

巍巍交大 百年书香
www.jiaodapress.com.cn
bookinfo@sjtu.edu.cn



策划编辑 曹晓旭
责任编辑 胡思佳
封面设计 刘文东



人体解剖学与组织胚胎学

RENTI JIEPOUXUE YU ZUZHI PEITAI XUE

(第2版)



“十四五”职业教育河南省规划教材

人体解剖学与组织胚胎学 (第2版)

主编 程田志 刘荣志

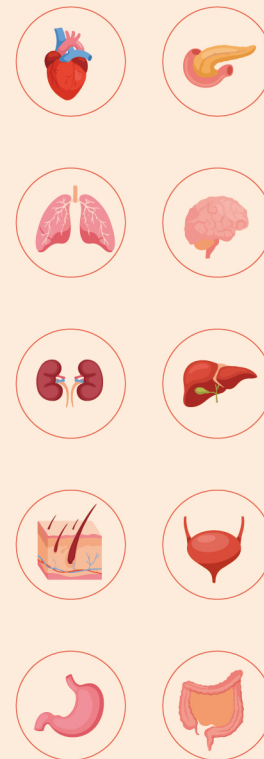
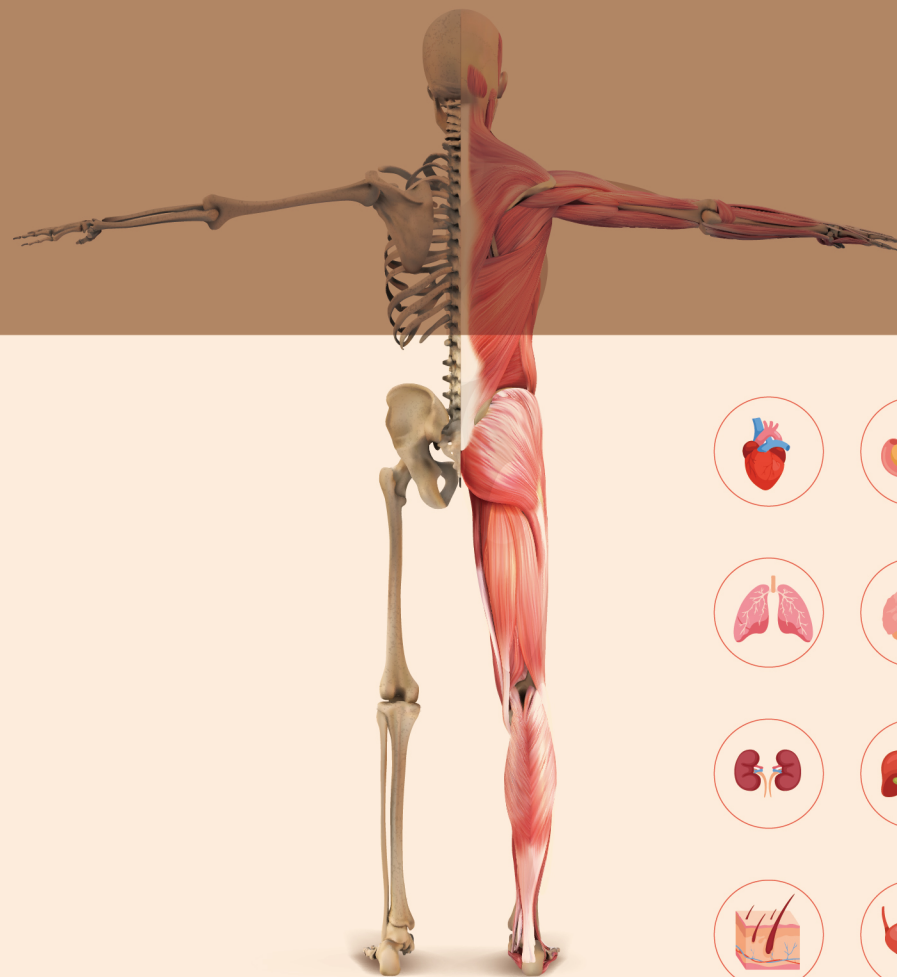


上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



“十四五”职业教育河南省规划教材

(第2版)



人体解剖学与组织胚胎学

主编 程田志 刘荣志

免费提供

精品教学资料包

服务热线: 400-615-1233
www.huatengzy.com



扫描二维码
关注上海交通大学出版社
官方微信

ISBN 978-7-313-29794-5



9 787313 297945 >

定价: 78.00元

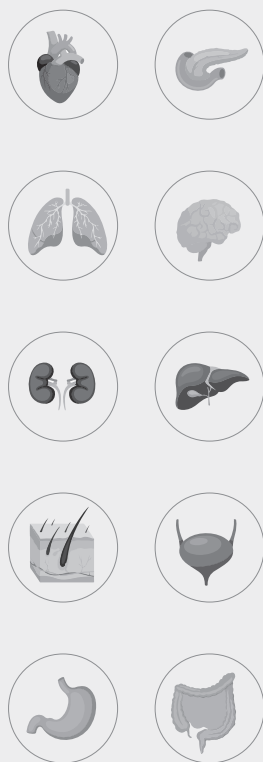
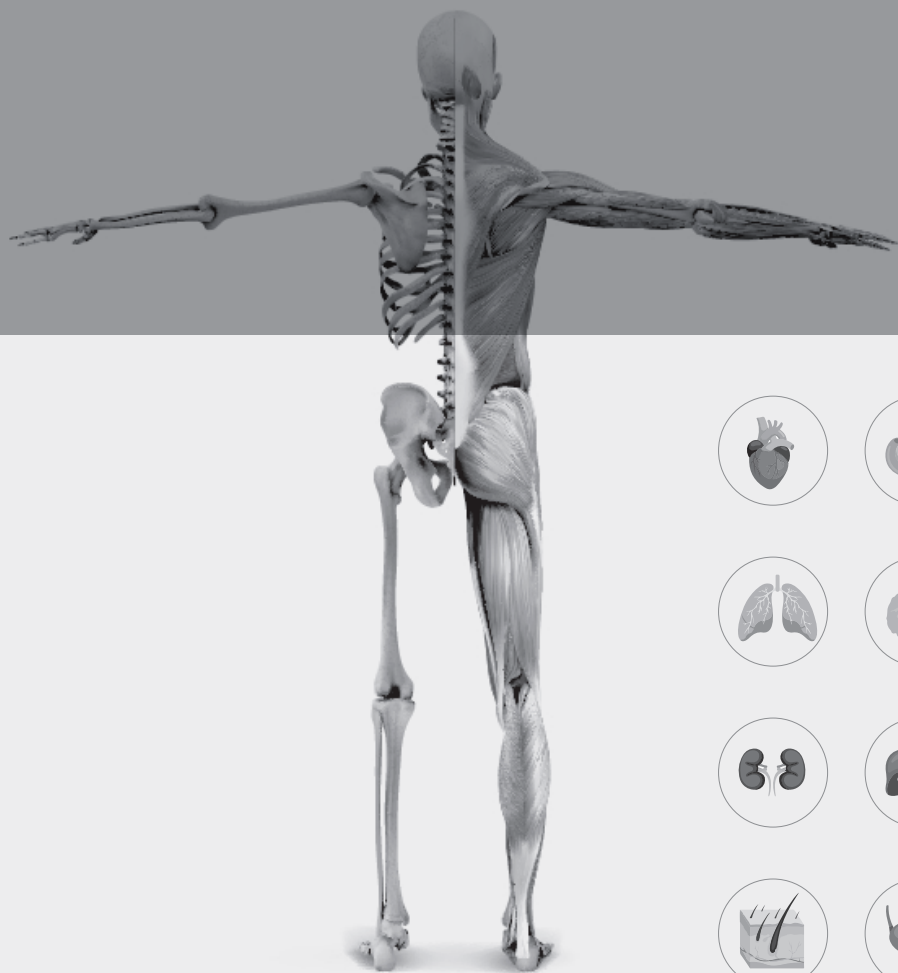


上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



“十四五” 职业教育河南省规划教材

（第2版）



人体解剖学与组织胚胎学

主编 程田志 刘荣志



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书除绪论外共分为 13 章,内容包括基本组织、运动系统、消化系统、呼吸系统、泌尿系统、生殖系统、腹膜、脉管系统、免疫器官、感觉器、神经系统、内分泌系统和人体胚胎学概要。本书强调理论与实践相结合、解剖与临床相结合、技能与就业相结合,致力于培养有较强专业能力、较强实践技能的实用型人才。

本书既可作为高等院校医学相关专业学生的教材,也可作为医疗卫生从业人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

人体解剖学与组织胚胎学 / 程田志,刘荣志主编
— 2 版. — 上海 : 上海交通大学出版社,2024. 1
ISBN 978-7-313-29794-5

I. ①人… II. ①程… ②刘… III. ①人体解剖学—
职业教育—教材 ②人体组织学—人体胚胎学—职业教育—
教材 IV. ①R32

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2024)第 001608 号

人体解剖学与组织胚胎学(第 2 版)
RENTI JIEPOUXUE YU ZUZHI PEITAIXUE(DI 2 BAN)

主 编:程田志 刘荣志

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

印 制:大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

字 数:601 千字

版 次:2019 年 1 月第 1 版 2024 年 1 月第 2 版

书 号:ISBN 978-7-313-29794-5

定 价:78.00 元

地 址:上海市番禺路 951 号

电 话:021-64071208

经 销:全国新华书店

印 张:24.75

印 次:2024 年 1 月第 4 次印刷

电子书号:ISBN 978-7-89424-681-3

版权所有 侵权必究

告读者:如您发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0316-8836866

编审委员会

主 编：程田志 刘荣志

副主编：夏西超 蒋薇薇 夏东昌 刘长海

编 者：（以姓氏笔画为序）

刘长海（广州康大职业技术学院）

刘荣志（南阳医学高等专科学校）

刘振明（商丘工学院医学院）

杨 阳（南阳医学高等专科学校）

胡庆甫（南阳医学高等专科学校）

夏东昌（沧州医学高等专科学校）

夏西超（平顶山学院）

徐大增（南阳医学高等专科学校）

蒋薇薇（商丘工学院医学院）

程田志（商丘工学院医学院）



党的二十大报告明确提出：“推进健康中国建设。”医学教育是卫生健康事业发展的重要基石。为落实中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于深化现代职业教育体系建设改革的意见》，坚持以教促产、以产助教、产教融合、产学合作，延伸教育链、服务产业链、支撑供应链、打造人才链、提升价值链，推动形成同市场需求相适应、同产业结构相匹配的现代职业教育结构和区域布局，编者特组织人员对本书做了修订再版工作。

本书强调理论与实践相结合、解剖与临床相结合、技能与就业相结合，致力于培养有较强专业能力、较强实践技能的实用型人才。因此，本书各章节的内容既注重简明精练，又适当地补充了一些与临床有关的知识，注重实用性、系统性，力求把提高学生的职业能力放在重要位置；强调基础理论、基础知识和基本技能的学习与掌握。本书坚持实用为先、够用即可的原则，删繁就简，删减了一些过于深奥的内容。

人体解剖学与组织胚胎学是一门形态科学，具有较强的直观性，因此教材中精选了 466 幅插图，以方便学生对内容进行理解。本书每章前面设有“学习目标”，适当插入“案例分析”及“知识链接”栏目，使学生在明确学习目标的前提下了解临床相关知识，并提高学习兴趣。本书每章后面设有“素养之窗”和“思考题”栏目：“素养之窗”栏目旨在培养学生的爱国主义精神、敬业精神，使学生成为德才兼备的高素质人才；“思考题”栏目旨在帮助学生理解、记忆和巩固所学知识。

本书可供三年制或五年制临床医学、护理、助产、口腔等专业学生使用，建议学习 72~120 学时，具体学时可由各学校根据专业特点自行安排。

本书由商丘工学院医学院程田志、南阳医学高等专科学校刘荣志任主编，由平顶山学院夏西超、商丘工学院医学院蒋薇薇、沧州医学高等专科学校夏东昌、广州康大职业技术学院刘长海任副主编，商丘工学院医学院刘振明、南阳医

学高等专科学校杨阳、南阳医学高等专科学校胡庆甫和南阳医学高等专科学校徐大增参与编写。以上人员全部是具有多年教学经验和较强写作能力的教师。具体编写分工如下:绪论及第1章的1.1节由程田志编写,第1章的1.2节至1.4节由徐大增编写,第2章由蒋薇薇编写,第3章、第5章、第7章由刘振明编写,第4章、第6章、第9章由刘长海编写,第8章由夏西超编写,第10章的10.1节、第11章的11.1节、11.4节由杨阳编写,第11章的11.2节、11.3节由刘荣志编写,第10章的10.2节和10.3节、第12章、第13章由胡庆甫编写,全书“素养之窗”内容的编写及政治审查工作由夏东昌负责。

在编写本书的过程中,编者参考了大量相关资料,未能一一列出,在此谨向相关作者表示诚挚的感谢,并对各参编学校的大力支持表示深深的谢意!

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

绪论	1
第 1 章 基本组织	7
1.1 上皮组织	7
1.2 结缔组织	14
1.3 肌组织	28
1.4 神经组织	32
第 2 章 运动系统	40
2.1 骨和骨连结	40
2.2 肌	74
第 3 章 消化系统	97
3.1 消化系统概述	97
3.2 消化管	99
3.3 消化腺	120
第 4 章 呼吸系统	130
4.1 呼吸道	131
4.2 肺	140
4.3 胸膜和纵隔	144
第 5 章 泌尿系统	149
5.1 肾	150
5.2 输尿管	158
5.3 膀胱	159
5.4 尿道	161
第 6 章 生殖系统	163
6.1 男性生殖系统	164
6.2 女性生殖系统	172

第7章 腹膜	183
7.1 腹膜概述	183
7.2 腹膜与腹盆腔脏器的关系	184
7.3 腹膜形成的结构	185
第8章 脉管系统	190
8.1 脉管系统概述	190
8.2 心	193
8.3 血管	204
8.4 淋巴管道	231
第9章 免疫器官	236
9.1 免疫器官概述	236
9.2 胸腺	237
9.3 淋巴结	240
9.4 脾	246
9.5 扁桃体	249
第10章 感觉器	251
10.1 视器	251
10.2 前庭蜗器	258
10.3 皮肤	264
第11章 神经系统	269
11.1 神经系统概述	269
11.2 中枢神经系统	272
11.3 周围神经系统	309
11.4 神经系统的传导通路	342
第12章 内分泌系统	351
12.1 内分泌系统概述	351
12.2 甲状腺	352
12.3 甲状旁腺	354
12.4 肾上腺	355
12.5 垂体	357
12.6 松果体	360
第13章 人体胚胎学概要	362
13.1 生殖细胞的成熟	363
13.2 受精与卵裂	365

13.3	胚泡、植入与蜕膜	368
13.4	胎儿的外形特征及胎龄的推算	370
13.5	胎膜与胎盘	371
13.6	双胎、多胎与畸形	375
13.7	胎儿血液循环和出生后的变化	382
参考文献		384



学习目标

掌握人体的组成和分部。

熟悉常用的解剖学方位术语及常用的组织学技术。

了解人体解剖学、组织学和胚胎学的定义、研究内容及其对学习医学的重要性,学习人体解剖学与组织胚胎学的观点和方法。

0.0.1 人体解剖学与组织胚胎学的研究内容及其在医学中的地位

人体解剖学与组织胚胎学是研究正常人体形态结构及其功能关系的科学,属于生物科学中形态学的范畴。其主要任务是探讨和阐明人体各器官的形态特征、位置毗邻、发生和发育规律及其功能意义等。医学生肩负防病治病、维护人体健康的重要使命,服务和研究的对象主要是人,只有在充分认识人体形态结构的基础上,才能正确理解人的生理功能和病理现象,否则就无法判断人体的正常与异常,也就不能更好地诊断和治疗疾病。因此,人体解剖学和组织胚胎学与医学各科联系密切,是重要的医学基础课程,是医学生的必修课。另外,据统计资料表明,医学中有 $1/4 \sim 1/3$ 的名词来源于人体解剖学与组织胚胎学,故人体解剖学与组织胚胎学是医学各学科的先修课。

0.0.2 人体解剖学的分科

人体解剖学(human anatomy)、组织学(histology)与胚胎学(embryology)都是研究人体形态结构的科学,属于广义解剖学的范畴。

1. 人体解剖学

人体解剖学又称大体解剖学,是用肉眼观察的方法描述正常人体形态结构,包括表面的体表标志和内部的器官结构。“解剖”一词含有切开、剖割的意思,在 2 000 多年以前,我国经典医著《黄帝内经·灵枢》中已有“解剖”一词的



图文-黄帝内经-
4weidw

记载。直到现在,这种持刀剖割人体的方法仍是研究人体形态结构的基本方法之一。随着科学技术的进步、方法的革新、相关学科的发展和医学实践的促进等,解剖学不断发展,研究范围不断扩大,分科也越来越细。依据研究方法和应用目的的不同,人体解剖学可分为以下几类:

(1)系统解剖学(systematic anatomy)。系统解剖学是按人体各功能系统阐述各器官形态结构及相关功能的科学,即通常所说的解剖学。

(2)局部解剖学(regional anatomy)。局部解剖学是在系统解剖学的基础上,按人体结构的部位,由浅入深地研究各局部器官的层次、分布以及位置关系的科学。

