



实验

技术

洛阳正骨

临床丛书

此套丛书着眼于发掘、整理河南洛阳正骨医院建院50多年来在平乐正骨基础上形成的特色疗法，并吸取现代最新科学研究成果编写而成。本书中西兼容，推陈出新，突出实用，指导临床。

主编
冯坤



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

· 洛阳正骨临床丛书

实验技术

主 编 冯 坤

副主编 郭建刚 王健智

编 者 (以姓氏笔画为序)

王 健 河南省信阳职业技术学院

王健智 河南省洛阳正骨医院

冯 坤 河南省洛阳正骨医院

朱坚民 河南科技大学

刘月桂 河南省洛阳正骨医院

沈 霖 华中科技大学同济医学院

张瑞萍 河南省洛阳市第一人民医院

陈宝龙 河南省洛阳正骨医院

林燕萍 福建中医学院

胡志刚 河南科技大学

郭建刚 河南省洛阳正骨医院

谢 文 河南省洛阳正骨医院

谢 艳 河南省洛阳正骨医院

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

实验技术 / 冯坤主编. — 北京: 人民卫生出版社,
2008. 6

(洛阳正骨临床丛书)

ISBN 978-7-117-10226-1

I. 实… II. 冯… III. 正骨疗法—实验 IV. R274.2-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 067322 号

洛阳正骨临床丛书

实验技术

主 编: 冯 坤

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-67616688)

地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

邮 编: 100078

网 址: <http://www.pmph.com>

E-mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

印 刷: 北京汇林印务有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 705 × 1000 1/16 印张: 35.25

字 数: 654 千字

版 次: 2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-10226-1/R · 10227

定 价: 59.00 元

版权所有, 侵权必究, 打击盗版举报电话: 010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

《洛阳正骨临床丛书》

编辑委员会

主任委员 杜天信 李无阴

副主任委员 高书图 张传礼

委员 (以姓氏汉语拼音为序)

程春生 冯 峰 冯 坤 李东升 刘又文

万富安 王战朝 王智勇 闻亚非 许建波

姚太顺 张淑卿 张智敏 张作君 周英杰

秘书长 王智勇

副秘书长 张进川 秦克枫 冯素萍

前言

洛阳是中国历史文化名城。在这块古老的土地上,孕育了民族特色浓厚的平乐正骨医术。平乐郭氏正骨是中国传统医学伟大宝库中一颗璀璨的明珠,是中医骨伤科学中的一个重要学术流派,始于清代嘉庆初年,距今已有200多年的历史,历代相传;以正骨八法、三期辨证用药、郭氏理筋手法享誉海内外。

河南省洛阳正骨医院、河南省正骨研究院是在平乐正骨基础上发展起来的一所集骨伤医疗、教学、科研、生产、出版为一体的中医机构。随着现代科学技术水平的提高,在继承传统的平乐正骨医术的基础上,注重吸收百家之长,坚持走以中医为主、中西医结合发展的道路,通过传承、创新和发展,形成了更加具有中医药特色优势的洛阳正骨。洛阳正骨在骨伤疾病的诊疗方面,不但保持了平乐正骨的传统特色,而且不断创新研究,兼收并蓄,加强与国内外骨伤学界的学术交流,引进高新技术,形成了独具特色的学术体系,成为理论体系完善、学术内涵丰富、诊疗经验独特、治疗效果显著的中医骨伤科重要学术流派。

洛阳正骨在向前飞速发展的过程中,积累了大量宝贵的临床资料和诊疗经验,形成了一整套完备、有效、实用的特色技术。在此形势下,我们发挥洛阳正骨的整体优势,组织了一大批活跃在临床一线的中青年业务骨干,编写了这套《洛阳正骨临床丛书》。

《洛阳正骨临床丛书》共有12个分册,包括《肩部损伤》、《肘部损伤》、《手部损伤》、《髋部损伤》、《膝部损伤》、《足部损伤》、《脊柱损伤》、《中医骨病》、《实验技术》、《正骨规范》、《护理规范》、《名医医案》。本丛书旨在深入系统地发掘、整理在平乐正骨基础上形成的特色诊疗技术,同时反映国内外骨伤科领域的新理论、新技术、新方法。

为保证丛书内容的全面完整和各分册内容的相对独立,丛书各分册内容按

人体部位划分,且邻近部位的内容有少量交叉。《肩部损伤》包括肩关节至肱骨中段的损伤,《肘部损伤》包括肱骨中段至尺桡骨中段的损伤,《手部损伤》包括手部至尺桡骨中段的损伤,《髋部损伤》包括髋关节至股骨中段的损伤,《膝部损伤》包括股骨中段至胫腓骨中段的损伤,《足部损伤》包括足部至胫腓骨中段的损伤。

《洛阳正骨临床丛书》的出版,得到了人民卫生出版社和河南省洛阳正骨医院领导和员工的大力支持,为此,我们表示衷心的感谢!

