

YI
YI
SI

YINGWUXUE YU
YI
SHI
SHINAN

医学细胞生物学与 医学遗传学

实验及学习指南

■ 主编 关晶



中国医药科技出版社

医学细胞生物学与 医学遗传学

实验及学习指南

主编 李 强



中国医药出版社

医学细胞生物学与 医学遗传学 实验及学习指南

主 编 关 晶
副主编 田现书 潘兴丽 季丙元 高 立
编 者 胡修周 田现书 武艳群
耿嘉正 王书福 高 立
季丙元 潘兴丽 关 晶

中国医药科技出版社

内 容 简 介

本书由三部分组成,第一部分为“医学细胞生物学和医学遗传学实验”,共安排了12个实验内容,包括:显微镜的结构和使用、细胞的基本形态和结构、细胞分裂、细胞培养、染色体标本的制备、人类染色体的观察及核型分析、性染色质检查、皮纹分析、人类遗传性状调查等。在此部分附有实验报告和显微绘图方法,通过正确、规范地书写实验报告,可以使学生巩固所学知识,掌握生物显微绘图的方法。第二部分为“医学细胞生物学和医学遗传学学习指南”,包括对各章节内容的概括和总结、重点提示。第三部分是复习思考题,并附有选择题答案,供同学们参考。

本书适用于普通高等医学院校五年制本科及专科的医学生物学、医学细胞生物学和医学遗传学课程的实验教学,还可作为学生复习、本专业教师教学的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

医学细胞生物学与医学遗传学实验及学习指南/关晶主编. —北京:中国医药科技出版社,2010.10

ISBN 978 - 7 - 5067 - 4784 - 4

I. ①医… II. ①关… III. ①人体细胞学:细胞生物学-高等学校-教学参考资料②医学遗传学-实验-高等学校-教学参考资料 IV. ①R329.2②R394-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第179528号

美术编辑 张 璐

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲22号

邮编 100082

电话 发行:010-62227427 邮购:010-62236938

网址 www.cmstp.com

规格 787×1092mm¹/₁₆

印张 9³/₄

字数 208千字

版次 2010年10月第1版

印次 2010年10月第1次印刷

印刷 三河市华新科达彩色印务有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978-7-5067-4784-4

定价 19.00元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

前 言

为了适应现代生物科学的发展以及医学教育改革的需要,根据教学大纲的要求,结合五年制本科教学的实际情况,我们编写了本书。

鉴于目前各院校开设的课程不完全相同,有的院校分别开设医学细胞生物学和医学遗传学;有的开设医学生物学,但医学细胞生物学和医学遗传学仍是其主要内容。因而,本书的实验内容包括了医学细胞生物学实验和医学遗传学实验两部分,以分别适应医学生物学、医学细胞生物学和医学遗传学实验教学的需要。同时,考虑到教学课时的差异,在实验内容的选择上,除了安排一些验证性和巩固课堂理论的基本实验以外,还增加了一些与医学密切相关的生物学新技术,以开拓学生的视野。

另外,医学细胞生物学和医学遗传学作为生命科学的前沿学科,知识覆盖面广,内容抽象,学生普遍反映不易理解和掌握,特别是近年来,随着人类遗传学和分子生物学等学科突飞猛进的发展,细胞生物学和医学遗传学的知识更新速度也异常迅猛,这就更进一步加大了学习难度。为了减轻学生的学习负担,帮助学生更好更有效地掌握好知识点,教师根据多年的教学经验和体会,对教学内容进行了提炼、归纳和总结,汇编成为学习指南。同时配以一定数量的复习思考题,使学生通过本书对两门课程的重点、难点有较好的了解和把握,并具备一定的解答问题的能力。

本书由三部分组成,第一部分为“医学细胞生物学和医学遗传学实验”,共安排了12个实验内容,包括:显微镜的结构和使用、细胞的基本形态和结构、细胞分裂、细胞培养、染色体标本的制备、人类染色体的观察及核型分析、性染色体检查、皮纹分析、人类遗传性状调查等。在此部分附有实验报告和显微绘图方法,通过正确、规范地书写实验报告,可以使学生巩固所学知识,掌握生物显微绘图的方法。第二部分为“医学细胞生物学和医学遗传学学习指南”,包括对各章节内容的概括和总结、重点提示。第三部分是复习思考题,并附有选择题答案,供同学们参考。本书具有广泛的适用性,可供普通高等医学院校本科生、专科生和进修生使用。