(3)断层解剖学(sectional anatomy)。断层解剖学是为适应 X 线计算机断层成像(CT)、超声诊断(USG)和磁共振(MRI)等的应用,研究人体不同层面上各器官形态结构及毗邻关系的科学。

(4)临床解剖学(clinical anatomy)。临床解剖学是结合临床需要,以临床各科应用为目的进行人体解剖学研究的科学。

此外,还有观察外因对人体器官形态结构变化影响的功能解剖学;以研究体育运动或提高体育运动效果为目的的运动解剖学;以研究人体外形轮廓和结构比例,为绘画造型打基础的艺术解剖学等。

2. 组织学

组织学又称微体解剖学,是以显微镜等手段观察人体器官组织、细胞微细结构的科学。其中,在光镜下观察到的结构称为微细结构[单位:微米(μm)],利用电子显微镜观察到的结构称为超微结构[单位:纳米(nm)]。随着智能化、信息化和数字化知识经济时代的到来,组织学的研究已达到了分子结构水平及基因水平。

3. 胚胎学

胚胎学又称发生学,是研究受精卵发育成新个体的过程及其变化机制的科学。胚胎学的研究内容包括生殖细胞发生、受精(fertilization)、胚胎发育、胚胎与母体的关系、先天畸形等。

0.0.3 学习人体解剖学与组织胚胎学的观点和方法

人体解剖学与组织胚胎学对医学生的重要性毋庸置疑。然而,由于其内容和名词繁多,想要牢固地掌握解剖学和组织胚胎学知识,医学生就必须下一番功夫。任何一门学科都有其自身的特点和规律。在学习过程中,医学生要坚持以辩证唯物主义为指导,遵循以下观点:

1. 发展进化的观点

人类是由动物经过长期发展进化而来的,是种系发生的结果。人类的个体发生也反映了种系发生的过程。因此,人体的形态结构依然保留着某些低等脊椎动物的特征,如有脊柱(vertebral column)、体腔和四肢等。在学习过程中,医学生常需要借助动物组织标本和动物实验验证及加深对人体解剖学与组织胚胎学的理解。

现代人类仍然在不断发展和进化,种族、地域和环境等因素均可引起个体的差异。此外,在胚胎发育的过程中,器官也可以出现变异,严重的甚至会造成畸形,影响人体的正常功能活动。

2. 形态与功能相互联系的观点

人体的每个器官都有其特定的功能,器官的形态结构是功能的物质基础,而功能也会影响器官的形态。人的上、下肢与四足动物的前、后肢是同源器官,功能相似,形态结构相仿。但因为劳动和实践,人的上肢(尤其是手)成为握持工具、从事技巧性劳动的器官,下肢则成为支持体重和维持直立的器官,使得上、下肢的形态和功能有着明显的差异。坚持锻炼可使肌发达、骨骼粗壮,长期卧床则导致肌萎缩、骨质疏松。在学习过程中,医学生既要观察形态又要联系功能,既要动手又要动脑,从每一个细微之处关注人体各部位之间的联系和巧妙之处,这样才能更好地帮助理解和记忆所学知识。

3. 局部和整体统一的观点

人体是一个系统、完整、统一的有机体,任何器官或局部都是整体不可分割的一部分,他们的功能活动在神经(nerve)、体液的调节下相互协调、相互依存、相互影响。在某一系统或器官出现疾病的情况下,其他系统或器官的功能和形态可发生相应的改变。在学习人体解剖学时,医学生要注意从个别组织和器官入手,循序渐进;同时,注意从整体上观察各个系统、器官的形态结构,从单一的系统、器官来综合认识整体,并运用局部和整体统一的观点将已学过的知识做前后联系、综合分析、系统复习,以培养综合思维能力。

4. 理论与实践相结合的观点

学习是为了应用,将知识学懂、记牢才能灵活运用。人体解剖学与组织胚胎学是一门形态学,名词多,形态描述多,死记硬背如同嚼蜡,往往事倍功半。因此,医学生要学好人体解剖学与组织胚胎学,就必须坚持理论联系实际,需做到以下几点:

(1)读书要图文结合。做到文字与图形并重,并结合多媒体等视听资料,以建立初步的形体印象,帮助理解和记忆。

(2)上好实验课,把理论学习与观察实物(标本、模型、组织切片)相结合。通过对实物的观察、辨认和识别,活体触摸建立形体概念,形成形象记忆,这是学好人体解剖学与组织胚胎学最重要、最基本的方法。

(3)理论知识与临床应用相结合。基础理论知识的学习是为临床应用服务的。在学习人体解剖学与组织胚胎学的过程中,医学生要适度联系临床应用,以激发学习兴趣,达到学以致用目的。

0.0.4 人体的组成概况和分部

构成人体形态功能的基本单位是细胞(cell)。功能相同、形态相似的细胞和细胞间质共同构成组织(tissue)。人体有4种基本组织,即上皮组织(epithelial tissue)、结缔组织(connective tissue)、肌组织(muscular tissue)和神经组织(nerve tissue)。几种不同的组织按一定的规律组合成具有一定形态并执行特定功能的结构称为器官(organ),如心(heart)、肝(liver)、脾(spleen)、肺(lung)、肾(kidney)等。若干器官有机组合起来共同完成某种连续的生理功能,构成系统(system)。

人体有九大系统:运动系统(locomotor system),执行躯体的运动功能;消化系统(alimentary system),主要执行消化食物、吸收营养物质和排除代谢产物的功能;呼吸系统(respiratory system),主要执行吸进氧气、排出二氧化碳的气体交换功能;泌尿系统(urinary



视频-人体的基本组成-4h1mrd

system),主要执行排出机体内代谢产物的功能;生殖系统(reproductive system),主要执行生殖繁衍后代的功能;脉管系统(vascular system),输送血液(blood)和淋巴(lymph),使其在人体内周而复始地流动;感觉器(sensory organs),感受机体内、外环境刺激并产生兴奋的装置;神经系统(nervous system),调控人体各系统和器官活动的协调和统一;内分泌系统(endocrine system),协调全身各系统的器官活动。其中,消化系统、呼吸系统、泌尿系统和生殖系统的器官大部分位于胸、腹、盆腔内,并经一定的孔道直接或间接通向外界,这些器官统称为内脏(viscera)。人体各系统在神经和体液的调节下彼此联系、相互协调、互相影响,共同构成一个有机整体。

人体按部位分为头部、颈部、躯干部和四肢。其中,躯干部分为胸部、腹部、背部、盆部和会阴部。四肢分为上肢和下肢,上肢可分为肩、上臂、前臂和手,下肢可分为臀、大腿(股)、小腿和足。

0.0.5 人体解剖学常用的方位术语

为了正确描述人体各部、各器官的位置关系,国际上统一规定了解剖学姿势(anatomical position)和方位术语,这是初学者必须熟练掌握并贯彻应用于人体解剖学学习之中的内容。

1. 解剖学姿势

解剖学姿势又称标准解剖学姿势,即身体直立,两眼平视前方,上肢自然下垂于躯干两侧,下肢并拢,手掌和足尖向前(见图 0-1)。在描述人体结构时,不论人体标本或模型处于何种姿势和体位,均应以此姿势为标准进行描述。

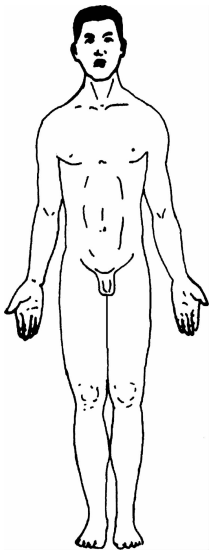


图 0-1 解剖学姿势

2. 方位术语

以解剖学姿势为标准,医学界统一规定了一些表示方位的术语。

- (1)上(superior)。近头者为上,或称为颅侧(cranial)。
- (2)下(inferior)。近足者为下,或称为尾侧(caudal)。



视频-解剖学姿势
和常用术语-x1hvdI

(3)前(anterior)。近腹者为前,或称为腹侧(ventral)。

(4)后(posterior)。近背者为后,或称为背侧(dorsal)。

(5)内(internal)和外(external)。内和外是对空腔器官相互位置关系而言的,近内腔者为内,远离内腔者为外。

(6)内侧(medial)和外侧(lateral)。以躯干正中矢面为标准,距正中矢状面近者为内侧,远者为外侧。

(7)近侧(proximal)和远侧(distal)。距肢体根部近者为近侧,远肢体根部者为远侧,用于描述四肢方位。

(8)浅和深。近皮肤(skin)或器官表面者为浅,远离皮肤或器官表面者为深。

此外,在前臂,近尺骨(ulna)者为尺侧,而近桡骨(radius)者为桡侧;在小腿,距胫骨(tibia)近者为胫侧,距腓骨(fibula)近者为腓侧;手掌的掌面称为掌侧,足的底面称为跖侧。

3. 轴和面

图 0-2 所示为人体的轴和面。

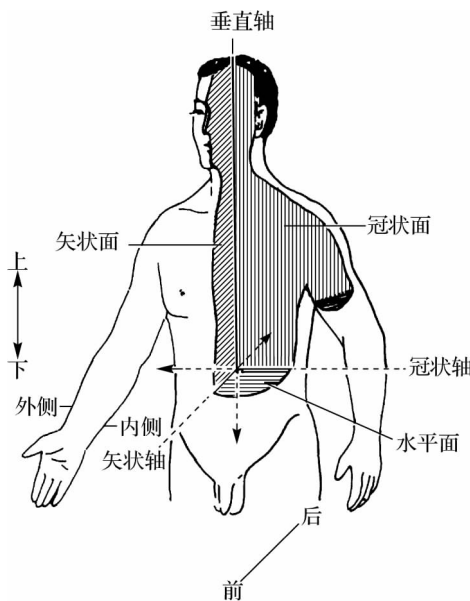


图 0-2 人体的轴和面

(1)轴。为了分析关节的运动,在解剖学姿势上,可设置 3 个相互垂直的轴(axis),即垂直轴、矢状轴和冠状轴。

①垂直轴。垂直轴又称纵轴,为上下方向,垂直于水平面(地平面)的假想线。

②矢状轴。矢状轴为前后方向,通过人体所做的假想线,与垂直轴成直角相交。

③冠状轴。冠状轴又称额状轴,是左右方向通过人体所作的假想线,与垂直轴成直角相交。

(2)面。在解剖学姿势上,人体及其局部均可设置 3 个相互垂直的切面(tangential plane)。

①矢状面(sagittal plane)。矢状面是指前后方向,将人体分为左、右两部分的纵切面,切

面与水平面垂直。经过人体正中的矢状面称为正中矢状面。

②冠状面(frontal plane)。冠状面又称额状面,是指左右方向,将人体分为前、后两部的纵切面,并与矢状面和水平面互相垂直。

③水平面(horizontal plane)。水平面与上述两面相垂直,将人体横断为上、下两部的切面。

在描述器官的切面时,以器官的长轴为准,沿长轴所作的切面为纵切面,与长轴垂直的切面为横切面。

素养之窗

张璪(1890—1977),字伯璪,浙江平阳人,中国解剖学家、医学教育家。中华人民共和国成立后,张璪出任中国医学科学院副院长兼医学实验研究所所长,曾任北京协和医学院(现中国协和医科大学)教授、中国解剖学会理事长。

1921年,张璪公费留学美国哈佛大学,研习人体解剖学,次年获医学博士学位。张璪曾解剖50具中国人的尸体,对100侧脑沟回进行观察研究,证明了中国人的脑沟回与白人相同。1941年,他在《美国人类学杂志》上发表了反响剧烈的论文《中国人脑沟回的模式》,有力地驳斥了某些白种人优越、中国人种低劣的谬论。抗日战争期间,即便生活十分艰苦,张璪仍然拒绝开业行医和日本人的引诱。

张璪用实际行动体现了一个医学人的使命担当,体现了自信自立、胸怀天下,守正创新,为人民鞠躬尽瘁的高风亮节,是我们当代医学人学习的好榜样。

党的二十大报告指出,开辟马克思主义中国化时代新境界,必须坚持人民至上,必须坚持自信自立,必须坚持守正创新,坚持胸怀天下。我们要站稳人民立场、把握人民愿望、尊重人民创造、集中人民智慧。

思考题

- (1)简述人体的基本组成概况。
- (2)正常人体的解剖学姿势是什么?
- (3)人体解剖学中常用的切面有哪些?解释其概念。
- (4)谈一谈你对我国历代解剖学家敬业精神的感想。

第 1 章

基 本 组 织

学习目标

掌握各类被覆上皮的形态特点及主要分布;疏松结缔组织中各种成分的形态特点及功能,各种血细胞的形态特点、功能及正常值,骨骼肌、心肌和平滑肌的形态结构及功能特点,神经元的结构特点、分类和功能。

熟悉上皮组织的一般结构特点,内皮和间皮的概念及分布,结缔组织的分类及主要分布,血浆与血清的区别,闰盘、突触的概念,有髓神经纤维的结构特点。

了解上皮组织的游离面和侧面的特殊结构、各类软骨的结构特点及主要分布、骨单位的组成。

形态结构和生理功能相同或接近的细胞和细胞与细胞之间的细胞间质共同构成了具有一定形态结构及生理功能的细胞群体,这种细胞群体称为组织。人体内有 4 个大的细胞群体,称为四大基本组织,即上皮组织、结缔组织、肌组织和神经组织。

1.1 上 皮 组 织

案例分析

患儿,女,8岁,吃零食时咬伤了口腔颊内侧黏膜,患处可见 1 个黄豆大小的水疱,未出血,未予治疗,数天后水疱被吸收,自行痊愈。

问题:

口腔黏膜表面被覆何种上皮?黏膜表面损伤后为什么能较快自愈?

上皮组织简称上皮(epithelium),由许多排列密集、形态规则的上皮细胞和极少量的细

胞间质所组成。大部分上皮组织覆盖于人体表面或铺衬在体内各种管、腔及囊的内表面,称为被覆上皮(covering epithelium)。有些上皮构成腺(gland),组成腺的上皮称为腺上皮(glandular epithelium)。上皮组织具有极性,即上皮细胞朝向体表或向着管、腔、囊等内腔的一面称为游离面,与其相对的另一面称为基底面。基底面借一层很薄的均质性基膜与深层的结缔组织相连。上皮组织内无血管,其营养物质是由深层结缔组织中的血管经细胞间质,通过基膜供应的。

上皮组织具有保护、分泌、吸收等功能。人体内不同部位不同上皮的功能各有差异,如分布在体表的上皮主要具有保护功能;而消化管腔面的上皮除有保护作用外,还有吸收和分泌功能。腺上皮的主要功能是分泌。有些部位的上皮细胞能感受某种物理性或化学性刺激,称为感觉上皮细胞。

1.1.1 被覆上皮

根据细胞的形态特点及排列层次,被覆上皮可分为下列主要类型:

1. 单层扁平上皮

单层扁平上皮(simple squamous epithelium)由一层扁平如鱼鳞状的细胞组成,故又称单层扁平鳞状上皮。从表面看,单层扁平上皮的细胞呈多边形,细胞边缘呈锯齿状,相邻细胞相互嵌合;细胞核呈扁圆形,位于细胞中央。从侧面看,单层扁平上皮的细胞扁薄(见图 1-1),胞质少,只有含核部分较厚。这种上皮依其分布部位的不同而有不同的名称。

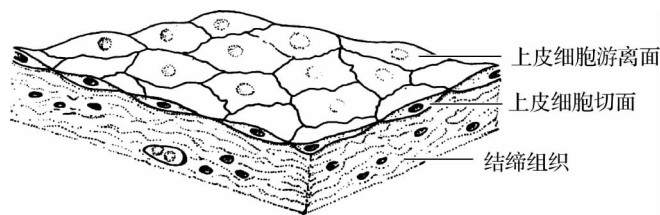


图 1-1 单层扁平上皮

(1)内皮(endothelium)。内皮衬于心血管、淋巴管(lymphatic vessel)的内表面。内皮很薄,表面光滑,可以减小血液和淋巴流动时的阻力,也有利于上皮细胞内、外的物质交换。

(2)间皮(mesothelium)。间皮分布于胸膜(pleura)、腹膜(peritoneum)和心包膜等处。间皮表面湿润光滑,以减少内脏活动时的摩擦。

单层扁平上皮也分布于肺泡壁、肾小囊(renal capsule)壁层等处。

2. 单层立方上皮

单层立方上皮(simple cuboidal epithelium)由一层排列整齐的立方细胞组成。从表面看,单层立方上皮的细胞呈近似六角形或多角形;从侧面看,细胞近似正方形,细胞核呈球形,位于细胞中央(见图 1-2)。这种上皮主要分布于甲状腺滤泡(thyroid follicle)和肾小管(renal tubule)等处,具有吸收和分泌功能。