由于编著者水平所限,时间仓促,因此,书中难免有不足之处,诚恳欢迎广大读者批评指正。

编著者

2008 年于河南省洛阳正骨医院

目 录

第一章 骨学概论

第一节 骨的形态	2
第二节 骨的构成	3
第三节 骨的组织结构及骨的构造	9

第二章 骨科实验研究动物模型

第一节 实验动物分类	15
第二节 骨质疏松动物模型	17
第三节 骨折动物模型	31
第四节 骨坏死动物模型	41
第五节 骨关节炎动物模型	55
第六节 颈椎疾病动物模型	67
第七节 腰椎疾病动物模型	74
第八节 脊髓损伤动物模型	80
第九节 中医虚证动物模型	104

第三章 骨基质成分分析技术

第一节 胶原的结构与功能	110
第二节 胶原的代谢产物	120
第三节 胶原的分析	123
第四节 蛋白多糖的结构与功能	139
第五节 骨蛋白多糖的分析	150
第六节 透明质酸的分析	159

第四章 骨中酶与蛋白分析

第一节	磷酸酶	162
第二节	碱性磷酸酶分析技术	164
第三节	酸性磷酸酶分析技术	182
第四节	与基质降解有关的酶	189
第五节	骨相关蛋白和肽的分析	194
第六节	肌酐测定	199

第五章 骨无机物分析技术

第一节	骨无机盐的化学特性	210
第二节	钙的分析	221
第三节	无机磷的分析	230
第四节	骨中微量元素的测定	238

第六章 骨和软骨组织形态学实验技术

第一节	概述	259
第二节	骨与软骨固定技术	260
第三节	骨组织的脱钙技术	265
第四节	脱水、透明与浸渍	276
第五节	切片	281
第六节	不脱钙标本切片方法	284
第七节	染色技术	289
第八节	骨与软骨常用特染技术	307
第九节	骨组织的形态计量	320

第七章 骨和软骨组织化学实验技术

第一节	组织化学的基本知识	331
第二节	组织固定方法及选择	333
第三节	脱钙方法及选择	335
第四节	标本切片方法及选择	336
第五节	骨组织组织化学的显示原理及方法	338

第八章 骨和软骨免疫组织化学实验技术

第一节	免疫组化技术的基本知识	350
第二节	免疫组化的重要环节	351
第三节	常用酶标免疫组织化学染色的操作步骤	358
第四节	染色结果的判定及常见问题的处理	360

第九章 骨科生物力学实验技术

第一节	骨科实验力学基础	364
第二节	力学测试方法分类	367
第三节	骨实验力学基础实验技术	370
第四节	电阻应变测量技术	379
第五节	骨折愈合的应力分析与测量技术	384
第六节	光弹测量实验	412
第七节	骨有限元分析技术	434
第八节	现代骨科生物力学研究方法	475
第九节	力学测试中应注意的问题	491

第十章 骨组织体外培养技术

第一节	组织培养基础	494
第二节	骨及软骨组织培养	510
第三节	软骨细胞的培养	513
第四节	成骨细胞的培养	519
第五节	破骨细胞的培养	526

参考文献	535
------------	-----

第一章 骨学概论

骨是人体的支架,通过骨与骨之间的骨连接结构形成骨骼。骨骼与附着于它上面的骨骼肌,赋予人体的基本外形,构成体腔(颅腔、胸腔、腹腔、盆腔)的壁,保护着人体重要的脏器,如脑、心、肺、脾、肝等。骨骼与骨骼肌一起也构成机体的运动系统,在神经的支配下,执行机体的运动功能。

