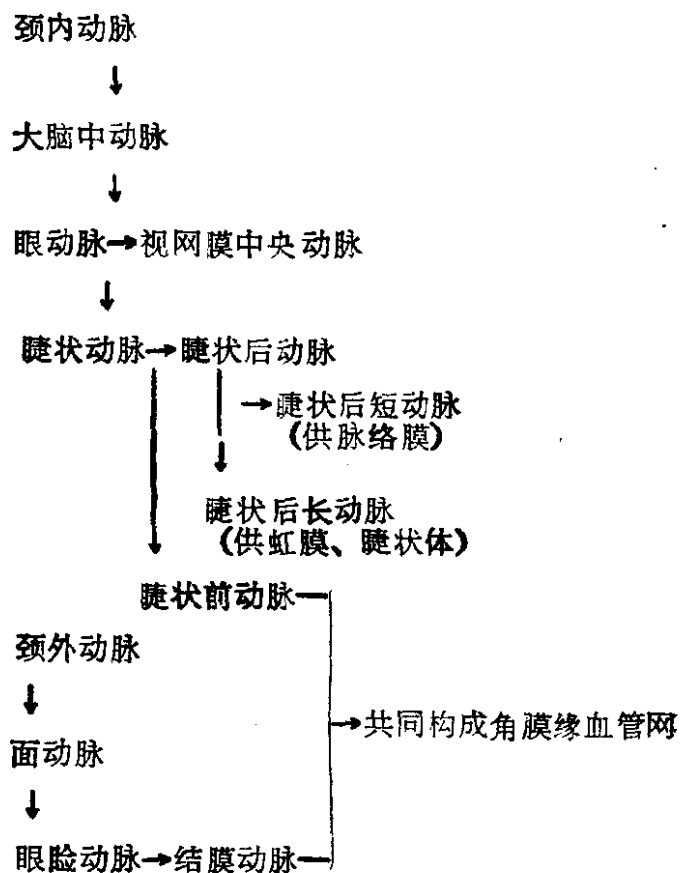
眼外肌共六条，四条直肌（内直肌、外直肌、上直肌、下直肌）、两条斜肌（上斜肌和下斜肌）。

(五) 眼眶

眼眶是由额骨、蝶骨、筛骨、腭骨、泪骨、上颌骨、颧骨等七块骨构成。呈四边锥形的空腔。成年人眶深约4~5cm。

四、眼的血液供应及神经支配

(一) 动脉系统



(二) 静脉系统

视网膜中央静脉



眼上静脉→海绵窦

涡静脉→眼静脉→海绵窦

睫状前静脉



(收集虹膜、睫状体的血液)

眼下静脉

(三) 神经支配

1. 视神经

2. 运动神经

①动眼神经——支配提上睑肌、上直肌、内直肌、下直肌、下斜肌、瞳孔括约肌和睫状肌。

②滑车神经——支配上斜肌

③外展神经——支配外直肌

④面神经——支配眼轮匝肌

⑤植物神经——i 交感神经，支配瞳孔开大肌和泪腺。

ii 付交感神经，通过动眼神经支配瞳孔括约肌和睫状肌。

3. 感觉神经

感觉神经来自三叉神经第一、二分支。第一支司眼球及上睑感觉，第二支司下睑的感觉。

第二节 眼的检查法

一、眼功能检查

(一) 形觉检查