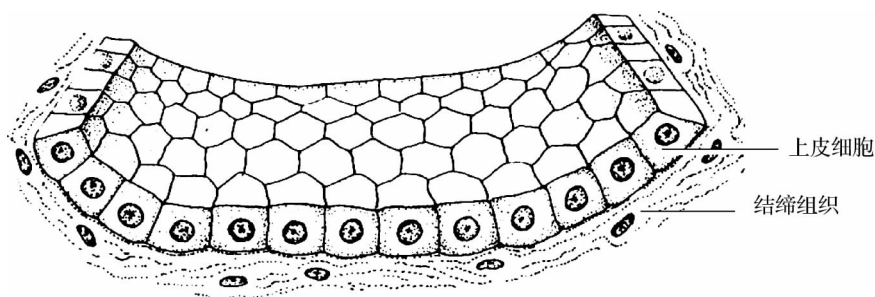


图 1-2 单层立方上皮

3. 单层柱状上皮

单层柱状上皮(simple columnar epithelium)由一层排列规则的高棱柱形细胞组成。从表面看,单层柱状上皮的细胞呈六角形或多角形;从侧面看,细胞呈长方形,细胞核呈椭圆形并靠近细胞的基底部(见图 1-3)。肠管内单层柱状上皮细胞之间常夹有形如高脚酒杯的杯状细胞(goblet cell)。杯状细胞是一种腺细胞,其形态底部狭窄,核深染,顶部膨大,充满分泌颗粒。分泌颗粒中含黏蛋白,黏蛋白分泌后与水结合形成黏液,具有保护和润滑上皮的作用。

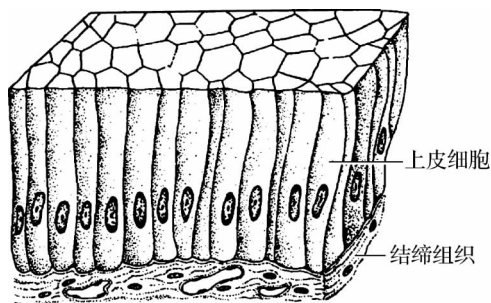


图 1-3 单层柱状上皮

单层柱状上皮主要分布于胃(stomach)、肠、子宫(uterus)和输卵管(uterine tube)等器官的内表面,具有吸收和分泌功能。

4. 假复层纤毛柱状上皮

假复层纤毛柱状上皮(pseudostratified ciliated columnar epithelium)由一层高低不等、形状不同的柱状细胞、梭形细胞、锥体状细胞组成,常夹有杯状细胞(见图 1-4)。这些细胞的基底部都附于基膜上,其中只有柱状细胞和杯状细胞的上端可达上皮的游离面,锥体形细胞靠近基膜,梭形细胞夹在上述细胞之间。由于细胞高矮不等,假复层纤毛柱状上皮细胞细胞核的位置也参差不齐,因此,在垂直切面上观察似是复层,而实际是单层。柱状细胞的游离面上具有可以摆动的纤毛,故这种上皮被称为假复层纤毛柱状上皮。

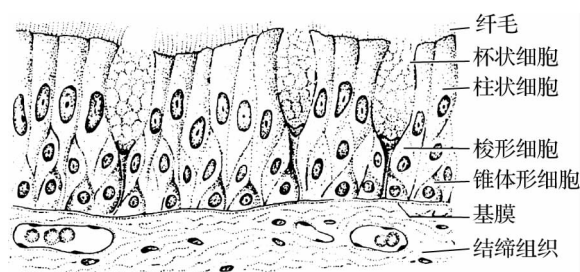


图 1-4 假复层纤毛柱状上皮

假复层纤毛柱状上皮主要分布于呼吸道的腔面,具有重要的保护功能。杯状细胞分泌的黏液有润滑黏膜和黏着灰尘与细菌等异物的作用;柱状细胞的纤毛能做定向的节律性摆动,可将含有灰尘、细菌等的黏液运至喉部,排出体外。

5. 复层扁平上皮

复层扁平上皮(stratified squamous epithelium)由多层细胞组成,因表层的细胞呈扁平鳞片状,故又称复层扁平鳞状上皮;中间数层的细胞为多边形细胞;深层的细胞呈矮柱状或立方形(见图 1-5)。复层扁平上皮的深层细胞为具有分裂增殖能力的干细胞,一部分新生细胞逐渐向表层推移,以补充表层衰老死亡或损伤脱落的细胞。复层扁平上皮的基底面借一层薄的基膜与深层结缔组织相接,衔接处凹凸不平,以扩大接触面积。

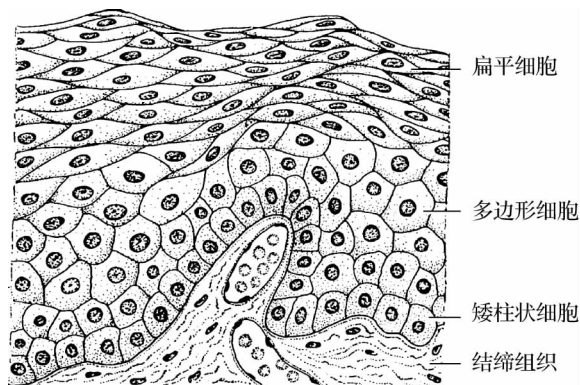


图 1-5 复层扁平上皮

复层扁平上皮较厚,分布于皮肤的表面、口腔(oral cavity)、食管(esophagus)和阴道(vagina)等处,具有较强的机械保护作用,耐摩擦,并可阻止一些外界微生物的侵入。复层扁平上皮的修复能力很强,损伤后能很快修复。分布于皮肤表面的复层扁平上皮,表皮(epidermis)细胞经过角化作用形成角质层,称为角化复层扁平上皮;分布于口腔、食管、阴道等处的复层扁平上皮表皮细胞未角化,称为未角化复层扁平上皮。

6. 变移上皮

变移上皮(transitional epithelium)又称移行上皮,由多层上皮组成,细胞的形状和层次可依所在器官的舒缩而改变。变移上皮主要分布于肾盂(renal pelvis)、肾盏、输尿管(ureter)和膀胱(urinary bladder)的腔面。当膀胱空虚时,上皮变厚,细胞可达 5~6 层。此时表层的细胞呈立方形,胞体较大,有的含有两个细胞核,称为盖细胞;中间层细胞呈多边

形;基底细胞则呈低柱状或立方形。当膀胱充盈舒张时,上皮变薄,仅有 2~3 层,表层细胞亦随之变为扁平状(见图 1-6)。

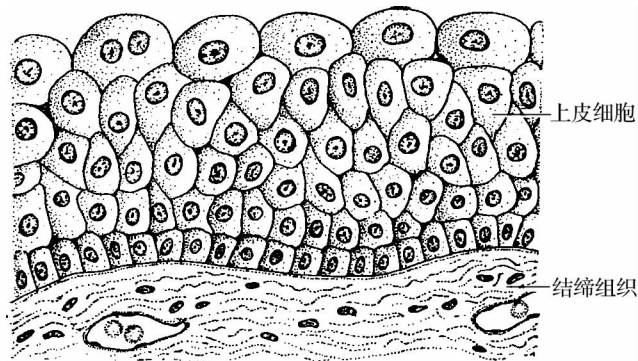


图 1-6 变移上皮

1.1.2 腺上皮和腺

以分泌功能为主的上皮称为腺上皮。以腺上皮为主要成分所构成的器官称为腺。腺上皮的分泌物有酶类、黏液和激素(hormone)等。

根据分泌物排出方式的不同,腺可分为两大类:分泌物经过导管排到身体表面或管腔内的称为外分泌腺(exocrine gland),又称有管腺,如汗腺(sweat gland)、乳腺和唾液腺等;分泌物不经导管排出,直接释放入血液或淋巴的称为内分泌腺(endocrine gland),又称无管腺,如甲状腺(thyroid gland)、肾上腺(suprarenal gland)和垂体(hypophysis)等。

外分泌腺分为单细胞腺(unicellular gland)和多细胞腺(multicellular gland)。杯状细胞属于单细胞腺。人体绝大多数外分泌腺属于多细胞腺。多细胞腺由分泌部(secretory portion)和导管两部分组成。

1. 分泌部

分泌部又称腺泡(acinus),具有分泌功能。其中央有一腔,称为腺泡腔。

根据分泌物的性质,腺泡可分为浆液性腺泡、黏液性腺泡和混合性腺泡(见图 1-7)。

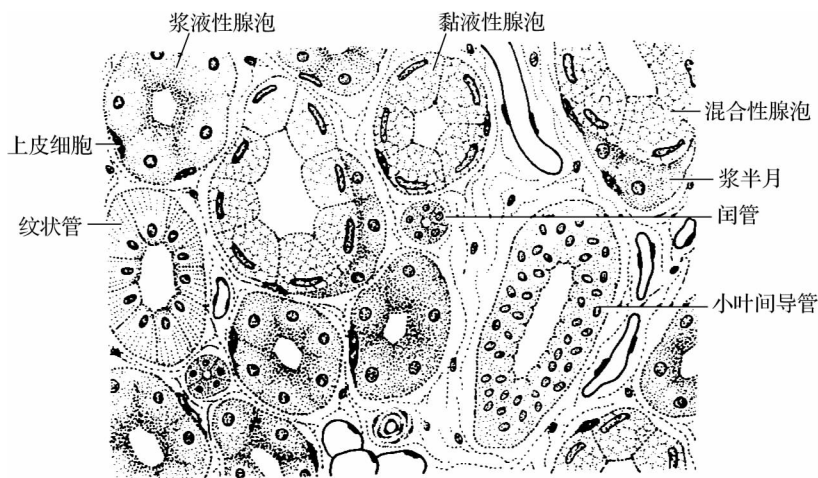


图 1-7 腺 泡

(1)浆液性腺泡。浆液性腺泡可分泌蛋白质类物质。由浆液性腺泡构成的腺称为浆液腺,如腮腺(parotid gland)等。

(2)黏液性腺泡。黏液性腺泡的分泌物为黏稠的液体,其化学成分主要是黏蛋白,有润滑作用。由黏液性腺泡构成的腺称为黏液腺,如十二指肠腺等。

(3)混合性腺泡。由浆液性细胞和黏液性细胞共同组成的腺泡称为混合性腺泡。由混合性腺泡或浆液性腺泡和黏液性腺泡共同组成的腺称为混合腺,如下颌下腺(submandibular gland)和舌下腺(sublingual gland)等。

2. 导管

导管的功能主要是排出分泌物,最小的导管与腺泡直接相连,小的导管逐渐集成大的导管。多细胞腺又根据导管有无分支分为单腺(导管不分支)和复腺(导管成多级分支)。根据分泌部的形状和导管有无分支,腺可分为单管状腺、单泡状腺、复管状腺、复泡状腺、单管泡状腺和复管泡状腺。单管状腺、复泡状腺和复管泡状腺如图 1-8 所示。

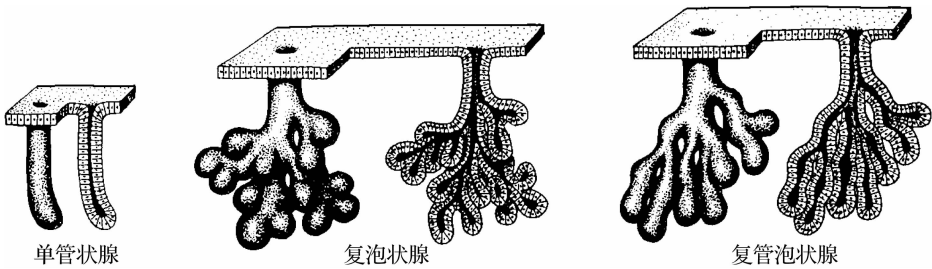


图 1-8 单管状腺、复泡状腺和复管泡状腺

1. 1. 3 特殊上皮

特殊上皮包括感觉上皮(sensory epithelium)等。感觉上皮是上皮细胞在分化过程中形成的能感受特殊感觉刺激的细胞,如味觉上皮、嗅觉上皮等。

1. 1. 4 上皮组织的特殊结构

由于分布部位的不同,上皮组织的功能亦有差异。为适应其功能,上皮细胞的各个面上往往会分化出各种特殊结构。这些特殊结构,有的是由细胞膜和细胞质分化而来的,有的是由细胞膜、细胞质与细胞间质共同形成的。

1. 上皮细胞的游离面

(1)微绒毛(microvillus)。微绒毛是细胞膜和细胞质共同向上皮细胞的游离面伸出的微细指状突起(见图 1-9)。在吸收功能旺盛的细胞,如小肠柱状上皮细胞和肾近端小管的上皮细胞,微绒毛多而长,且排列整齐,形成光镜下可见的纹状缘(striated border)或刷状缘(brush border),这种结构能增加细胞的表面积,有利于细胞的吸收。

(2)纤毛(cilium)。纤毛是上皮细胞游离面伸向腔面且能摆动的细长突起,比微绒毛粗而长,由细胞膜和细胞质共同组成(见图 1-10)。纤毛可定向节律性摆动,能将一些分泌物或附着在其表面的灰尘和细菌等清除。

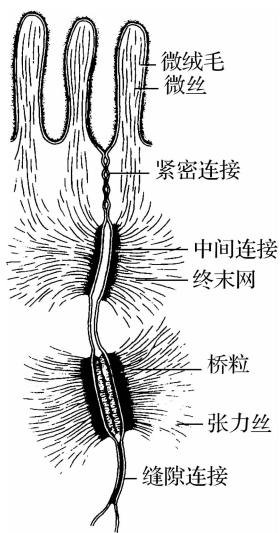


图 1-9 微绒毛与细胞连接结构



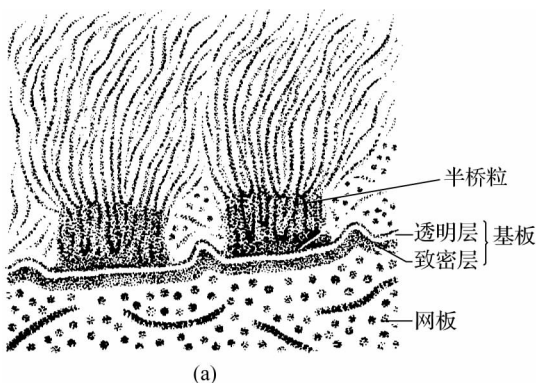
图 1-10 气管纤毛上皮及纤毛横切面(右下框)

2. 上皮细胞的基底面

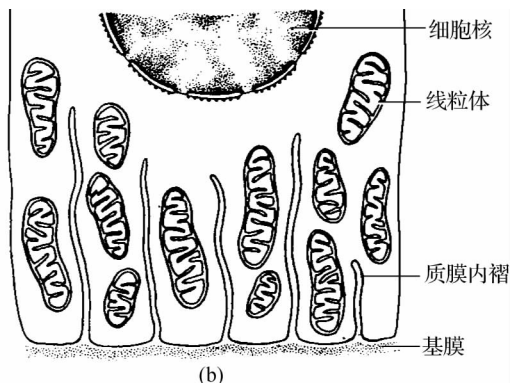
(1)基膜(basement membrane)。基膜又称基底膜,是上皮细胞基底面与深层结缔组织之间的一层薄膜。不同部位的基膜厚度不同,其化学成分主要是黏多糖等。电镜下,基膜由两层不同的结构组成:靠近上皮细胞的一层称为基板(basal lamina),由上皮细胞分泌形成;邻接深层结缔组织的一层称为网板(reticular lamina),由纤细的网状纤维和基质(黏多糖)组成[见图 1-11(a)]。

基膜起连接和支持作用,并具有半透膜性质,这对上皮细胞的新陈代谢具有重要作用。此外,基膜还能引导上皮细胞移动,影响细胞的增殖和分化。

(2)质膜内褶(plasma membrane infolding)。质膜内褶是上皮细胞基底面的细胞膜折向胞质所形成许多质膜褶,褶两侧的胞质内含有较多的线粒体[见图 1-11(b)]。质膜内褶可扩大细胞基底面的表面积和增强对水、电解质的转运功能。



(a)



(b)

图 1-11 基膜、质膜内褶的超微结构

1.2 结 缔 组 织

结缔组织由细胞和大量细胞间质构成。其特点是细胞数量少,分布疏松;细胞间质多,其内有无定形的基质、细丝状的纤维和不断循环更新的组织液(tissue fluid)。细胞散居于细胞外基质内,无极性。广义的结缔组织包括纤维态的固有结缔组织、固态的软骨组织(cartilage tissue)和骨组织(osseous tissue)、液态的血液和淋巴。

结缔组织在人体内分布广泛,具有连接、支持、营养、运输、保护等多种功能。

1.2.1 固有结缔组织

1. 疏松结缔组织

疏松结缔组织(loose connective tissue)呈蜂窝状,故又称蜂窝组织(areolar tissue)。临床上所谓的蜂窝织炎,就是指疏松结缔组织的炎症。疏松结缔组织分布很广,存在于器官之间、各种组织之间及细胞之间,在体内主要起支持、连接、营养、防御、保护和创伤修复等功能。

疏松结缔组织的结构特点是细胞多种多样,纤维排列散乱而疏松,基质含量较多,填充在细胞和纤维之间。

(1)细胞。疏松结缔组织的细胞包括成纤维细胞(fibroblast)、巨噬细胞(macrophage)、浆细胞(plasma cell)、肥大细胞(mast cell)、脂肪细胞(fat cell)和未分化间充质细胞(undifferentiated mesenchymal cell),还有来自血液的几种白细胞(见图 1-12)。