由于作者水平有限和编写时间仓促,书中难免存在疏漏、不妥和错误,敬请使用本书的师生批评指正。

编 者

2010年7月



第一部分 医学细胞生物学与医学遗传学实验

实验室规则	3
实验报告书写要求	3
实验一 显微镜的结构与使用	4
实验二 细胞的基本形态与结构	12
实验三 细胞器及细胞的活体染色	14
实验四 细胞的有丝分裂	18
实验五 生殖细胞的减数分裂	21
实验六 小鼠骨髓细胞染色体标本的制备	27
实验七 人类外周血淋巴细胞染色体标本制备	29
实验八 人类染色体的观察及核型分析	31
实验九 人类染色体 G 显带技术	37
实验十 性染色质检查	43
实验十一 人类皮肤纹理分析	46
实验十二 人类正常遗传性状调查和遗传病系谱分析	51



第二部分 医学细胞生物学与医学遗传学学习指南

医学细胞生物学	59
医学遗传学	77

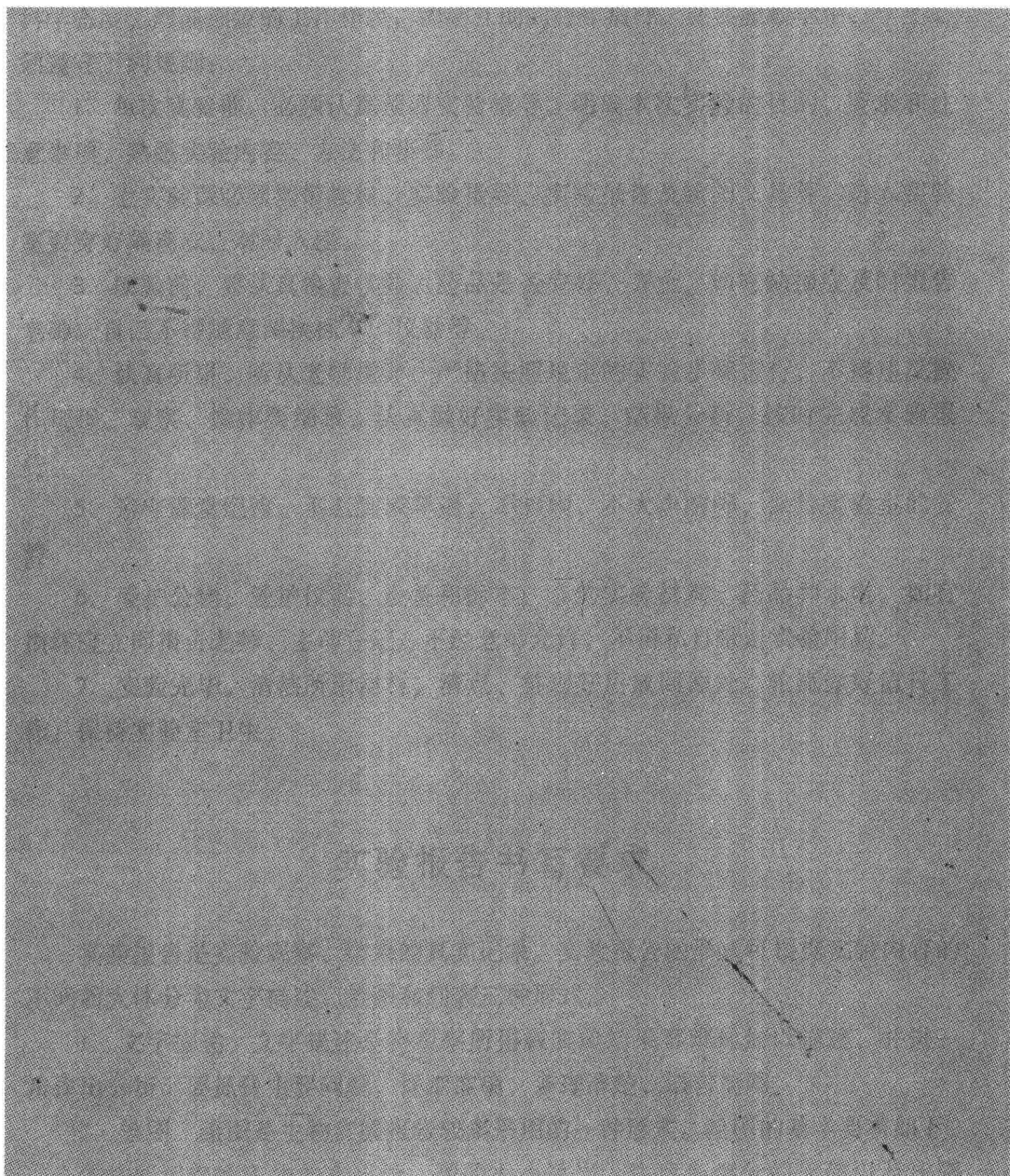


第三部分 复习思考题

医学细胞生物学	91
医学遗传学	124
参考答案	144

第一部分

医学细胞生物学与医学遗传学实验





实验室规则

实验课是生物学教学的重要组成部分，是理论联系实际的重要环节。实验的目的是使学生巩固和扩大课堂上所学的理论知识，加强学生基本操作技能训练，培养学生独立思考、独立操作的能力；通过实验培养学生严肃认真、实事求是的科学态度，严谨细致的工作作风，团结互助的协作精神。在实验教学中，学生必须遵守下列规则：

1. 每次实验前，必须认真预习实验指导，明确本次实验的目的、要求和注意事项，熟悉实验内容、方法和步骤。
2. 上实验课必须携带教材、实验指导、实验报告及绘图文具等。进入实验室要穿好隔离衣，对号入座。
3. 实验前，要认真检查仪器、药品是否完好、齐全，如有缺损应及时报告老师。自己不得随意调换标本、仪器等。
4. 认真听讲，听从老师指导，严格按照规定的实验步骤进行，不得违反操作规程。观察、操作要细致，认真做好实验记录、结果分析，按时完成实验报告。
5. 遵守课堂纪律，不迟到或早退，不打闹，不大声喧哗，保持实验室的安静。
6. 爱护公物，爱护仪器、设备和标本，节约实验材料、药品和水电。如有损坏应立即报告老师、主动登记。不经老师允许，不得私自带走实验用品。
7. 实验完毕，清洁所用器材，清点、整理好后放回原处。轮流做好值日工作，保持实验室卫生。