通常所说的骨指的是作为器官存在的骨,它包括构成骨的骨组织及骨膜、骨内的血管、神经、淋巴、骨髓和软骨。骨组织是最坚硬的组织,是构成骨的主体。

人体共有 206 块骨,约占总体重 $1/5$,分布于人体的躯干、四肢和颅骨(图 1-1),骨的外形有很大差别,各个骨的外形及构成在人的一生中都发

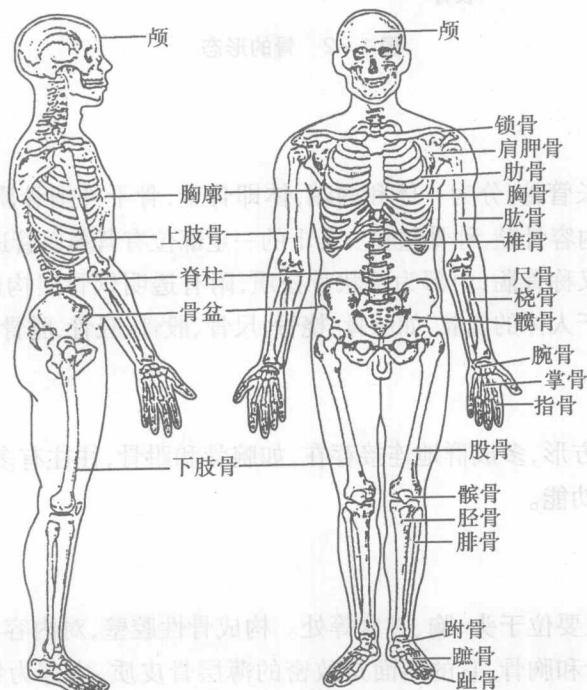


图 1-1 人体骨骼

生着改变,以适应人体生长发育的需要。

第一节 骨的形态

骨的形态与功能之间关系密切,由于功能的不同,骨的形态也不同,基本可分为4类:长骨、短骨、扁骨和不规则骨(图1-2)。

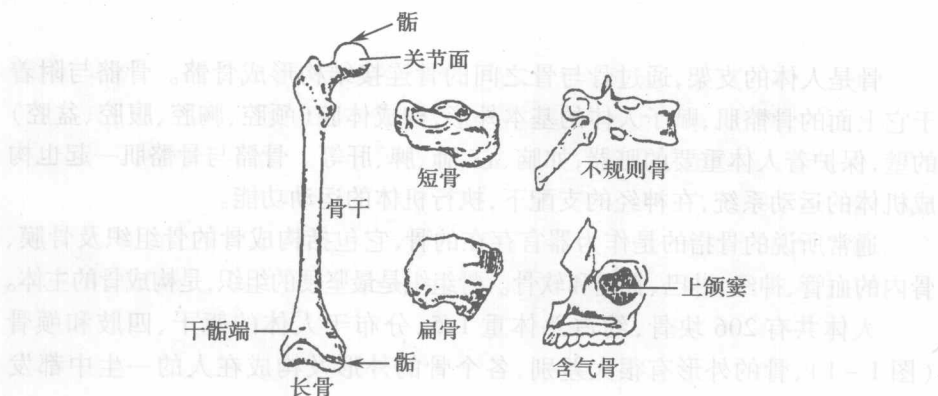


图1-2 骨的形态

一、长骨

长骨又称长管骨,分为一体和两端,体即骨干,骨干外围骨质致密,称骨皮质,内部有腔,内容骨髓,称骨髓腔。骨干的一定部位有营养血管进入的小孔,即滋养孔。骨端又称骨骺,内部为网状骨松质,附有透明软骨层构成光滑的关节面。长骨分布于人体的四肢,如肱骨、桡骨、尺骨、股骨、胫骨、腓骨等均属长骨。

二、短骨

一般呈立方形,多成群地连接存在,如腕骨和跗骨,往往有多个关节面,执行较为复杂的功能。

三、扁骨

呈板状,主要位于头、胸、骨盆等处。构成骨性腔壁,对内容器官及组织提供保护,如颅骨和胸骨,它的两面是致密的薄层骨皮质,内部为针状或片状骨小梁所形成的蜂窝状骨松质,网眼中有红骨髓。