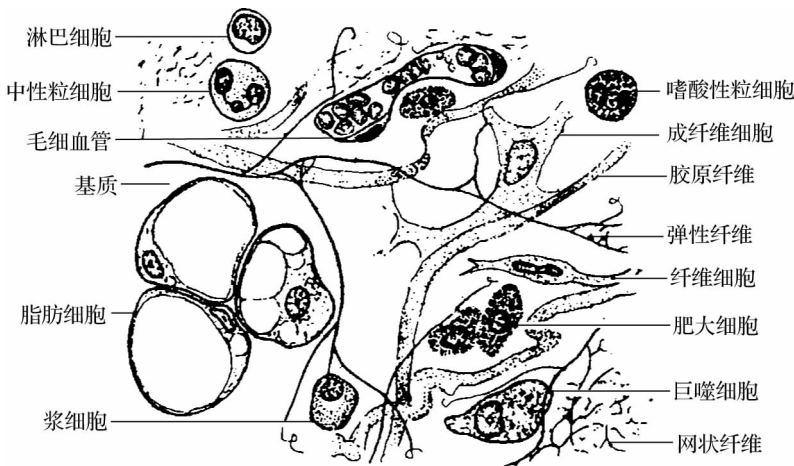


图 1-12 疏松结缔组织

①成纤维细胞。成纤维细胞是疏松结缔组织的主要细胞,常附于胶原纤维(collagenous fiber)上。功能活跃的成纤维细胞胞体较大、细胞扁平而有突起,轮廓不甚清晰,细胞核大而着色较浅,核仁大而明显,细胞质呈弱嗜碱性。电镜下可见细胞质内有较丰富的粗面内质网

和发达的高尔基复合体,说明成纤维细胞合成蛋白质的功能十分活跃,并具有形成纤维及基质的功能。这种功能在人体生长发育时期和创伤修复过程中表现得尤为明显。

维生素 C 与胶原纤维的形成有密切的关系。因此,当机体严重缺乏维生素 C 时,胶原纤维的形成就会发生障碍。所以,手术后及创伤愈合过程中的患者口服适量的维生素 C 可以加速胶原纤维的形成,促进伤口的愈合。

功能不活跃的成纤维细胞又称纤维细胞(fibrocyte)。在创伤等情况下,纤维细胞可转化为成纤维细胞,参与创伤组织的修复。

②巨噬细胞。巨噬细胞为人体内广泛存在的一种免疫细胞,可做变形运动,具有强大的吞噬作用和吞饮作用,在机体防御疾病方面发挥重要作用。巨噬细胞数量多而分布广,细胞呈圆形、椭圆形或不规则形,有粗而短的突起,轮廓清楚。巨噬细胞的细胞核小而染色较深,细胞质含有大量初级溶酶体、次级溶酶体、吞饮小泡和吞噬体,参与细胞的变形运动和吞饮作用。

巨噬细胞是机体内重要防御细胞,具有多种功能。

- 趋化运动。趋化运动是指巨噬细胞受到某些化学物质(如细菌的产物、在细菌作用下组织产生的变性蛋白质等,均称为趋化因子)的吸引而能做定向移动。当巨噬细胞与细菌、细胞碎块、血管外的红细胞、炭末及可溶性物质等接触时,即显出活跃的吞噬作用,所形成的吞噬体与初级溶酶体融合,形成次级溶酶体,被吞噬的物质可被溶解。

- 分泌作用。巨噬细胞尚具有分泌功能,能合成和分泌上百种生物活性物质,包括溶菌酶、补体多种细胞因子(如白细胞介素 1)等。溶菌酶能分解和杀灭细菌;补体参与炎症反应,对病原微生物有溶解作用;白细胞介素 1 可刺激骨髓中的白细胞增殖和释放入血。

- 吞噬作用。巨噬细胞具有强大的吞噬能力,能吞噬清除体内的细菌、病毒、异物以及衰老、伤亡的细胞。

- 参与和调节免疫应答。巨噬细胞具有捕捉、加工、处理和提呈抗原的作用。巨噬细胞捕捉抗原并经过加工,将其提呈给淋巴细胞,引起淋巴细胞的免疫应答。巨噬细胞本身也是免疫效应细胞,活化的巨噬细胞能杀伤病原体和肿瘤细胞。因此,巨噬细胞在机体防御疾病和免疫反应中具有重要作用。

③浆细胞。浆细胞多见于消化管和呼吸道固有膜的结缔组织内及慢性炎症部位。浆细胞由 B 淋巴细胞分化形成,细胞呈椭圆形或圆形;细胞核偏位于细胞的一侧,核内染色质粗大,附于核膜,排列成车轮状;细胞质嗜碱性。浆细胞具有合成与分泌免疫球蛋白(immunoglobulin, Ig),即抗体(antibody)、多种细胞因子的功能,参与体液免疫应答和炎症反应调节。

④肥大细胞。肥大细胞数量较多且分布很广,多位于小血管周围。肥大细胞的体积较大,一般呈圆形或椭圆形;细胞核较小,多数为一个,染色较浅;细胞质内充满粗大而密集的嗜碱性颗粒,且有异染性。嗜碱性颗粒易溶于水,所以在 HE 染色的标本上很难显示。

肥大细胞合成和分泌多种细胞因子与生物活性物质,具有多种生理功能。肥大细胞释放的组胺和白三烯可使微静脉及毛细血管(capillary)扩张、通透性增加,使支气管平滑肌收缩;释放的肝素具有抗凝血作用,还可促进血管内皮迁移,引起血管增生;释放的嗜酸性粒细胞(eosinophil granulocyte)趋化因子可吸引嗜酸性粒细胞向过敏原所在部位迁移。

知识链接

肥大细胞与过敏反应

肥大细胞的细胞膜上有抗体(IgE)的Fc受体。当机体受到某种抗原刺激后产生IgE,IgE与肥大细胞膜上的IgE Fc受体结合,被致敏的机体再次接触这种抗原时,该抗原与结合在肥大细胞膜上的IgE结合,引起肥大细胞脱颗粒反应,释放出组胺和慢反应物质,使毛细血管和微静脉扩张、通透性增加,并使非血管的平滑肌(如支气管平滑肌)收缩。对某些过敏性体质者,相应的抗原可引起荨麻疹或支气管哮喘等过敏反应,使病变局部引起毛细血管、微静脉通透性增大,大量液体从血管内渗出,造成局部组织水肿。其在皮肤上表现为荨麻疹;在支气管,黏膜水肿及平滑肌的持续性痉挛可造成支气管狭窄,引起支气管哮喘。

⑤脂肪细胞。脂肪细胞常沿血管单个或成群分布。脂肪细胞的体积大,常呈圆形或因相互挤压而呈多边形;细胞质内含有大量脂滴;细胞核常被挤压到细胞的一侧。在HE染色标本上,脂滴已被溶解,呈空泡状。脂肪细胞具有合成和储存脂肪、参与脂类代谢的功能。

⑥未分化间充质细胞。未分化间充质细胞多分布在小血管,尤其是毛细血管周围,为出生后仍存留的一部分间充质细胞,其形态似纤维细胞,保留着间充质细胞多向分化的潜能。在炎症及创伤修复时,未分化间充质细胞大量增殖,可分化为成纤维细胞、内皮细胞和平滑肌细胞,参与结缔组织和小血管的修复。

(2)纤维。疏松结缔组织中有3种纤维,即胶原纤维、弹性纤维(elastic fiber)和网状纤维(reticular fiber)。

①胶原纤维。新鲜的胶原纤维呈白色,故又称白纤维。胶原纤维在HE染色标本上呈浅红色,通常集成粗细不等的纤维束,呈波浪状,相互交织分布。胶原纤维韧性大且抗拉力强。

②弹性纤维。弹性纤维在新鲜时呈黄色,故又称黄纤维,有较强的折光性。弹性纤维一般较胶原纤维细,有分支,交织成网。弹性纤维具有弹性作用,有利于所在器官和组织保持形态与位置的相对恒定。强烈的日光照射可使皮肤的弹性纤维断裂,导致皮肤失去弹性而产生皱纹。

③网状纤维。网状纤维较细,分支多,相互交织成网。网状纤维在HE染色标本上不能着色,用镀银法染色呈黑色,故又称嗜银纤维(argyrophil fiber),它的嗜银性是由于网状纤维上包被有较多的糖蛋白所致。网状纤维主要分布于结缔组织与其他组织的交界处,如基膜、肾小管和毛细血管周围。造血和内分泌器官中含有较多的网状纤维,这些网状纤维构成微细的支架。

(3)基质。基质是由水化的生物大分子构成的无定形胶状物,充满于纤维、细胞之间,主要化学成分是蛋白多糖,由透明质酸、硫酸软骨素等与蛋白质物质结合形成。这些物质在基质中形成分子筛,它可使小于其孔隙的物质通过,这是血液与组织细胞之间进行物质交换的重要条件。对大于其孔隙的颗粒物质,分子筛起屏障作用,可防止病害蔓延,如某些细菌、癌细胞能分泌透明质酸酶,分解透明质酸,破坏其屏障作用而发生扩散。

毛细血管动脉端的血压高于血浆渗透压,水和溶于水中的电解质、单糖、氧等小分子物

质在此穿过毛细血管进入基质,成为组织液。组织和细胞不断从组织液中获得营养物质和氧,并不断将二氧化碳等代谢产物排入组织液中,然后使其经毛细血管的静脉(vein)端回流到血液。此外,还有一部分组织液进入毛细淋巴管(lymphatic capillary),形成淋巴液。因此,组织液对组织和细胞的物质交换起重要的生理作用。组织液不断循环更新,为组织和细胞提供了适宜的生存环境。基质中的组织液含量增多或减少将导致组织水肿或脱水。

2. 致密结缔组织

致密结缔组织(dense connective tissue)是一种以纤维为主要成分的固有结缔组织,细胞成分及基质甚少,纤维粗大,排列致密。致密结缔组织主要分布于真皮(dermis)、肌腱、巩膜(sclera)等处,主要起连接、支持和保护等作用。致密结缔组织的纤维排列方向与承受张力的方向一致。有的致密结缔组织以胶原纤维为主,可承受多方向张力,如皮肤的真皮、器官的被膜和眼球(eyeball)的巩膜等;有的胶原纤维束密集平行排列,成纤维细胞成行排列在胶原纤维束之间,可承受单方向张力,如肌腱;有的以弹性纤维为主,如黄韧带(ligamenta flava)和项韧带,可适应脊柱运动。

3. 网状组织

网状组织(reticular tissue)由网状细胞(reticular cell)、网状纤维和基质组成(见图 1-13),是造血器官和淋巴器官的基本组成成分。网状细胞为星形多突细胞,细胞核较大,染色较浅,核仁明显;细胞质较丰富,略呈碱性。相邻的网状细胞以突起相互连接成网。网状纤维较细且有分支,是由网状细胞产生的,并被网状细胞的突起包裹,它们共同构成造血组织及淋巴组织的支架。网状组织主要分布于红骨髓、脾、淋巴结(lymph node)、胸腺(thymus)、扁桃体和淋巴组织等处。

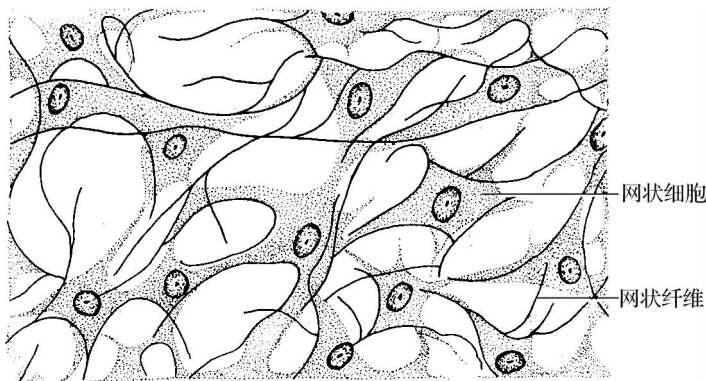


图 1-13 网 状 组 织

4. 脂肪组织

脂肪组织(adipose tissue)由大量密集的脂肪细胞组成。成群的脂肪细胞由疏松结缔组织分隔成小叶(见图 1-14)。脂肪组织主要分布于皮下、网膜、系膜及肾脂肪囊等处,具有储存脂肪、支持、保护和防止体温散发等作用,并参与能量的代谢,是人体内最大的“能量库”。如脂肪细胞过度增生,则可形成脂肪瘤。



图文-脂肪瘤-
ynsr1g

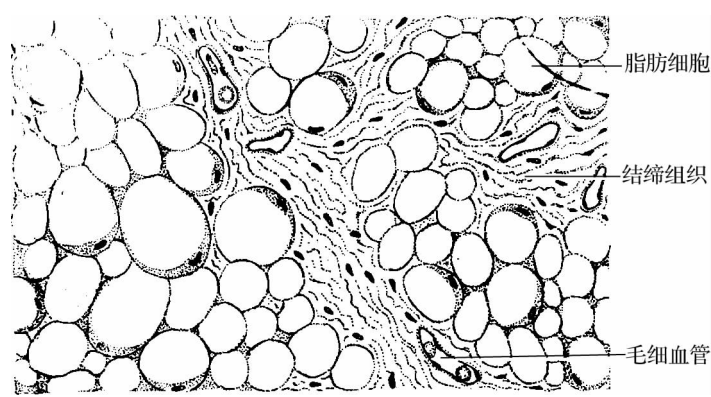


图 1-14 脂 肪 组 织

1.2.2 软骨组织与软骨

软骨组织由软骨细胞(chondrocyte)和细胞间质组成。软骨组织的细胞间质呈均质状，由基质和纤维组成。基质由蛋白多糖组成，呈凝胶状，其内包埋着纤维。

软骨由软骨组织和软骨膜构成。根据基质内所含纤维性质和数量的不同，软骨通常分为 3 种类型，即透明软骨(hyaline cartilage)、弹性软骨(elastic cartilage)和纤维软骨(fibrous cartilage)。

1. 透明软骨

透明软骨在新鲜时呈淡蓝色半透明状，基质中包埋着胶原纤维。透明软骨的纤维细且纤维和基质的折光性相同，在 HE 染色标本上不能分辨，故而得名(见图 1-15)。透明软骨主要分布于鼻(nose)、喉(larynx)、气管(trachea)和支气管等处。此外，关节软骨和肋软骨(costal cartilage)也都是透明软骨。

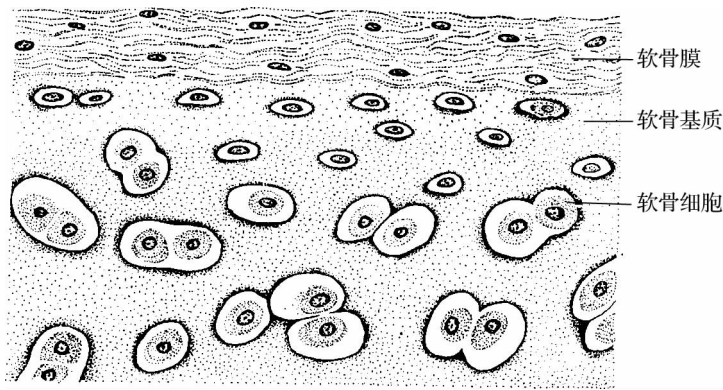


图 1-15 透 明 软 骨

2. 弹性软骨

弹性软骨在新鲜时略显黄色，其结构特点是基质中含有大量可见的交织成网的弹性纤维(见图 1-16)，故弹性较大，其他结构与透明软骨相似。弹性软骨主要分布在耳郭(auricle)、外耳道(external acoustic meatus)、咽鼓管(auditory tube)、会厌等处。

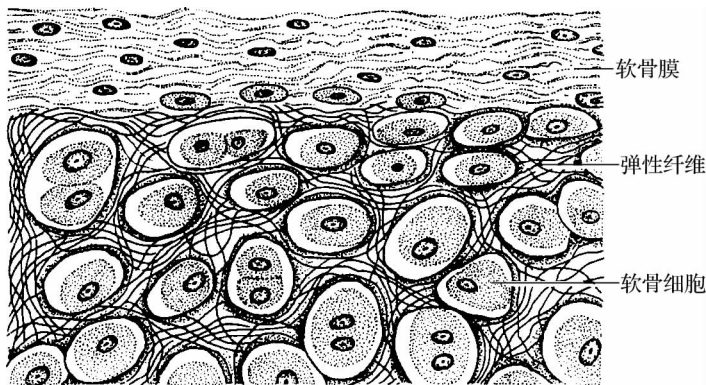


图 1-16 弹性软骨

3. 纤维软骨

纤维软骨在新鲜时呈不透明的乳白色,基质中含有可见的成束胶原纤维,这些胶原纤维常平行或交叉排列(见图 1-17)。软骨细胞成行或散在于胶原纤维束之间,其周围可见少量基质。纤维软骨主要分布在椎间盘(intervertebral disc)、耻骨联合(pubic symphysis)、关节盘以及某些肌腱和韧带附着于骨的部位等处。