实验报告书写要求

实验报告是实验观察、结果的真实记录。实验报告的形式可根据实验内容的不同而大体分为文字描述、绘图和列表三种形式。

1. 文字描述 文字描述是将观察所得或实验结果客观地加以描述，并进一步作出分析。要抓住主要问题，详细准确，条理清楚，语言简明。
2. 绘图 绘图是生物实验报告较多采用的一种形式。绘图的基本要求如下：
 - ①按所观察的实物如实描绘。图的大小适当，注意各部分的比例以及比邻



关系。

②应使用 HB 或 2B 铅笔，不要用彩色笔。

③线条要流畅，不要用重复的线条来表示一条线。

④图中明暗对比应以小圆点的疏密来表示，不能用铅笔涂成暗影。

⑤图绘好后，还需注明标题和各部名称。注字要用正楷书写，一律写在图的右侧。注字引线应与报告纸的上下边平行，长短适当，末端对齐，引线之间不能相互交叉。

3. 列表 列表是设计一适当表格，将实验结果或观察所得逐项填入，以表示其相互关系，便于比较分析。

实验一 显微镜的结构与使用

一、目的要求

1. 了解普通光学显微镜的基本构造及其性能。
2. 初步掌握显微镜的使用方法。
3. 熟悉光学显微镜的维护方法。

二、实验用品

1. 器材：普通光学显微镜、香柏油、酒精乙醚混合液、擦镜纸。
2. 材料：血涂片、羊毛交叉装片、英文字母装片等。

三、实验原理

光学显微镜，简称光镜，是利用光线照射使微小物体形成放大影像的仪器，为细胞学研究中最基本的工具。显微镜的发明和使用已有 400 多年的历史。经过不断改进，现在已经形成了品种繁多、型号各异的光学显微镜。除了广泛使用的普通光学显微镜外，还有倒置显微镜、暗视野显微镜和相差显微镜等具有特殊功能的显微镜。各种光学显微镜外形和结构因型号不同差异较大，但其基本结构和工作原理是相似的。一台普通光学显微镜主要由机械系统和光学系统两部分构成，作为显微镜核心部分的光学系统则主要包括物镜、目镜和聚光器等部件。

光镜的放大原理是怎样的呢？物镜和目镜的作用都相当于一个凸透镜，由于被检标本是放在物镜下方 1~2 倍焦距之间的，故物镜可使标本在物镜的上方形成一个倒立的放大实像，该实像正好位于目镜的下焦点（焦平面）之内，目镜进一步将它放大成一个虚像，通过调焦可使虚像落在眼睛的明视距离处，在视网膜上形成一个直立的实像。显微镜中放大的倒立虚像与视网膜上直立的实像是相吻和的，该虚像看起来好像在离眼睛 25cm 处（图 1-1）。