四、不规则骨

形状不规则,如椎骨,表面是薄层骨密质,内为骨松质,骨松质网眼中含红骨髓,有些不规则骨内有含气的腔,如上颌骨、筛骨、蝶骨,这些又称为含气骨。

第二节 骨的构成

每块骨都由骨组织(骨质)、骨膜、骨髓、关节软骨、血管和神经按一定的方式组合而成(图1-3)。

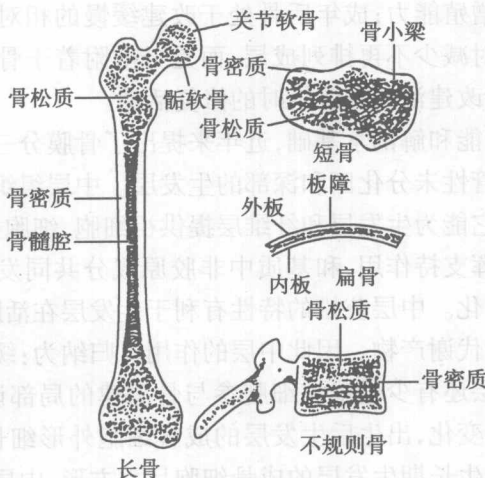


图1-3 骨的构成

一、骨组织

骨组织是构成骨的主要成分,含有大量的钙磷无机盐,因此质地坚硬。骨组织在骨内以两种状态出现,即骨密质和骨松质。骨密质质地坚硬致密,存在于长骨干及其他类型骨的表面。骨松质呈海绵状,由许多片状、针状骨小梁相互连接构成网状,存在于长骨骨髓内部及其他类型骨的内部。无论何种状态的骨组织均由细胞和它的间质成分构成,间质由基质和纤维构成。

二、骨膜

骨膜为致密结缔组织,附着在除关节面、股骨颈、距骨的关节囊下区和某

些籽骨的表面以外的其他骨表面。根据所在的部位不同又分为外骨膜和内骨膜。外骨膜附着在骨的外表面,内骨膜附着在除骨外膜附着处的所有骨表面。包括骨髓腔表面、骨小梁表面及长骨皮质内的哈氏管表面。

骨膜的组织结构传统上分为两层:浅表的纤维层(fibrous layer)和深部的生发层(cambium layer),并无截然分界。纤维层较厚,细胞成分少,主要为粗大的胶原纤维束并且彼此交织成网,有些纤维穿入其下骨质,称为 sharpey 纤维或穿通纤维(perforating fiber),起固定骨膜和韧带的作用。生发层紧贴骨表面,其纤维成分少,排列疏松,血管和细胞丰富,有成骨能力,故又称成骨层(osteogenic layer),其细胞成分有骨祖细胞、成骨细胞、破骨细胞和血管内皮细胞。生发层的组织成分随年龄和功能活动而变化,在胚胎期和出生后的成长期内,生发层由数层细胞组成,其外层为成纤维细胞样的骨祖细胞,内层为成骨细胞,两者皆有增殖能力;成年后骨处于改建缓慢的相对静止阶段,生发层变薄,骨祖细胞相对减少不再排列成层,而是分散附着于骨的表面,继续参与终身缓慢进行的骨改建活动及骨折时的修复活动。

根据骨膜的功能和解剖学基础,近年来提出了骨膜分三层的观点:浅表的纤维层、中间的血管性未分化区和深部的生发层。中层组织疏松,主要细胞成分是未分化细胞,它能为生发层和纤维层提供祖细胞,细胞外基质中胶原纤维排列有序,适于发挥支持作用,和基质中非胶原成分共同发挥弹性作用,可缓冲生发层的应力变化。中层疏松的特性有利于生发层在活跃的生长期中有效地转运营养物质和代谢产物。因此中层的作用可归纳为:缓冲应力、营养传递及提供祖细胞,该层还有少量单核细胞参与骨重建的局部调节。骨膜的三层结构有明显的年龄变化,出生后生发层的成骨细胞外形细长,中层较厚,分化差,血管极少;快速生长期生发层的成骨细胞呈立方形,中层的血管、未分化细胞和单核细胞发育达高峰,血管清晰可见;成年后生发层成骨细胞呈扁平的静息态,中层结构开始退化,逐渐消失。

根据骨膜内细胞、纤维和基质的比例,Squier 等提出了另一种三层分法:第1层由紧临骨表面的成骨细胞和其浅面的成纤维细胞样骨祖细胞组成的成骨细胞上层(supra-osteoblast layer)构成;第2层为相对透明区,毛细血管丰富,骨膜的大多数血管成分位于该层;第3层由胶原纤维和大量成纤维细胞构成,相当于传统的纤维层。

在光学显微镜下,骨膜的纤维层和生发层无明确分界,但在超微结构水平两层间有清晰的界线。未成年动物骨膜的纤维层由粗大的胶原纤维束和成纤维细胞组成,胶原纤维束内有大量细小的弹性纤维束穿过,后者常平行排列。生发层的骨祖细胞有丰富的吞饮小体,但缺乏内质网、丝状伪足和细胞连接复合体。骨祖细胞被胶原纤维、弹性纤维和独特的黏多糖基质包围,胶原纤维交