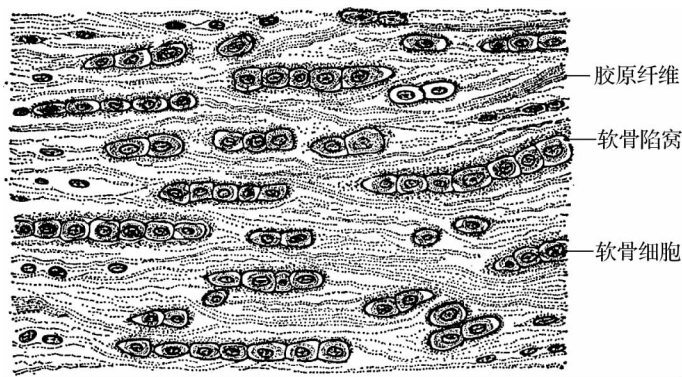


图 1-17 纤维软骨

1.2.3 骨组织与骨

骨(bone)由骨组织、骨膜(periosteum)和骨髓(bone marrow)等构成,具有支持软组织、构成关节、参与机体的运动以及保护某些重要器官等作用。此外,骨组织与钙、磷代谢有密切的关系,是人体重要的钙、磷库,人体内 99%以上的钙和 85%的磷储存于骨组织内。

1. 骨组织的结构

骨组织是人体最坚硬的结缔组织,由骨组织细胞和骨细胞间质组成(见图 1-18)。

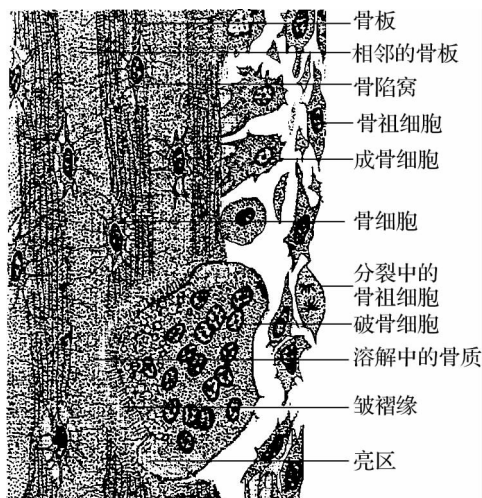


图 1-18 骨组织

(1) 骨组织细胞。

①骨细胞(osteocyte)。骨细胞是一种多突起细胞,胞体呈扁椭圆形,位于骨陷窝(bone lacunae)内,突起则位于骨小管内。相邻骨细胞的突起相互连接,其间可见缝隙连接,以传递细胞间的信息和沟通细胞间的代谢活动。骨细胞的细胞核呈椭圆形,染色较深。骨细胞有一定的成骨和溶骨作用,对骨基质的更新和维持有重要作用。骨细胞及其突起的总面积很大,与骨基质相接触,可与骨陷窝内组织液中的钙与血钙进行交换,维持血钙的恒定。

②骨祖细胞(osteoprogenitor cell)。骨祖细胞又称骨原细胞,是骨组织的干细胞,位于骨膜内,可分化为成骨细胞或成软骨细胞。当骨组织生长和改建或骨折愈合时,骨祖细胞分裂活跃,并分化为成骨细胞。

③成骨细胞(osteoblast)。成骨细胞位于骨组织表面,细胞呈立方形或低柱状,单层排列,细胞侧面和基底部有突起,与相邻的成骨细胞或骨细胞的突起以缝隙连接相连;胞核呈圆形;胞质呈嗜碱性。

成骨细胞有活跃的分泌功能,可以合成和分泌骨胶原纤维及有机基质,形成类骨质。此外,它还可以分泌多种细胞因子,调节骨组织的生成、吸收和代谢,促进骨组织的钙化。

④破骨细胞(osteoclast)。破骨细胞分布在骨组织边缘,数量少,是一种多核巨细胞,直径为 30~100 μm ,核有 6~50 个不等;胞质嗜酸性,含丰富的线粒体和溶酶体。破骨细胞可释放多种水解酶和有机酸,溶解骨盐,分解有机成分。

破骨细胞有溶解和吸收骨基质的作用。在骨组织内,破骨细胞和成骨细胞相辅相成,共同参与骨的生长和改建。

(2)骨细胞间质。骨细胞间质由基质和纤维(骨胶原纤维)组成。骨细胞间质内有大量钙盐,所以骨组织是人体坚硬的组织之一。

骨胶原纤维规则地分层排列。每层纤维与基质共同构成薄板状结构,称为骨板(bone lamella)。骨板之间或骨板内有扁椭圆形小腔,称为骨陷窝。从骨陷窝发出的呈辐射状分布的细长小管称为骨小管(bone canaliculus)。骨小管相互通连,沟通邻近的骨陷窝。骨陷窝和骨小管内有组织液,可营养骨细胞并带走代谢产物。

2. 长骨

长骨由骨松质(spongy bone)、骨密质(compact bone)、骨膜、关节软骨、骨髓、血管和神经等组成。

(1)骨松质。骨松质分布于长骨两端的内部,由片状及针状的骨小梁连接而成。骨小梁由成层排列的骨板和骨细胞组成。骨小梁之间有肉眼可见的腔隙,腔隙内有红骨髓和血管。

(2)骨密质。骨密质分布于长骨的骨干,由排列方式不同的骨板组成(见图 1-19)。骨板的排列方式有以下 3 种:

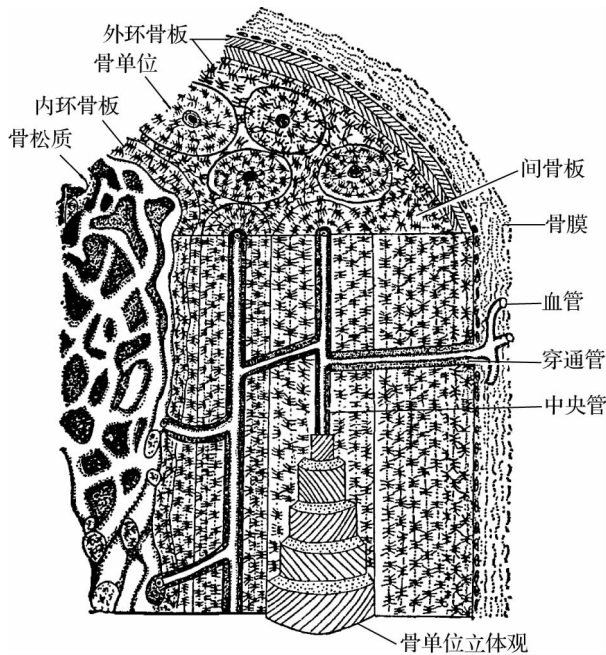


图 1-19 长骨骨干

①环骨板。环骨板是环绕骨干外表面和内表面的骨板,分为外环骨板和内环骨板。外环骨板较厚,约有数层或十数层,较整齐地环绕骨干平行排列。内环骨板由数层不甚完整的骨板组成,环绕骨髓腔面平行排列,不甚规则。横向穿越外环骨板和内环骨板的小管称为穿通管,又称福尔克曼管(Volkman's canal)。穿通管与纵向走形的中央管相通,它们都是小血管和神经的通道,并含脑脊液(cerebrospinal fluid)。

②骨单位(osteon)。骨单位又称哈弗斯系统(Haversian system),位于外环骨板和内环骨板之间,为多层同心排列的圆筒形骨板,与骨干的长轴平行排列。骨单位中心有一条纵向的小管,称为中央管(central canal),是血管、神经的通路。中央管和穿通管的走向是相互垂直的,并且互相沟通,其中的血管也是相互交通的,还可见神经纤维(nerve fiber)与血管伴行。

③间骨板(interstitial lamella)。间骨板是充填在骨单位之间一些形状不规则、没有中央管的骨板。间骨板是原有的骨单位或内、外环骨板吸收后的残留部分。

(3)骨膜。骨膜由致密结缔组织构成,覆盖除关节面(articular surface)以外的骨的内、外表面,可分为骨内膜和骨外膜。

- ①骨内膜。骨内膜分布于骨髓腔、骨小梁、中央管和穿通管的内表面。
- ②骨外膜。骨外膜包绕在骨的外表面。

(4)骨髓。骨髓分红骨髓和黄骨髓 2 种,充填于骨髓腔中。胎儿及幼儿的骨髓为红骨髓,具有造血功能。随着年龄的增长,长骨骨干中的红骨髓逐渐被脂肪组织取代,进而变为黄骨髓,失去造血功能。但在一定条件下,黄骨髓可转化为红骨髓,重新拥有造血功能。扁骨、不规则骨及长骨的骨骺端可终生保留红骨髓。

- (5)关节软骨。关节软骨光滑、有弹性,能够最大限度地吸收、缓冲应力作用。
- (6)血管和神经。骨膜内含有丰富的血管和神经,对骨起营养作用。

知识链接

骨组织工程

对疾病、外伤或肿瘤切除等原因造成的骨组织缺损,可通过移植各种代替物修复。以往采用的代替物包括自体骨组织、同种异体骨组织、异种骨组织和人工合成物质等。虽然这些代替物已应用于临床,但还存在不少问题。近年来,随着组织细胞培养技术的普及,细胞生物学、生物化学等学科的发展和医用生物材料的开发利用,一门新的学科领域——组织工程学得以诞生。其基本方法是先将功能相关的组织细胞进行体外培养扩增,将扩增的组织细胞种植在生物相容性良好的可降解的组织支架上,然后将这种复合体移植到所要修补的部位,复合体细胞在体内继续增殖,同时组织支架逐渐被机体降解、吸收,最后形成新的有功能的组织。

3. 骨的发生过程

骨由间充质发育而成。胚胎时期,骨的发生有两种方式:膜内成骨(intramembranous ossification)和软骨内成骨(endochondral ossification)。

- (1)膜内成骨。由间充质增殖成结缔组织膜,然后由膜形成骨,这种成骨方式称为膜内成骨。颅顶各骨及多数面颅骨等是通过膜内成骨发生形成的。
- (2)软骨内成骨。由间充质先形成与成年骨相似的软骨,再由软骨改建为骨,这种成骨方式称为软骨内成骨(见图 1-20)。附肢骨和躯干骨等主要由软骨内成骨形成。

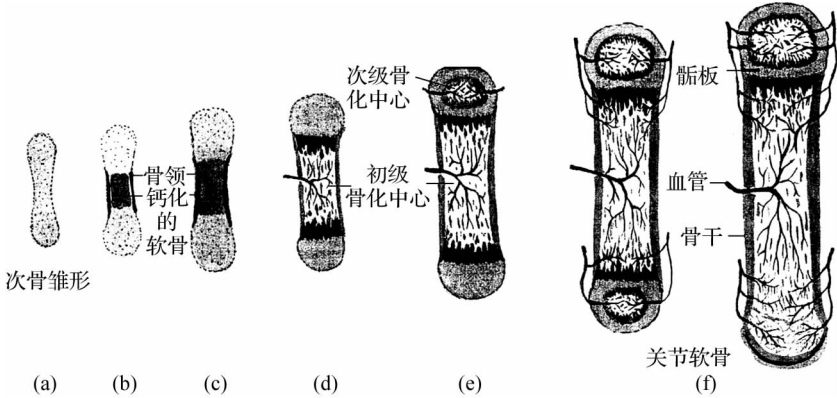


图 1-20 软骨内成骨的过程

1.2.4 血液与淋巴

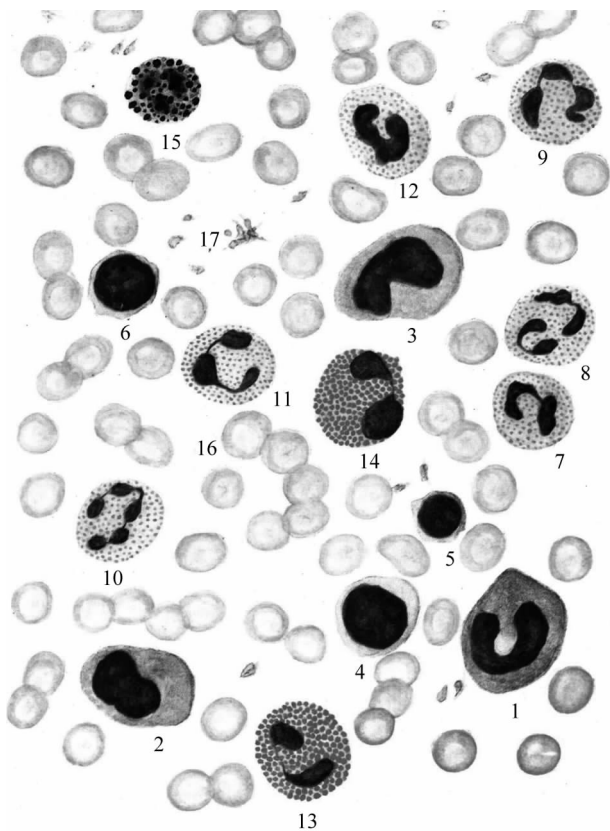
1. 血液

血液是流动在心血管内的液态组织。成人的循环血量约为 5 L, 约占体重的 7%。血液由血浆和血细胞组成。新鲜的血液呈红色, 不透明, 具有一定的黏稠性。血液的有形成分混悬于血浆(plasma)中。

血浆相当于结缔组织的细胞间质, 为淡黄色液体, 约占血液容积的 55%, 含有大量水分(约占 90%)、纤维蛋白原、白蛋白、球蛋白、酶、各种营养物质、代谢产物、激素、无机盐等。这些成分在机体内各自起重要作用。当血液流出血管后, 溶解状态的纤维蛋白原转变为不溶解状态的纤维蛋白, 于是血液凝固成血块。血块形成后表面析出的清亮淡黄色液体称为血清(serum)。

血细胞约占血液容积的 45%, 包括红细胞(erythrocyte)、白细胞(leukocyte)和血小板(thrombocyte)。它们对人体具有十分重要的功能。在生理情况下, 血细胞和血小板的形态结构和数量相对稳定。人患病时, 它们的数量及形态结构可有改变, 成为临床诊断疾病的重要依据之一。

血细胞形态结构的光镜观察通常采用瑞特染色(Wright stain)或吉姆萨染色(Giemsa stain)血液涂片的方法。临床可依据血细胞的形态与大小、胞核的形态结构、胞质的颜色及颗粒的性质等对其进行识别和分类(见图 1-21)。



1~3—单核细胞; 4~6—淋巴细胞; 7~12—中性粒细胞; 13~14—嗜酸性粒细胞;
15—嗜碱性粒细胞; 16—红细胞; 17—血小板。

图 1-21 各种血细胞

(1)红细胞。红细胞的直径为 $7.5\sim 8.5\ \mu\text{m}$,呈两面凹陷的圆盘状,中央较薄,周边较厚,中央染色较浅,周边染色较深。成熟的红细胞没有细胞核和细胞器,细胞内充满了血红蛋白(hemoglobin, Hb)。这一形态结构特点增加了红细胞的表面积,与体积相同的球形结构相比表面积增大约 25%,再加上胞质内大量的血红蛋白,最大限度地增强了气体交换的功能。

红细胞内血红蛋白的含量约占红细胞重量的 33%,是一种有色的含铁蛋白质,血液的颜色就是由它的颜色决定的。血红蛋白具有与氧及二氧化碳结合的功能。当血液流经肺时,由于肺泡(pulmonary alveolus)内氧分压高而二氧化碳分压低,红细胞内的血红蛋白即释放出二氧化碳而与氧结合,形成氧合血红蛋白;当血液流经其他器官、组织时,由于组织内二氧化碳分压高而氧分压低,红细胞内的血红蛋白即放出氧并结合二氧化碳,形成氨基血红蛋白。血红蛋白的这一特点是红细胞在体内完成气体运输和交换功能的化学基础。

知识链接

溶 血

红细胞的细胞膜是半透膜。在正常情况下,红细胞的细胞质与血浆的渗透压相等,使出入红细胞的水分维持平衡,并对某些离子的通透具有一定的选择性。当血浆渗透压降低时,过量的水分进入红细胞内,使红细胞膨胀,如红细胞膨胀超过细胞膜的张力限度,就会导致红细胞内的血红蛋白逸出或红细胞破裂,这种现象称为溶血。当血浆渗透压升高时,从红细胞内移出的水分过多,红细胞发生皱缩。因此,临床上常根据疾病的具体状况为患者输入与血浆渗透压相等或高于血浆渗透压的液体,以达到治疗疾病的目的。

正常成人每立方毫米血液中红细胞的平均数值为 350 万~550 万个,男性为 450 万~550 万个,女性为 350 万~500 万个。每 100 mL 血液中血红蛋白的平均含量,男性为 12~15 g,女性为 10.5~13.5 g。个体的年龄或生活条件不同,红细胞的数量及血红蛋白的含量会发生生理性改变。例如,婴儿的红细胞数量和血红蛋白含量多于成人,运动时的红细胞数量和血红蛋白含量多于安静状态,高原地区居民的红细胞数量和血红蛋白含量多于平原地区的居民。一般认为,每立方毫米血液中红细胞的数量少于 300 万个,或者 100 mL 血液中血红蛋白的含量低于 10 g 属于贫血;每立方毫米血液中的红细胞数量多于 700 万个,或每 100 mL 血液中的血红蛋白超过 18 g 则为红细胞和血红蛋白增多。