衡量一台显微镜性能好坏的指标包括分辨率、放大率、镜口率、焦点深度和视场宽度等性能标准。这些性能都有一定限度，彼此既相互作用又相互制约。

分辨率是光镜最重要的性能指标，是指在 25cm 的明视距离处，能区分被检物体上两个质点间的最小距离。因此，分辨率越小，说明分辨能力越强。人眼的分辨率约为 100 μ m，而光镜的分辨率可达 0.2 μ m。显微镜的分辨率由物镜的分辨率决定，而目镜

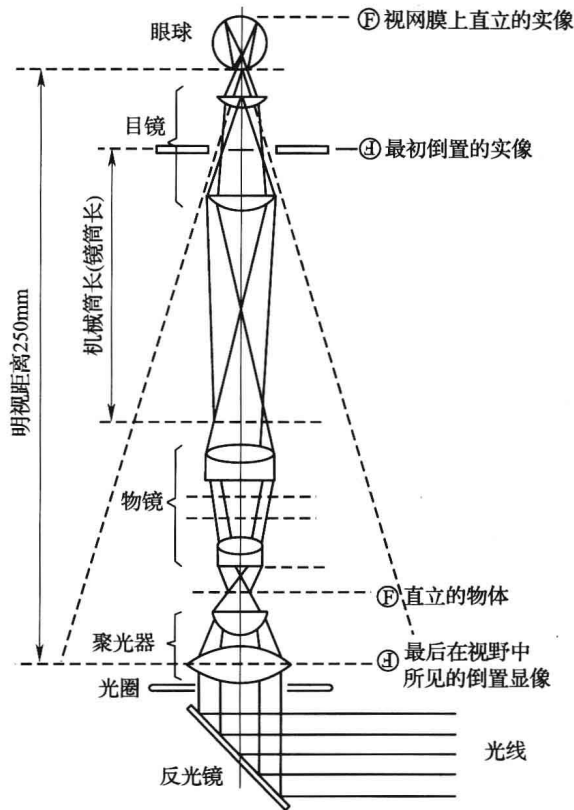


图 1-1 光学显微镜的放大原理及光路图

与显微镜的分辨率无关，它只将物镜已分辨影像进行第二次放大。光镜的分辨率 (R) 可用下式计算：

$$R = 0.61\lambda / N.A. = 0.16\lambda / n \cdot \sin(\alpha/2)$$

式中， λ 为照明光源波长，白光 $0.5\mu\text{m}$ 。N.A. 代表数值孔径，也称镜口率，其数值等于物镜和被检样品之间介质的折射率 (n) 与镜口角 (α) 一半的正弦的乘积，即 $N.A. = n \cdot \sin(\alpha/2)$ 。 n 的最大值为 1.5，空气为 1，水为 1.33，油可达 1.5；镜口角是指位于物镜光轴上标本的一个点发出的光线延伸到物镜前透镜的有效直径的两端所形成的夹角，镜口角越大，进入物镜的光线越多， $\sin(\alpha/2)$ 的最大值为 1。N.A. 是决定显微镜分辨率的一个重要参数，一般来说，N.A. 值在干燥物镜（以空气为介质）为 $0.05 \sim 0.95$ ，水浸物镜为 $0.10 \sim 0.20$ ，油浸物镜为 $0.83 \sim 1.40$ 。因此，光镜的最大分辨率为 $R = 0.61 \times 0.5\mu\text{m} / 1.4 \approx 0.2\mu\text{m}$ 。

由上式可知，物镜的数值孔径决定一台显微镜的主要光学性能：数值孔径越大，分辨率就越小，显微镜的分辨能力就越强，显微镜的光学性能就越好。但数值孔径与焦点深度（即当显微镜对标本的某一点或平面准焦时，焦点平面上上下影像清晰的距离或范围）成反比，因此，并非数值孔径越大越好。物镜的数值孔径



记录



通常标刻在物镜的周缘。

放大倍数是光镜性能的另一重要参数，一台显微镜的总放大倍数等于目镜放大倍数与物镜放大倍数的乘积。常用光镜的最大放大倍数为 1000 倍。

四、内容与方法

(一) 光学显微镜的基本构造及性能

1. 机械部分

(1) 镜座 位于最底部，用于支持和稳定镜体。有的显微镜在镜座内装有照明光源。

(2) 镜柱 镜座上面直立的部分，用以连接镜座和镜臂。

(3) 镜臂 支持镜筒和镜台的弯曲状结构，下端连于镜柱，上端连于镜筒，是拿取显微镜时握持的部位。

(4) 镜筒 是安装在显微镜最上方的圆筒状结构，其上端装有目镜，下端与物镜转换器相连（图 1-2）。根据镜筒数目的不同，光学显微镜可分为单筒式和双筒式两类。单筒光镜又分为直立式和倾斜式两种，而双筒光镜的镜筒均为倾斜式的。