红细胞正常形态的维持需有足够的 ATP 供能以及细胞内、外渗透压的平衡。当缺乏 ATP 供能时,红细胞的形态由双凹圆盘状变为棘球状,ATP 供能状态改善后亦可恢复。当血浆渗透压降低时,血浆中的水分进入红细胞内,红细胞肿胀呈球形甚至破裂,发生溶血。

正常人的血液中有少量没有完全成熟的红细胞,称为网织红细胞(reticulocyte)。网织红细胞占成人红细胞总数的 0.5%~1%;新生儿的网织红细胞较多,可达 3%~6%。在 HE 染色的血涂片上,网织红细胞不易与完全成熟的红细胞区分,新鲜血液用煌焦油蓝染色,可见网织红细胞的直径略大于成熟的红细胞,胞质中也没有胞核,但可见深蓝色的细网,这种网织结构是红细胞发育过程中胞核排出之后残留的一些核蛋白体。骨髓造血功能发生障



图文-煌焦油蓝染色-dnrluy

碍的患者经治疗后,网织红细胞计数增加,表示骨髓造血功能增强。

红细胞的平均寿命约为 120 天。衰老的红细胞在脾、肝和骨髓等处被巨噬细胞吞噬,血红蛋白中的铁可重新被用来造血。

(2)白细胞。白细胞是无色有核的球形细胞,可以做变形运动穿过毛细血管的内皮进入组织中,参与机体的防御和免疫功能。

光镜下观察血涂片标本,根据白细胞的胞质内有无特殊颗粒可将其分为 2 类:白细胞的胞质内含有特殊颗粒,称为有粒白细胞(granulocyte),根据颗粒着色的不同,其又可分为中性粒细胞(neutrophil)、嗜酸性粒细胞和嗜碱性粒细胞(basophilic granulocyte)3 种;白细胞的胞质内没有特殊颗粒,称为无粒白细胞(agranulocyte),包括淋巴细胞(lymphocyte)和单核细胞(monocyte)2 种。

血液中白细胞的数量比红细胞少得多。正常成人每立方毫米血液中,白细胞的总数为 4 000~10 000 个,男女没有明显的差异,婴儿稍多于成人。血液中白细胞的数量可受各种生理因素的影响,如劳动、运动、饱食及妇女月经期都略有增加。

①中性粒细胞。中性粒细胞又称小吞噬细胞,占白细胞总数的一半以上(50%~70%)。中性粒细胞呈圆形,直径为 10~12 μm 。中性粒细胞的胞核可被染成紫蓝色,形态不一,有的呈腊肠状,称为杆状核(占 3%~5%);有的分成几叶,中间由细丝相连,称为分叶核(占 50%~70%),一般可分成 2~5 叶,在正常人的血液中以分 3 叶的占多数。在某些疾病情况下,1~2 叶核的细胞百分率增高,称为核左移;4~5 叶核的细胞百分率增高,称为核右移。细胞核分叶的多少标志着细胞的衰老程度,细胞核的分叶增多显示细胞已进入衰老阶段。

中性粒细胞具有很强的变形运动和吞噬消化细菌的能力。当人体某一部位受到细菌侵犯时,中性粒细胞对细菌产物及受伤的组织释放的某些化学物质(趋化因子)具有趋化性,能以变形运动穿过毛细血管、聚集到细菌侵犯部位的组织内,大量吞噬细菌,在细胞内形成吞噬体(吞噬泡)。吞噬体先与特殊颗粒融合,后与嗜天青颗粒融合,由颗粒所含的酶将被吞噬的细菌消化分解。这些吞噬了细菌的中性粒细胞可被巨噬细胞吞噬或变性坏死成为脓细胞。中性粒细胞可在组织中存活 2~3 天。

②嗜酸性粒细胞。嗜酸性粒细胞呈球形,较中性粒细胞大,直径为 10~15 μm 。光镜下观察,嗜酸性粒细胞的胞核多为 2 叶,呈杆状或分叶状;胞质中充满大小一致、分布均匀、染成橘红色的圆形粗大的嗜酸性颗粒,颗粒内含有过氧化物酶、酸性磷酸酶及组胺酶等。

嗜酸性粒细胞也有变形运动,它对抗原-抗体复合物、组胺、肥大细胞释放的嗜酸性粒细胞趋化因子等多种物质具有趋化性。嗜酸性粒细胞穿过毛细血管进入结缔组织后可具有吞噬能力,但不如中性粒细胞活跃。嗜酸性粒细胞能吞噬抗原-抗体复合物,其内的组胺酶有灭活组胺的作用,因此它有减轻某些过敏反应(如荨麻疹、支气管哮喘等)症状的功能。因此,发生过敏反应或变态反应性疾病以及寄生虫感染时,血液内的嗜酸性粒细胞数量增多。此外,近年来的研究发现,嗜酸性粒细胞在防止凝血、免疫调节和红细胞生成方面具有一定的作用。嗜酸性粒细胞在组织中可生存 8~12 天。

③嗜碱性粒细胞。嗜碱性粒细胞是血液中数量最少的白细胞(占 0.5%左右),大小与中性粒细胞相似。嗜碱性粒细胞胞核的形状很不规则,着色较浅,胞质内有被染成紫蓝色的圆形嗜碱性颗粒。嗜碱性颗粒内含有肝素、组胺和慢反应物质。肝素具有抗凝血作用,组胺和慢反应物质参与过敏反应。嗜碱性粒细胞在组织中可生存 12~15 天。

④淋巴细胞。淋巴细胞呈球形,大小不一,占白细胞总数的20%~30%。小淋巴细胞(直径为6~9 μm)的数量最多;大淋巴细胞(直径为13~20 μm)的数量少,但不存在于血液中。小淋巴细胞的胞核呈圆形或椭圆形,一侧常有凹痕,染色质浓密,结成块状,着色很深(蓝紫色),有时可见1~2个核仁;胞质很少,染色呈天蓝色,其中可见少量嗜天青颗粒。

淋巴细胞不仅产生于骨髓,还产生于淋巴器官和淋巴组织。根据来源、形态特点及功能的不同,淋巴细胞主要分为参与细胞免疫并具有调节免疫应答的T淋巴细胞(约占血液中淋巴细胞总数的75%)、产生抗体参与体液免疫的B淋巴细胞(占血液中淋巴细胞总数的10%~15%)和在杀伤肿瘤细胞中起重要作用的NK细胞(约占血液中淋巴细胞总数的10%)。

⑤单核细胞。单核细胞是血液中体积最大的细胞,呈圆形或椭圆形,直径为14~20 μm 。大多数单核细胞的胞核呈肾形或马蹄形,也有少数呈椭圆形,常见扭曲或折叠现象,染色质颗粒较细且疏松,呈着色较浅的网状;胞质较多,染成灰蓝色,其中有染成紫红色的分散而细小的嗜天青颗粒。

单核细胞可进行活跃的变形运动并具有明显的趋化作用。在血液中停留12~48小时,穿过毛细血管进入结缔组织或其他组织后,单核细胞可分化成巨噬细胞等具有吞噬功能的细胞。

(3)血小板。血小板是红骨髓内巨核细胞的胞质脱落下来的碎块,并非严格意义上的血细胞。血小板为圆形或椭圆形的双凸盘状小板,直径为2~4 μm 。在血涂片上,血小板的形状不规则,呈多突状,常聚集成群。血小板中央部有蓝紫色的血小板颗粒,称为颗粒区(granulomere);周边部呈均质浅蓝色,称为透明区(hyalomere)。

血小板在止血和凝血过程中起重要作用。当血管内皮受损伤后,胶原纤维或基膜暴露,血小板就黏附在损伤处,聚集形成血小板血栓,并释放出5-羟色胺(5-HT)和少量的肾上腺素(adrenaline),使血管收缩。同时,血小板释放出凝血因子,加速凝血酶的生成,凝血酶促使纤维蛋白原转变为纤维蛋白,使血液凝固。

正常人血小板的数量为每立方毫米血液20万~40万个。如果血小板的数量明显减少或出现功能障碍,都会导致出血倾向。血小板的寿命为7~14天。

2. 血细胞的发生过程

各种血细胞的寿命都是有限的,衰老的细胞不断死亡,但随时又有新的细胞进行补充。所以,在周围的血液内,各种血细胞的数量和质量均处于相对稳定状态。

血细胞的发生始于骨髓的造血干细胞(hematopoietic stem cell)。在一定的微环境和某些因素的调节下,造血干细胞先增殖分化为各类血细胞的造血祖细胞(hemopoietic progenitor),又称定向干细胞(committed stem cell),然后造血祖细胞定向增殖、分化成为各种成熟细胞。造血干细胞是生成各种血细胞的原始细胞,故又称多能干细胞(multipotential stem cell)。

(1)红细胞的发生。红细胞在发生过程中要经历原红细胞、早幼红细胞、中幼红细胞、晚幼红细胞4个阶段。晚幼红细胞脱去胞核成为网织红细胞,最终成为成熟红细胞。原红细胞发育为晚幼红细胞需要3~4天。巨噬细胞可吞噬晚幼红细胞脱去的胞核,并为红细胞的发育提供铁等营养物质。

(2)粒细胞的发生。粒细胞在发生过程中要经历原粒细胞、早幼粒细胞、中幼粒细胞、晚幼粒细胞、杆状核粒细胞和分叶核粒细胞6个阶段。原粒细胞发育为晚幼粒细胞需要4~

6天。骨髓内杆状核粒细胞和分叶核粒细胞的储存量很大,在骨髓内停留4~5天后入血。在急性细菌感染等病理状态下,骨髓加速释放粒细胞,外周血中的粒细胞可骤然增多。

(3)淋巴细胞的发生。淋巴细胞在发生过程中要经历原淋巴细胞、幼淋巴细胞和淋巴细胞3个阶段。在发生过程中,一部分淋巴造血干细胞经血流进入胸腺皮质,分化发育为T淋巴细胞;另一部分在骨髓内分化发育为B淋巴细胞和NK细胞。上述3种淋巴细胞随血流迁移到淋巴结、脾等周围淋巴器官。

(4)单核细胞的发生。单核细胞在发生过程中要经历原单核细胞、幼单核细胞和单核细胞3个阶段。单核细胞在骨髓中的储存量不及粒细胞多,但幼单核细胞的增殖能力很强,即约38%的幼单核细胞处于增殖状态。当机体出现炎症或免疫功能活跃时,幼单核细胞加速分裂增殖,以提供足量的单核细胞。单核细胞进入组织后转变为巨噬细胞,其寿命为数月至数年不等。

(5)血小板的发生。血小板的发生始于巨核细胞系祖细胞,经原巨核细胞、幼巨核细胞发育为成熟巨核细胞(megakaryocyte),巨核细胞的胞质块脱落形成血小板。原巨核细胞分化为幼巨核细胞,体积变大,核呈肾形,胞质内开始出现血小板颗粒。幼巨核细胞经过数次DNA复制,形成巨核细胞。巨核细胞的体积很大,直径为40~70 μm ;胞核巨大而呈分叶状,胞质内分布着大量血小板颗粒。巨核细胞伸出细长的胞质突起,从血窦内皮间隙伸入窦腔,其胞质末端脱落成为血小板。一个巨核细胞可生成约2000个血小板。

◆ 知识链接

影响血细胞生成和破坏的因素

在正常情况下,血细胞是在红骨髓和淋巴器官内生成的,衰老伤亡的血细胞由脾、肝及红骨髓等处的巨噬细胞吞噬,还有一部分白细胞从消化管、呼吸道的黏膜排出体外。现已发现多种刺激或抑制血细胞生成的因子,如红细胞生成素(erythropoietin,EPO)、集落刺激因子(colony stimulating factor,CSF)、血小板生成素(thrombopoietin)和粒细胞抑素(granulocyte chalone)等。目前,研究得较明确的是促使造血干细胞发育成原红细胞的促红细胞生成素。发生缺氧、急性大失血及溶血时,红细胞生成素增多,过量输血时则减少。红细胞生成素的产生与肾有关,慢性肾炎晚期患者的红细胞生成素生成减少,所以常同时发生严重贫血。维生素 B_{12} 、叶酸是核酸合成不可或缺的辅酶,对血细胞的发生和发育有重要作用。严重缺乏维生素 B_{12} 、叶酸或因缺乏内因子而影响它们的吸收会引起巨幼红细胞贫血。某些化学物质(如苯、氯霉素等)和放射性物质能部分或全部破坏骨髓的造血功能,使全血细胞减少,引起再生障碍性贫血。

3. 淋巴

淋巴是流动在淋巴管内的液体,由组织液渗入毛细淋巴管内形成。在流经淋巴结后,其中的细菌等异物被清除,淋巴器官内可见淋巴细胞和抗体,有时还可见单核细胞加入淋巴液中。淋巴是组织液回流的辅助渠道,在维持全身各部分的组织液动态平衡中起重要作用。

1.3 肌 组 织

肌组织是一类有收缩功能的组织,主要由肌细胞组成。肌细胞形态细长,呈纤维状,故又称肌纤维(muscular fiber)。肌纤维的细胞膜又称肌膜(sarcolemma);细胞质又称肌质(sarcoplasm),内含线粒体、高尔基复合体、肌质网(sarcoplasmic reticulum)和肌丝等细胞器。肌组织具有收缩和舒张的功能,肌丝是肌肉收缩和舒张运动的物质基础。

根据形态、结构和功能特点,肌组织可分为骨骼肌(skeletal muscle)、心肌(cardiac muscle)和平滑肌(smooth muscle)。骨骼肌附着在骨骼上,收缩力强,但不能持久,它的活动受意识支配,故又称随意肌。心肌分布于心脏,其舒缩具有自动节律性,不易疲劳。平滑肌主要分布在内脏器官和血管壁,收缩力较弱,但较持久。平滑肌和心肌的活动不受意识支配,又称不随意肌。

1.3.1 骨骼肌

躯干和四肢的每块肌肉都是由许多平行排列的骨骼肌纤维包裹以结缔组织而成的。整块肌肉外面包裹的结缔组织称为肌外膜(epimysium)。肌外膜伸向肌肉内部,将肌分成许多肌束,包在肌束外面的结缔组织称为肌束膜(perimysium),而包在每条肌纤维外面的结缔组织称为肌内膜(endomysium)。

1. 骨骼肌的一般结构

骨骼肌纤维是细长圆柱状的多核细胞,直径为 $10\sim 100\mu\text{m}$,长 $1\sim 40\text{mm}$ 。骨骼肌纤维有明、暗相间的横纹,所以也称横纹肌。肌细胞核呈扁椭圆形,位于肌纤维的周边,紧靠肌膜的内表面。肌质内有大量肌原纤维(myofibril)。肌原纤维是骨骼肌的基本成分。光镜下,每条肌原纤维都有许多相间排列的明带和暗带。明带又称I带(I band),暗带也称A带(A band)。由于各条肌原纤维的明带和暗带整齐地排列在同一平面上,所以,肌纤维呈现出明暗相间的横纹(见图1-22)。

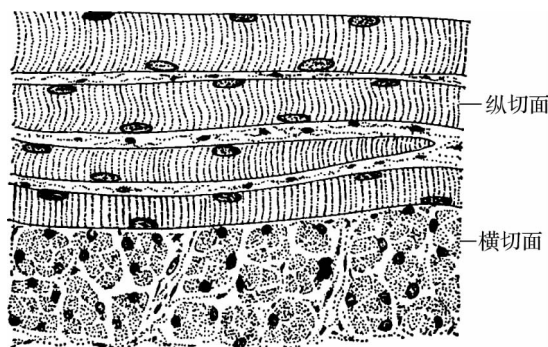


图 1-22 骨骼肌的微细结构

明带的宽度可随肌纤维的舒缩状态而改变,在肌肉收缩时变窄,在肌肉舒张时变宽;而

暗带的宽度则不随肌纤维的舒缩状态而改变。另外,暗带的中央有一窄的浅色区,称为H带(H band);H带中央有一条暗线或薄膜,称为M线(M line)。明带中央也有一条暗线或薄膜,称为Z线(Z line)。肌原纤维的两条Z线之间的结构称为肌节(sarcomere)。肌节是肌原纤维的结构和功能单位,它包括 $1/2$ I带+A带+ $1/2$ I带。因此,每个肌节是由2个 $1/2$ 的明带和1个完整的暗带组成的(见图1-23)。