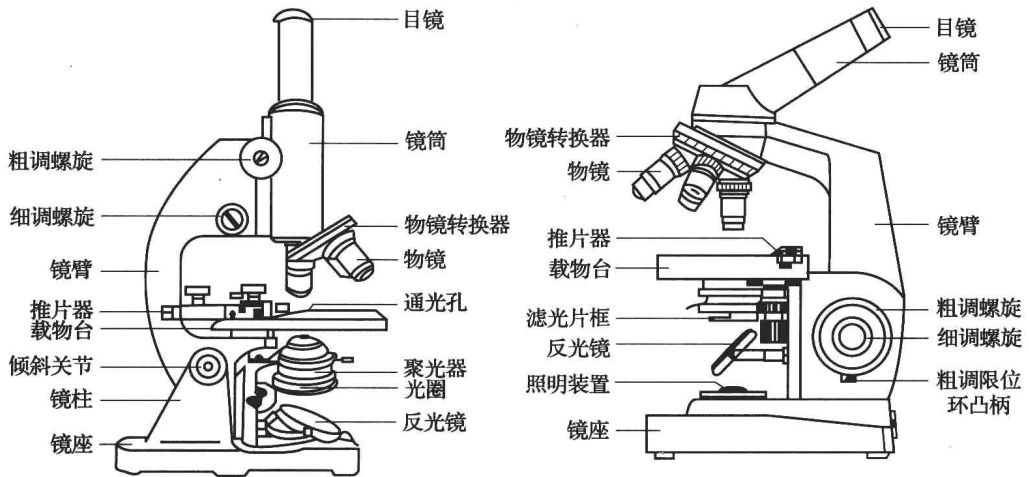


图 1-2 普通光学显微镜结构示意图

(5) 物镜转换器 又称旋转盘，是安装在镜筒下方的圆盘状结构，其上有均匀分布的 3~4 个物镜孔，用以安装不同放大倍数的物镜。旋转物镜转换器可以更换不同放大倍数的物镜，旋转时听到碰叩声，说明物镜到达工作状态。

(6) 载物台 也称镜台，是位于物镜转换器下方的方形平台，用于放置被观察的玻璃标本。载物台的中央有圆形的通光孔，来自下方的光线经此孔照射到标本上。

载物台上装有推片器，其上安装的弹簧夹用于固定标本，旋动推片器上的两个螺旋可使载物台前后左右移动，方便寻找目标。

在推片器上附有纵、横游标尺，用于确定标本的位置。游标尺由主标尺（A）和副标尺（B）组成，副标尺的分度为主标尺的 9/10。使用时，先看副标尺的 0 点位置，

再看主、副标尺刻度线的重合点，根据重合点即可读出准确的数值。图 1-3 中所示的数值应为 13.4。

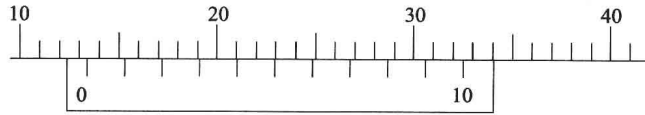


图 1-3 游标尺的用法

(7) 调焦螺旋 也称调焦器，是调节焦距的装置，分粗调螺旋和细调螺旋两种。

①粗调螺旋可使载物台快速升降，能迅速调节好焦距，使物像呈现在视野中，通常在使用低倍镜时，先用粗调节器迅速找到物像。

②细调螺旋只能控制载物台缓慢升降，升或降的幅度不易被肉眼所觉察，多在运用高倍镜和油镜下时使用，从而得到更清晰的物像，并借以观察标本的不同层次和不同深度的结构。

2. 光学系统 光学系统包括目镜、物镜、聚光器、反光镜等。

(1) 目镜 安装于镜筒的上端，通常备有 2 个，上面刻有“ $5\times$ ”、“ $10\times$ ”或“ $15\times$ ”符号以表示其放大倍数，一般光学显微镜装的是“ $10\times$ ”的目镜。

(2) 物镜 装于镜筒下端的物镜转换器上，一般多为 4 个物镜，分别刻有“ $5\times$ ”、“ $10\times$ ”、“ $40\times$ ”、“ $100\times$ ”符号，分别表示其放大倍数。一般将“ $10\times$ ”物镜称为低倍镜（“ $5\times$ ”及以下的物镜称为放大镜），将“ $40\times$ ”物镜称为高倍镜，将“ $100\times$ ”物镜称为油镜（这种镜头在使用时其顶端需浸在香柏油中）。

在每个物镜的周缘通常都标有能反映其主要性能的参数（图 1-4），主要有放大倍数和数值孔径（如， $10/0.25$ 、 $40/0.65$ 和 $100/1.25$ ）、该物镜所要求的镜筒长度和标本上的盖玻片厚度（ $160/0.17$ ，单位为 mm）。

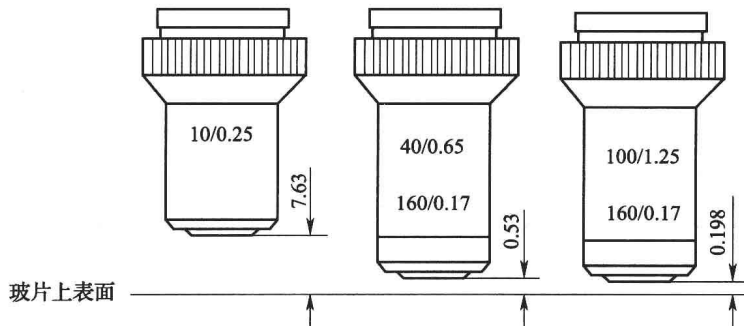


图 1-4 物镜的性能参数及工作距离（注：两箭头间距离为工作距离，单位为 mm）

不同放大倍数的物镜有不同的工作距离，所谓工作距离是指显微镜处于工作状态（焦距调好、物像清晰）时，物镜最下端与盖玻片上表面之间的距离（图 1-4），一般来说，低倍镜最短，油镜最长，而高倍镜的长度介于两者之间。



记录



(3) 聚光器 位于载物台通光孔的正下方,由聚光镜和光圈两部分构成,其主要功能是将光线集中到所要观察的标本上。在聚光器的旁边,有一调节螺旋,可调节聚光器的上升或下降,从而调节光线的强弱。

①聚光镜 由一片或数片透镜组成,起汇聚光线的作用,加强对标本的照明,并使光线射入物镜内,镜柱旁有一调节螺旋,转动它可升降聚光器,以调节视野中光亮度的强弱。

②光圈 位于聚光镜下方,由若干张金属薄片组成,外侧伸出一柄,推动它可调节光圈的大小,从而调节光线的强弱。

(4) 反光镜 装在镜座上方,可向各方向自由转动,能将来自不同方向的光线反射到聚光器中。反光镜有平、凹两面,凹面镜有聚光作用,适于较弱光和散射光下使用;光线较强时则选用平面镜。

(二) 光学显微镜的使用方法

1. 准备工作和基本要求 取用显微镜时,应一手握住镜臂,一手托住镜座,将显微镜平稳地放置到实验台上,镜座后缘离实验台边缘约5~10cm。

观察显微镜时,要求双眼同时睁开,左眼观察、右眼看图,边观察边绘图;双手并用,左手调焦、右手移片或绘图记录。

2. 低倍镜的使用

(1) 对光 打开实验台上的工作灯,调节物镜转换器,使低倍镜对准通光孔,当镜头完全到位时,可听到轻微的振动声。

打开光圈并使聚光器上升到适当位置(以聚光器上端透镜平面稍低于载物台平面的高度为宜),然后左眼观察目镜(注意勿闭右眼),同时调节反光镜的角度,使视野内的光线均匀、亮度适中。

(2) 置片 取要观察的玻片标本,先用肉眼观察标本的全貌和大体位置;盖玻片一面向上将其放置到载物台上,用推片器上的弹簧夹进行固定,然后,旋动推片器的螺旋,使需要观察的标本部位移至通光孔的正中央。

(3) 调焦 用眼睛从侧面注视低倍镜,同时用粗调螺旋使载物台上升至最高,然后左眼观察目镜,同时慢慢旋转粗调螺旋使载物台下降,直至视野中出现物像为止;最后,转动细调螺旋,使视野中的物像达到最清晰。

如果需观察的物像不在视野中央,甚至不在视野内,可用推片器前后、左右移动标本片,使物像进入视野并移至中央。在调焦时,如果镜头与玻片的距离已超过了1cm还未见到物像,则应严格按上述步骤重新操作。