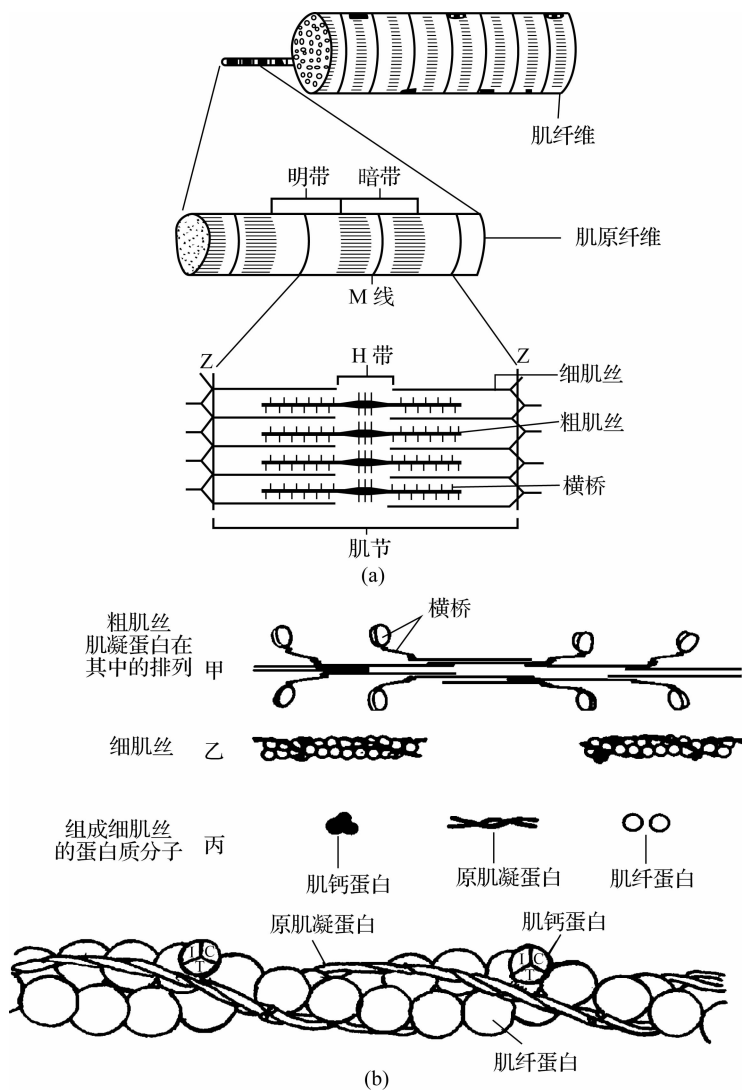


图1-23 骨骼肌纤维逐级放大模式图和肌丝分子模式图

2. 骨骼肌纤维的超微结构

(1)肌原纤维。电镜可见肌原纤维由许多肌丝组成。根据粗细,肌丝可分为粗肌丝(thick filament)和细肌丝(thin filament)2种。

①粗肌丝。粗肌丝主要形成暗带,直径约为10 nm,长约1.5 μm,附于M线上,粗肌丝的两端沿其长轴伸出一些等间距的小突起,称为横桥(cross bridge)。应用免疫荧光技术和化学提纯证明,粗肌丝由肌球蛋白(myosin)分子组成,肌球蛋白由2个球状的头部和1个长

长的尾部组成,其形状似豆芽,尾部相互融合在一起,形成粗肌丝主干。头部突出粗丝的外表面而形成横桥,横桥上有 ATP 酶。

②细肌丝。细肌丝主要形成明带,直径约为 5 nm,由 Z 线向两侧发出。细肌丝一部分在明带,另一部分插在粗肌丝之间,达到 H 带的边缘。细肌丝由肌动蛋白(actin)、原肌球蛋白(tropomyosin)和肌钙蛋白(troponin)组成。

(2)横小管(transverse tubule)。肌膜以垂直于肌纤维长轴的方向陷入肌纤维内,伸入每条肌原纤维之间,其分支在同一平面上互相吻合成网,环绕在每根肌原纤维周围,形成许多与肌原纤维相垂直的横行细管,称为横小管,简称 T 小管(见图 1-24)。人的骨骼肌纤维中横小管的位置相当于明带和暗带的交界处,它能快速将肌膜的神经冲动同时传递到整个肌纤维,使肌纤维内的所有肌原纤维同步收缩。

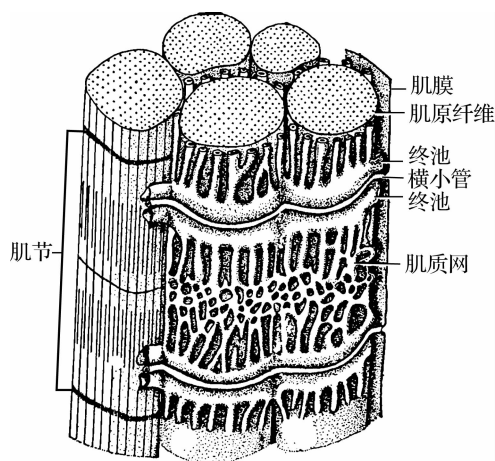


图 1-24 骨骼肌纤维超微结构模式图

(3)肌质网。肌质网是肌纤维内特化的滑面内质网,位于横小管之间,沿肌原纤维长轴纵行排列,并分支吻合,又称纵小管(longitudinal tubule),简称 L 小管。纵小管在横小管两侧处形成横向膨大,称为终池(terminal cisterna)。每一条横小管和两侧的终池合称三联体(triad)。三联体是横小管与肌质网的接触点,但它们并不直接相通。肌质网的膜上存在钙泵(calcium pump),钙泵能将肌质中的钙离子泵入肌质网中。钙泵的功能活动可调节肌质中钙离子的浓度。钙离子在肌肉的收缩和舒张活动中起关键作用。

1.3.2 心肌

1. 心肌的一般结构

心肌主要由心肌纤维组成。心肌纤维呈短柱状并有分支,也有横纹,但不如骨骼肌的横纹明显(见图 1-25)。心肌纤维一般有一个卵圆形的胞核,偶尔可见双核。心肌纤维胞核的体积较大,位于肌纤维中央,着色较浅。心肌纤维互相连接处形成特殊的连接,在 HE 染色切片上呈染色较深的横纹,称为闰盘(intercalated disk)。发生病毒性心肌炎和缺血性心脏病时,闰盘受损,将导致心律失常。正常心肌纤维之间有疏松结缔组织以及丰富的血管、淋巴管和神经。

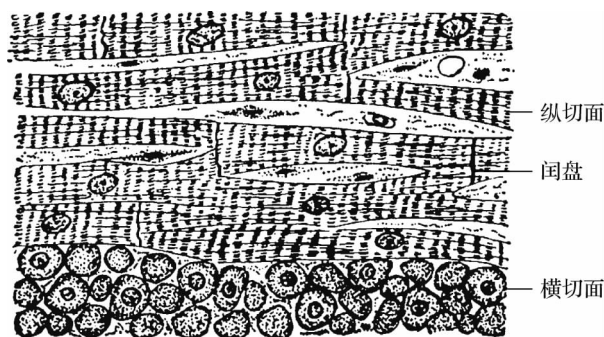


图 1-25 心肌的微细结构

2. 心肌纤维的超微结构

心肌纤维的超微结构(见图 1-26)具有以下特点:

- (1)没有明显的肌原纤维,肌丝形成粗、细不等的肌丝束,以致横纹不如骨骼肌明显。
- (2)心肌纤维的横小管比骨骼肌的横小管粗,位于 Z 线平面上。
- (3)闰盘位于 Z 线水平,此处的心肌纤维肌膜伸出许多指状突起,相互嵌合在一起,呈阶梯状,增大了细胞间的接触面。在横向连接面上及纵向连接面上分别可见中间连接、桥粒连接和缝隙连接。缝隙连接有利于心肌纤维的节律性同步收缩。
- (4)纵小管的盲端在横小管附近略微膨大,肌质网不发达,所以终池较小,而且多在横小管的一侧,与横小管共同形成二联体(diad),三联体极少见。因此,心肌的储钙能力较骨骼肌差。

1.3.3 平滑肌

平滑肌纤维呈长梭形,只有一个核。平滑肌纤维的核呈椭圆形,位于肌纤维中央(见图 1-27)。肌纤维无横纹,无肌原纤维。不同器官的平滑肌纤维长短不一,如血管壁的平滑肌比较短,长约 20 μm ;妊娠子宫的平滑肌纤维较长,可达 500 μm 。平滑肌纤维可单独存在,但绝大部分是成束或成层分布的。

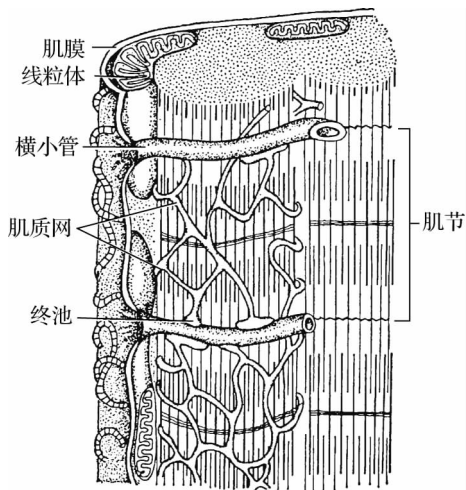


图 1-26 心肌纤维超微结构模式图

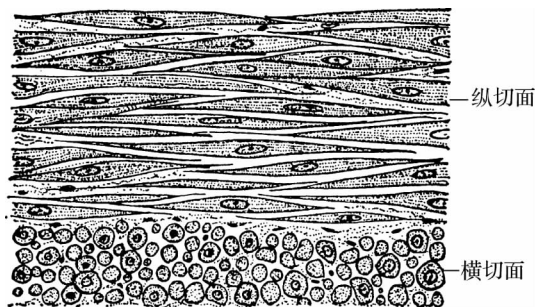


图 1-27 平滑肌的微细结构

1.4 神经组织

神经组织由神经细胞(nerve cell)和神经胶质细胞(neuroglial cell)构成。神经细胞是神经组织的主要成分,在结构和功能上是一个独立的单位,所以也称神经元(neuron)。神经元可以接受刺激,传导冲动。此外,一些神经元具有内分泌功能,如下丘脑(hypothalamus)等处的神经元可分泌加压素和催产素等。神经胶质细胞不传导神经冲动,在神经组织内起支持、保护、营养和绝缘等作用。

1.4.1 神经元

1. 神经元的形态结构

神经元由胞体和突起两部分组成(见图 1-28)。

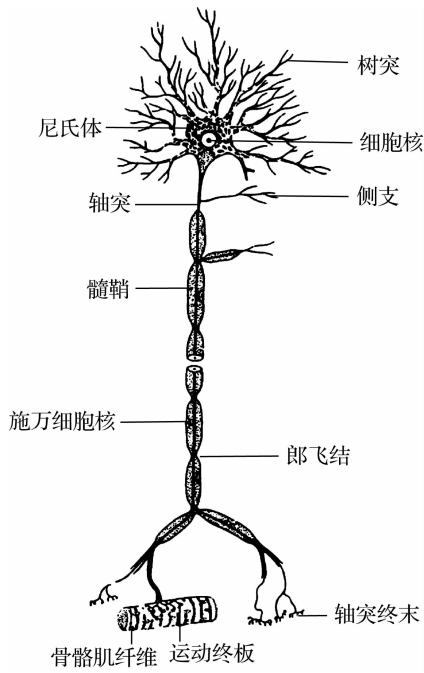


图 1-28 神经元的形态结构

(1)胞体。神经元的胞体是神经元的代谢和营养中心。其形态不一,有圆形、梭形、星形和锥体形。小的神经元的直径仅为 5~6 μm ,大的神经元的直径可达 100 μm 以上。神经元的胞体可分为细胞膜、细胞质和细胞核 3 部分。

①细胞膜。神经元的细胞膜是镶嵌有蛋白质的脂质双层膜性结构,其内有丰富的离子通道、载体和受体蛋白,它们在感受刺激、处理信息和兴奋传递中起重要作用。

②细胞质。神经元的细胞质内有各种细胞器,如线粒体、高尔基复合体、溶酶体,还有丰富的嗜染质和神经原纤维(neurofibril)。

• 嗜染质。嗜染质又称尼氏体(Nissl's body)。光镜下,嗜染质是分布于细胞体及树突内的嗜碱性物质,呈团块状或颗粒状。电镜下,嗜染质由粗面内质网、游离核糖体和多聚核糖体构成,其功能主要为合成更新细胞器所需的结构蛋白质、肽类递质、神经递质(neurotransmitter)及合成这些物质所需的酶类。神经递质是神经元向其他神经元或效应器(effector)传递化学信息的载体。

• 神经原纤维。光镜下的镀银切片中可见胞质内有很多棕黑色细丝状结构互相交织成网,并伸入轴突(axon)或树突(dendrite)的神经原纤维,与突起的长轴平行排列,并贯穿突起全长。电镜下,神经原纤维由集合成束的神经丝(neurofilament)和微管(microtubule)构成。神经原纤维构成神经元的细胞骨架,并参与细胞内的物质运输。

③细胞核。神经元的细胞核位于胞体中央,染色浅,核仁大而明显。

(2)突起。根据功能和形态的不同,突起可分树突和轴突2种。

①树突。树突形态短粗,是由细胞体发出的分支,形如树状。每个神经元有一个或多个树突,分支的表面还有短小突起,称为树突棘(dendritic spine),这些结构扩大了神经元接受刺激的面积。树突的功能是接受刺激,产生兴奋并把兴奋传向神经元的胞体。

②轴突。每个神经元只有一个轴突,由胞体发出,短者仅数微米,长者可达1 m多。轴突内的细胞质称为轴浆(axoplasm),轴突内有神经原纤维而无嗜染质。神经元胞体发出轴突的部分呈圆锥形,称为轴丘(axon hillock),其内无嗜染质,故在光镜下为呈圆锥形的透明区。轴突的末端分支较多,可与其他神经元的胞体或树突接触,也可伸入器官、组织内,形成效应器。轴突功能是传导神经冲动,将胞体传出的冲动传给另一个神经元。

2. 神经元的分类

(1)按突起的数量分类。根据突起的数量,神经元可分为以下3类(见图1-29):

①双极神经元(bipolar neuron)。双极神经元有一个轴突和一个树突,主要分布在视网膜(retina)、嗅黏膜等处。

②假单极神经元(pseudounipolar neuron)。假单极神经元的胞体发出一个突起,在离开胞体不远处即分为两支:一支伸入脊髓(spinal cord)或脑(brain),称为中枢突;另一支伸向其他组织或器官,称为周围突,具有接受刺激的作用。

③多极神经元(multipolar neuron)。多极神经元有一个轴突,多个树突,主要分布在中枢神经系统,如脊髓前角运动细胞等处。

(2)按功能分类。根据功能不同,神经元可分为以下3类:

①感觉神经元(sensory neuron)。感觉神经元又称传入神经元(afferent neuron),多为假单极神经元,是将体内、外环境的各种信息自周围传向中枢的神经元,如脊神经节(spinal ganglion)的假单极神经元和视网膜的双极神经元(见图1-30)。

②运动神经元(motor neuron)。运动神经元又称传出神经元(efferent neuron),一般为多极神经元,是将冲动自中枢传至周围的神经元。其功能是支配肌的收缩或腺体的分泌,如

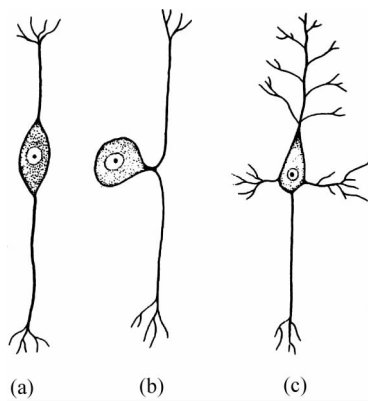


图 1-29 各种形态的神经元

(a)双极神经元 (b)假单极神经元
(c)多极神经元

脊髓前角运动神经元等。

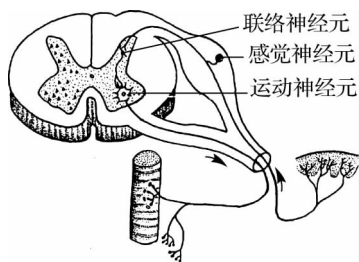


图 1-30 各种功能的神经元

③联络神经元(association neuron)。联络神经元又称中间神经元(interneuron),主要为多极神经元,位于感觉神经元和运动神经元之间,起信息加工和传递作用。此类神经元数量较多,约占神经元总数的99%。动物越进化,联络神经元就越多。在人的中枢神经系统内,联络神经元构成了复杂的神经元网络,是学习、记忆和思维活动的基础。

(3)按神经递质和神经调质的化学性质分类。

①胆碱能神经元。胆碱能神经元位于中枢神经系统和部分内脏神经(visceral nerve)中,释放乙酰胆碱。

②去甲肾上腺素能神经元。去甲肾上腺素能神经元释放去甲肾上腺素(nor-adrenaline)。

③胺能神经元。胺能神经元释放多巴胺、5-羟色胺等,广泛存在于中枢神经系统和周围神经系统中。

④氨基酸能神经元。氨基酸能神经元释放 γ -氨基丁酸、甘氨酸、谷氨酸等,主要分布在中枢神经系统中。

⑤肽能神经元。肽能神经元释放脑啡肽、P物质、神经降压素等,这些物质常统称为神经肽。神经肽广泛存在于中枢神经系统和周围神经系统中。

知识链接

神经干细胞

神经组织和其他组织一样,存在一些具有增殖和分化潜能的细胞,称为神经干细胞(neural stem cell)。有研究表明,成人的神经干细胞主要分布在大脑(cerebrum)的海马和脑与脊髓的室管膜下区(室管膜周围区域),其形态与星形胶质细胞(astrocyte)相似,因此不易分辨,但它们表达一种特殊的中间丝蛋白——巢蛋白(entactin)。因此,巢蛋白成为检测神经干细胞的标志物。神经干细胞在特定的环境中可以增殖分化为神经元、星形胶质细胞和少突胶质细胞(oligodendrocyte),它们可作为神经组织的一种后备细胞,替换正常凋亡的细胞,并在一定程度上参与神经组织损伤后的修复。神经干细胞的发现为研究神经系统损伤后的修复机制,以及治疗神经系统退行性疾病和创伤性疾病开辟了一条新的途径。