3. 高倍镜的使用 在使用高倍镜前,应先在低倍镜下找到需观察的物像,并将其移至视野中央,同时使用细调螺旋,使被观察物像达到最清晰状态。

转动物镜转换器,将高倍镜镜头对准通光孔,此时,视野中一般可见到不太清晰的物像,再慢慢转动细调螺旋,使物像达到最清晰。

4. 油镜的使用 在高倍镜下找到所需观察的物像标本,并将需要进一步放大观察

的部位移至视野中央。转动物镜转换器，使物镜转换器处于高倍镜和油镜的空挡位置，在标本需要观察的部位滴一滴香柏油，然后旋转物镜转换器，将油镜转至工作状态，此时油镜头正好浸在油滴中。注视目镜，同时缓慢的转动细调螺旋调节载物台的升降，直至视野中出现清晰的物像。

油镜使用结束后，必须及时将油镜头上的油擦拭干净。先用擦镜纸蘸少许酒精乙醚混合液擦拭油镜头2次，再用干净的擦镜纸擦1次。至于玻片上的油，如果是有盖玻片的永久装片，可直接用上述擦油镜头的方法擦净；如果是无盖玻片的标本，则用拉纸法除去载玻片上的油，即先把一小片擦镜纸盖在油滴上，再往纸上滴几滴酒精乙醚混合液，趁湿将纸往外拉，如此反复几次即可将玻片上的油除去。

5. 注意事项 取用显微镜时，应轻拿轻放；较长距离移动显微镜时，应一手握住镜臂，另一手托镜座；不要用单手提拿，以避免零部件滑落。

显微镜不可放置在实验台的边缘，应使镜座后缘离台边约5~10cm。

不可随意拆卸显微镜上的零部件，以免丢失或损坏；目镜也不要随便取出，以防灰尘落入镜筒内。

要经常保持显微镜的清洁，显微镜的光学部分只能用擦镜纸轻轻擦拭，不可用纱布、手帕、普通纸张或手擦拭，以避免磨损镜面。

使用显微镜观察标本时，要养成两眼同睁，双手并用的习惯，必要时应一边观察、一边计数或绘图记录。如果两眼同睁观察不习惯，可先用手挡住右眼，等左眼看清视野后再逐渐放开右眼，反复练习后便可达到要求。观察时，双眼同睁既可防止眼睛疲劳，又方便绘图。

显微镜使用结束后应及时复原，使其处于非工作状态：先使载物台降至最低，在低倍镜下取下标本，将照明灯的亮度调至最低，关闭电源，最后，将显微镜放回镜箱中或送还显微镜室。

(三) 操作练习

取血涂片、英文字母装片、羊毛交叉装片或其他标本片，按照上述操作程序反复练习低倍镜、高倍镜和油镜的使用方法。

血涂片上的血膜经瑞氏染料染色后呈蓝紫色，将蓝紫色的血膜对着通光孔，低倍镜下，可看到大量密集的红细胞及少量散在的白细胞、血小板，换用高倍镜或油镜仔细观察：

- (1) 红细胞无核、中央色淡。
- (2) 白细胞均有核，核形态不一。
- (3) 血小板较小，形态不规则，由巨核细胞的胞质脱落而来（图1-5）。

观察字母装片时，先用肉眼直接观察一下字母的方位和大小，然后放到低倍镜下观察。视野中字母的方位发生了什么变化？标本移动的方向与视野中物像移动的方向有何不同？



记录

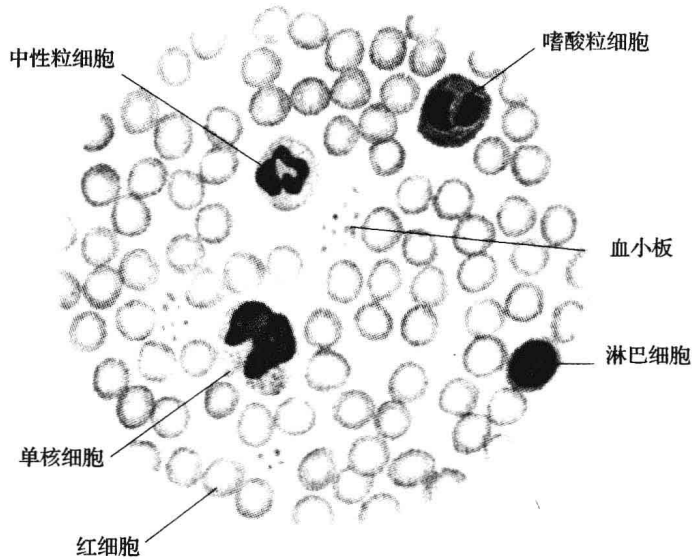


图 1-5 人血细胞

观察羊毛交叉装片时，先在低倍镜下仔细观察两根羊毛的交叉点，将交叉点移至视野中央后换用高倍镜观察，利用细调螺旋分别对两根羊毛进行准焦，分辨出两根羊毛的上下位置。

四、思考题

1. 使用显微镜观察标本时，为什么必须按照从低倍镜到高倍镜再到油镜的顺序进行？
2. 如果标本放反了，可用高倍镜或油镜找到标本吗？
3. 如果细调螺旋已转至极限而物像仍不清晰，应该怎么办？
4. 如何判断视野中所看到的污点的来源？

五、实验报告

填图：标注显微镜各结构名称。

【附】特殊显微镜原理简介

1. 荧光显微镜 荧光显微镜可在光镜水平对特异蛋白质等生物大分子进行定性、定位。其基本原理是：利用一个高发光效率的点光源，经过滤色系统发出一定波长的光作为激发光，激发标本内的荧光物质发射出不同颜色的荧光后，再通过物镜和目镜的放大进行观察。在强烈的对衬背景下，即使荧光很弱也能辨认，敏感性高。

荧光显微镜由普通光学显微镜及一些附件（如荧光光源、激发滤片、双色束分离器和阻断片等）组成。荧光光源一般采用高压汞灯（50~200W），它可发出各种波长的光，但每种荧光物质都有一个产生最强荧光的激发光波长，所以需加用激发滤片（一般有紫色、蓝色和绿色等激发滤片），仅使一定波长的激发光透过照射到标本上，

而将其他光都吸收掉。每种物质被激发光照射后，在极短时间内发射出较照射波长更长的可见荧光。荧光具有专一性，一般都比激发光弱，为能观察到转移的荧光，在物镜后面需加阻断（或压制）滤光片。它的作用：一是吸收和阻挡激发光进入目镜，以免干扰荧光和损伤眼睛；二是选择并让特异的荧光透过，表现出专一的荧光色彩。两种滤光片必须选择配合使用。

2. 相差显微镜 光线通过不同密度的物质时，其滞留程度不同，密度大则光的滞留时间长，密度小则光的滞留时间短。所以，在相差显微镜中可将这种光程差或相位差转换成振幅差。相差显微镜与普通光学显微镜最主要的不同点是在物镜后装有一块“相差板”，偏转的光线分别通过相差板的不同区域，由于相差板上部分有吸光物质，所以又使两组光线之间增添了新的光程差，从而对样品不同密度造成的相位差起“夸大”作用。最后这两组光线经过透镜又会聚成一束，产生互相叠加或抵消的现象，从而表现出肉眼明显可见的明暗区别。由于反差是以样品中的密度差别为基础形成的，故相差显微镜的样品不需染色，可以观察活细胞，甚至可观察到细胞核、线粒体等细胞器的动态。

3. 激光扫描共焦显微镜 普通荧光显微镜下，许多来自焦平面以外的荧光使观察到的图像反差和分辨率降低；而激光扫描共焦显微镜则大大减少这种焦平面以外的光，它在某一瞬间只用很小一部分光照明，这一束光通过检测器前的一个小孔或裂缝后成像，保证只有来自该焦平面的光成像，而来自焦平面以外的散射光则被小孔或裂缝挡住，这样所成的像异常清晰。激光扫描共焦显微镜的分辨率可以比普通荧光显微镜的分辨率提高1.4~1.7倍。所谓共焦是指物镜和聚光器同时聚焦到同一个小点，即它们互相共焦点。激光扫描共焦显微镜比普通显微镜有诸多好处：由于可自动改变观察的焦平面，而且纵向分辨率得到改善，所以可以通过“光学切片”观察较厚样品的内部结构；改变焦点可获得一系列细胞不同切面上的图像，经叠加后便可重构出样品的三维结构。激光扫描共焦显微镜在研究亚细胞结构与组分等方面的应用越来越广泛。

4. 扫描电镜 扫描电镜是用极细的电子束在样品表面扫描，将产生的二次电子用特制的探测器收集，形成电信号运送到显像管，在荧光屏上显示物体。细胞、组织表面的立体构像，可摄制成照片。扫描电镜样品用戊二醛和锇酸等固定，经脱水和临界点干燥后，再于样品表面喷镀薄层金膜，以增加二次电子数。扫描电镜能观察较大的组织表面结构，由于它的景深长，1mm左右的凹凸不平面能清晰成像，故放样品图像富有立体感。

5. 透射电镜 透射电镜是以电子束透过样品经过聚焦与放大后所产生的物像，投射到荧光屏上或照相底片上进行观察。透射电镜的分辨率为0.1~0.2nm，放大倍数为几万~几十万倍。由于电子易散射或被物体吸收，故穿透力低，必须制备更薄的超薄切片（通常为50~100nm）。其制备过程与石蜡切片相似，但要