3. 突触

突触(synapse)是神经元之间或神经元与非神经元之间的一种细胞连接,其分类方法很多。

(1)按神经冲动的传导方向分类。根据神经冲动传导方向的不同,突触可分为轴-树突触(axo-dendritic synapse)、轴-体突触(axo-somatic synapse)和轴-轴突触(axo-axonic synapse)。

(2)按神经冲动的传导方式分类。根据神经冲动传导方式的不同,突触可分为电突触和化学突触。



视频-神经冲动的
传导过程-r0xpxg

①电突触。电突触是指神经元和神经元之间的缝隙连接,它可使一个神经元的电位变化通过缝隙连接直接影响另一个神经元的电位变化。

②化学突触。化学突触是指一个神经元通过释放神经递质影响下一个神经元电位变化的结构。化学突触由3部分构成(见图1-31)。

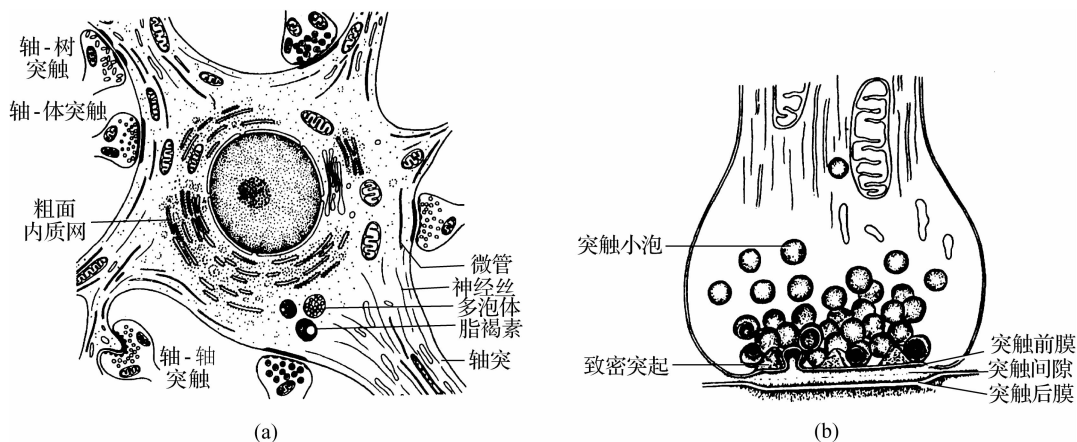


图 1-31 突触的分类及超微结构

(a)突触的分类 (b)突触的超微结构

- 突触前膜(presynaptic membrane)。突触前膜一般为轴突末端特化的细胞膜,能释放神经递质。突触前膜内侧的细胞质内有突触小泡(synaptic vesicle)、线粒体和微丝。突触小泡内含有神经递质和神经调质:含乙酰胆碱的突触小泡多为圆形清亮小泡,含单胺类神经递质的突触小泡为小颗粒型小泡,含氨基酸类神经递质的突触小泡多为扁平清亮小泡。

- 突触后膜(postsynaptic membrane)。突触后膜为后一个神经元与突触前膜相接触的细胞膜增厚部分。突触后膜上存在能与神经递质结合的特异性受体及离子通道,受体是镶嵌在细胞膜类脂双分子层之间的蛋白质。

- 突触间隙(synaptic cleft)。突触间隙为突触前、后膜之间的间隙,宽15~30 nm。

当神经冲动传导到突触前膜时,突触前膜上的钙离子通道开放,钙离子由细胞外进入突触前膜内,在ATP的参与下,突触小泡向突触前膜移动并与之融合,通过出胞作用将神经递质释放到突触间隙,神经递质与突触后膜上的受体结合,导致突触后膜上的离子通道开放,引起钠离子或氯离子内流,使突触后神经元产生兴奋或抑制效应。

1.4.2 神经胶质细胞

神经胶质细胞又称神经胶质,数量较多,为神经元的10~50倍。它们分布在神经元之间,构成网状支架。神经元位于网眼中,彼此隔离,只在突触处相互接触。

1. 中枢神经系统的胶质细胞

中枢神经系统的胶质细胞有各种类型,形态各异(见图1-32)。

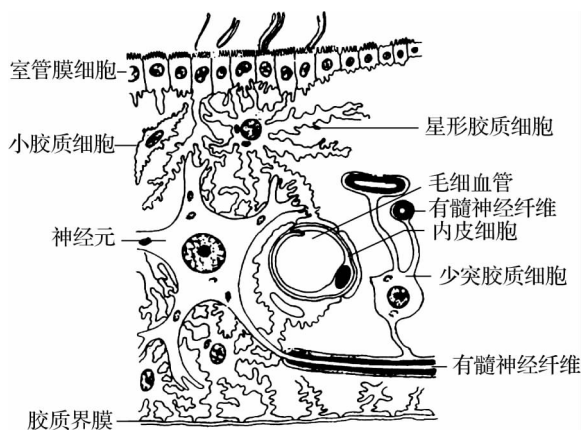


图 1-32 中枢神经系统的胶质细胞

(1)星形胶质细胞。在 HE 染色标本上,星形胶质细胞的胞体呈星形;胞核呈圆形或卵圆形,体积较大,染色质疏松,染色较浅。根据突起的形状,星形胶质细胞可分为以下两种:

①纤维性星形胶质细胞(fibrous astrocyte)。纤维性星形胶质细胞的突起较长,分支较少,表面平滑,胞质内有许多神经原纤维,主要分布于中枢神经系统的白质(white matter)内。

②原浆性星形胶质细胞(protoplasmic astrocyte)。原浆性星形胶质细胞的突起短而弯曲,分支很多,表面粗糙,主要分布于中枢神经系统的灰质(gray matter)内。

星形胶质细胞的胞突分支交织成网,对神经元起支持和绝缘作用。另外,它的突起一边与神经元密切接触,另一边形成血管接触,可以作为血液和神经元进行物质交换的媒介。星形胶质细胞能分泌神经生长因子和多种生长因子,对神经元的分化以及创伤后神经组织的修复和瘢痕形成具有重要意义。

(2)少突胶质细胞。在 HE 染色标本上,少突胶质细胞的胞核呈圆形,体积较小,染色质较密,故染色较深。少突胶质细胞分布在中枢神经系统的白质纤维之间和灰质神经元胞体的周围,具有形成髓鞘的作用。

(3)小胶质细胞(microglia)。在 HE 染色标本上,小胶质细胞的胞核呈三角形、肾形或椭圆形,体积最小,染色质较密,着色较深。在镀银标本上,可见小胶质细胞的体积很小,突起细长,有分支,表面有小棘。小胶质细胞多分布于大脑、小脑(cerebellum)和脊髓的灰质内,具有吞噬功能。

(4)室管膜细胞(ependymal cell)。室管膜细胞属于胶质细胞,贴附在各脑室的腔面和脊髓中央管内面,其功能是帮助神经组织与脑室腔内的脑脊液之间完成物质交换。

2. 周围神经系统的胶质细胞

(1)施万细胞(Schwann cell)。施万细胞又称神经膜细胞,包绕神经元的突起,参与周围神经成分的组成,具有形成髓鞘的作用,在神经纤维再生过程中也起重要作用。

(2)卫星细胞。卫星细胞为神经节(ganglion)内包裹神经元的一层扁平或立方形细胞,故又称被囊细胞。卫星细胞的胞核呈圆形或椭圆形,染色质较浓密。

1.4.3 神经纤维和神经

1. 神经纤维

神经纤维是指神经元发出的细长突起,一般由运动神经元的轴突或感觉神经元的长树突(统称轴索)及其外围的神经膜细胞组成。神经纤维可分为有髓神经纤维(myelinated nerve fiber)和无髓神经纤维(unmyelinated nerve fiber)两大类。

(1)有髓神经纤维。大部分脑神经(cranial nerve)和脊神经属于有髓神经纤维。光镜下,轴索外面有施万细胞包绕并形成节段性的髓鞘。每一节段相当于一个神经膜细胞,相邻两节段之间无髓鞘的狭窄处称为神经纤维结,又称郎飞结(Ranvier node)。相邻两个郎飞结之间的一段称为结间体(internode)。因郎飞结处无髓鞘,轴索呈裸露状态,故神经冲动在有髓神经纤维中以跳跃的方式传导,即从一个郎飞结跳到下一个郎飞结,故传导速度快。结间体越长,神经冲动的传导速度也就越快。

(2)无髓神经纤维。自主神经的节后纤维、嗅神经纤维和部分感觉神经纤维属于无髓神经纤维。这种神经纤维较细,轴索外面的神经鞘较薄,不形成髓鞘结构。因无髓神经纤维无髓鞘和郎飞结,神经冲动沿细胞膜连续传导,故其传导速度比有髓神经纤维慢得多。

2. 神经

周围神经系统中功能相关的神经纤维被结缔组织集合在一起,称为神经,又称神经干。包裹在神经表面的结缔组织称为神经外膜。一条神经通常含若干条神经纤维束,包裹每束神经纤维的结缔组织称为神经束膜。神经纤维束内的每条神经纤维又由薄层疏松结缔组织包裹,称为神经内膜。

1.4.4 神经末梢

神经末梢是神经纤维的末端在各组织器官内形成的特殊结构。根据功能的不同,神经末梢可分为感觉神经末梢(sensory nerve ending)和运动神经末梢(motor nerve ending)两类。

1. 感觉神经末梢

感觉神经末梢又称感受器(receptor),由感觉神经元周围突的末梢形成,能感受内、外环境的刺激,并能将刺激转化为神经冲动,再经感觉神经纤维传入中枢。主要的感觉神经末梢有两种(见图 1-33)。

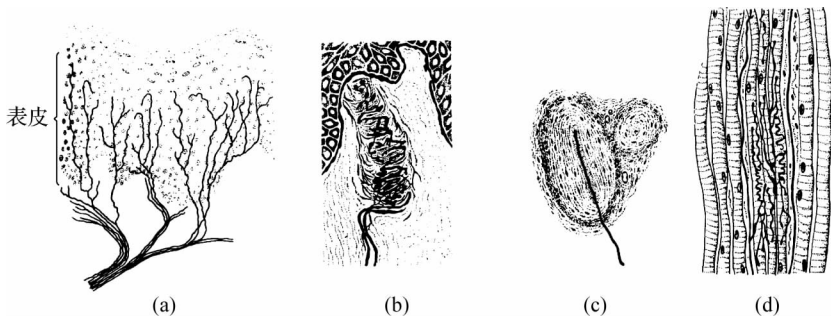


图 1-33 感觉神经末梢示意图

(a)游离神经末梢 (b)触觉小体 (c)环层小体 (d)肌梭

(1)游离神经末梢(free nerve ending)。神经纤维的末端失去神经鞘,暴露的轴索分支分布于上皮细胞之间,称为游离神经末梢。游离神经末梢分布于表皮、角膜(cornea)、黏膜上皮、骨膜、肌肉及结缔组织内,具有感受痛觉的作用。

(2)被囊神经末梢(encapsulated nerve ending)。被囊神经末梢的结构特点是其外面具有结缔组织被囊。神经纤维到达被囊时,失去神经鞘而暴露的轴索伸入结缔组织被囊内。常见的被囊神经末梢有以下3种:

①触觉小体(tactile corpuscle)。触觉小体又称迈斯纳小体(Meissner's corpuscle),多呈卵圆形,外包结缔组织被囊,内含少数横列的扁平细胞,暴露的轴索分支在细胞之间穿行盘绕。触觉小体主要分布于真皮乳头(dermal papilla)内,以手指掌侧皮肤内最多,具有感受触觉的功能。

②环层小体(lamellar corpuscle)。环层小体又称帕奇尼小体(Pacinian corpuscle),为卵圆形的白色小体,大小不一,大的肉眼可见。其被囊由许多同心圆排列的板层结构组成,中央为一条裸露的轴索,称为终球(end bulb)。环层小体分布于皮肤深层、胸膜、腹膜、肠系膜(mesentery)和某些内脏周围的结缔组织中,可以感受压觉刺激。

③肌梭(muscle spindle)。肌梭外有结缔组织被囊,内有几条细小的肌纤维,细胞核集中在肌纤维的中段;裸露的神经纤维分支伸入被囊后包绕肌纤维。肌梭分布于全身骨骼肌中,其功能是感受肌肉的牵张刺激,为本体感受器之一。

2. 运动神经末梢

运动神经末梢又称效应器,由运动神经元的轴突末端形成,分布在骨骼肌、平滑肌和腺体等处。按分布的部位和来源不同,运动神经末梢可分为躯体运动神经末梢(somatic motor nerve ending)和内脏运动神经末梢(visceral motor nerve ending)。

(1)躯体运动神经末梢。躯体运动神经末梢为分布于骨骼肌的运动神经末梢。运动神经元的细胞体位于脊髓灰质前角或脑干(brain stem)的躯体运动核,它们的轴突随脑神经或脊神经行走,到达所支配的骨骼肌时失去神经鞘,分支呈爪状;爪状分支的末端膨大呈鼓槌形,贴附在骨骼肌细胞的表面,形成运动终板(motor end plate)或神经肌肉接头(neuromuscular junction,见图1-34)。一个运动神经元支配的骨骼肌纤维数目少者1~2条,多者可达上千条。一条骨骼肌纤维通常只接受一个轴突分支的支配。一个运动神经元及其支配的全部骨骼肌纤维合称一个运动单位。运动单位越小(如在手指和面部者),产生的运动越精细。

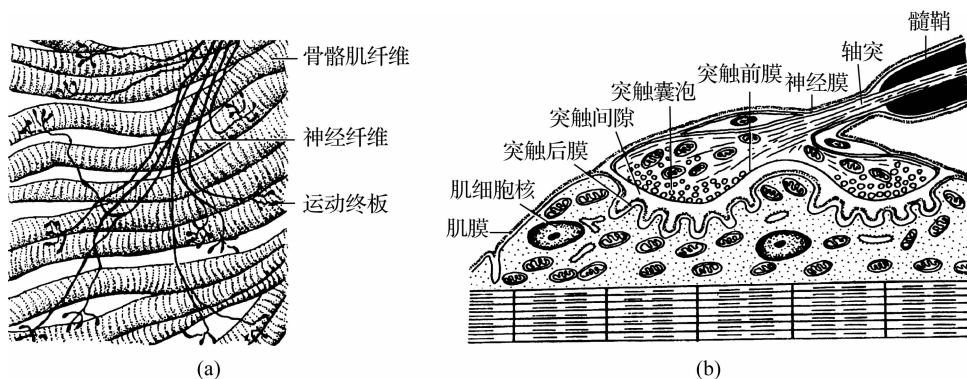


图 1-34 运动终板模式图

(a)运动终板光镜图 (b)运动终板超微结构模式图

(2)内脏运动神经末梢。内脏运动神经末梢是指分布于心肌、各种内脏及血管的平滑肌和腺体等处。内脏运动神经末梢从中枢到周围一般由两个神经元组成:第一个神经元称为节前神经元(preganglionic neuron),胞体位于脊髓灰质侧角或脑干内,其轴突称为节前纤维;第二个神经元称为节后神经元(postganglionic neuron),胞体位于自主神经节或神经丛内,轴突组成节后纤维。节后神经元离开自主神经节或神经丛,其终末支分布到内脏及血管的平滑肌、心肌和腺细胞,成为内脏运动神经末梢。

素养之窗

张保真(1915—1999),安徽砀山人,我国著名组织胚胎学家、教授,西安交通大学医学部组织胚胎学奠基人。张保真于1935年考入同济大学医学院,1942年8月任陕西省立医专副教授,1947年任西北大学医学院解剖学教研室主任,1950年8月升为教授,1954年任西安医学院组织学与胚胎学教研室主任。

抗日战争期间,学校教学没有课本,张保真就在课前精心准备,上课不带讲稿,结合挂图和黑板绘图讲解,让学生记录下来,就成了一本完整的教材。中华人民共和国成立后,他亲自编写了人类组织学、人类胚胎学教材,译述人体各部的静止及运动。在因病疗养期间,张保真仍然在病床上口授给学生代表,让学生代表转授给全体学生,为我国的组织胚胎学研究领域培养了大量优秀人才。张保真围绕肝脏再生等问题积累了500余万字的科研资料,参与翻译了国外多本大型教科书,参加编著《组织学》等参考书。

张保真鞠躬尽瘁,把一生都无私地奉献给了祖国的组织胚胎学事业,实践了他“有生之年,为国家,为人民多做工作”的誓言。

思考题

- (1)被覆上皮分哪几类? 主要分布于哪些器官?
- (2)简述各类血细胞的正常值及功能。
- (3)试述疏松结缔组织中各种细胞和纤维的形态特点及功能。
- (4)骨骼肌纤维与心肌纤维的超微结构有何区别?
- (5)简述神经元的组成结构及分类。
- (6)一名科技工作者个人的成就与国家有何关联? 谈一谈你对此的认识。