织成网,弹性纤维较纤维层少,黏多糖基质电子密度高,易与纤维层区别。骨祖细胞下是处于不同阶段的成骨细胞,成骨细胞体积大、呈椭圆形,胞质丰富,粗面内质网、高尔基复合体和线粒体发达,核大呈椭圆形、颗粒状。成骨细胞外胶原纤维丰富,弹性纤维少见,紧邻骨表面的成骨细胞由一层类骨质与骨表面分开,功能活跃的成骨细胞,在朝向骨表面一侧有大量丝状伪足,并与邻近骨细胞相连接。

成年后随着年龄的增加,纤维层中弹性纤维的电子密度增高,胶原纤维变粗,单位面积内细胞数逐渐减少。剩余细胞显示明显的超微结构变化,功能活跃的成纤维细胞转变为纤细的纤维细胞,生发层细胞减少,细胞体积变小,细胞器和吞饮小体消失,骨表面的成骨细胞扁平,形态类似成纤维细胞。随着细胞变性加重,胞质中出现逐渐增多的脂褐质。但即使很老的动物,骨膜中仍保存少数具有活力的细胞,这些细胞可被重新激活而增殖。

骨膜的血液供应丰富,在纤维层里动脉和伴行静脉在骨周围形成密网状血管层,此血管网由短支、环行支和纵支构成。短支无主要行走方向,环支环绕管状骨,纵行支与骨长轴平行。生发层血管网细而稀疏,沿长轴走行,两层的血管网之间由吻合支相连。外骨膜血液供应有4组:①骨膜固有血管,分布于骨膜纤维层;②肌-骨膜血管,在肌肉起点处肌血管和骨膜血管吻合;③筋膜骨膜血管,为四肢血管的分支,经肌间隔分布于骨膜;④皮质毛细血管吻合支,大量的骨膜小血管经福克曼管分布于皮质的外 $1/4 \sim 1/3$,而且与骨哈佛管骨的毛细血管相沟通、横连成网,向内与骨髓血管连通。健康成人骨皮质血流是离心的,高压滋养动脉的血流经皮质供应骨膜深层,在肌肉附着处皮质毛细血管借骨膜与肌肉血管的吻合支引流至肌束间小静脉。骨膜血管主要为骨膜提供营养,但新近的研究表明,骨膜被刺激成骨过程中,骨膜毛细血管壁上的周细胞(pericyte)能增殖分化为成骨细胞,成为骨膜成骨过程中成骨细胞的补充来源,也参与成骨活动。

骨膜有丰富的神经支配,但其神经纤维和神经递质的性质尚无详细资料。一般认为骨膜内神经纤维主要为无髓神经纤维,其游离末梢与痛觉有关。骨膜神经丛部分神经纤维经福克曼管进入骨干,其余则在骨膜内形成神经末梢。免疫组化定位研究发现,骨膜内有P物质(substance P)染色神经丛及血管活性肽(VIP)染色的神经纤维,P物质肽能神经可能与骨膜敏感的痛觉有关,含VIP神经作用尚不明。

传统认为骨膜对骨有营养、感觉及参与骨的修复、改造等作用。由于含有丰富的神经末梢,所以有敏感的感觉功能易于理解。由于能产生成骨细胞,所以对骨的生成、修复、改造具有重要作用,过去曾认为,骨膜中骨祖细胞既能分化形成成骨细胞,也能形成破骨细胞,但现在对破骨细胞的来源已较肯定地认

为是源于造血组织中的单核细胞,所以可认为骨膜不参与骨的吸收。骨膜对骨的营养作用也曾提得很多,但正常情况下由于滋养动脉系统的相对高压,骨膜血管网的血流能进入骨内血管网的可能性很小,所以正常情况下骨膜对骨的营养作用很小,但在骨折等病理情况下,由于滋养动脉受损,骨膜血管网的血流即可经吻合支伸入供应骨皮质甚至骨髓。骨膜的保护作用很少有人提起,但骨膜套完整的骨折比不完整骨折愈合明显快,足见骨膜保护作用的重要性,骨膜缺损除了成骨细胞产生减少外,骨折血肿可扩散并造成间充质细胞的扩散,骨折端释放的包括 BMP 在内的生物活性物质也不易聚积成足够浓度,折端周围的纤维组织也易于长入折端造成纤维连接,这些都不利于骨折愈合。完整的骨膜套对骨折愈合至关重要,所以骨膜也有屏障保护作用。

三、骨髓

骨髓分为黄骨髓和红骨髓。黄骨髓主要由大量的脂肪细胞组成。红骨髓是以网状结缔组织为支架,上面附着有大量不同发育阶段的血细胞,具有造血作用。黄骨髓虽无造血功能,但仍保持造血的潜能,当机体需要的时候可转变为红骨髓,进行造血。骨髓充填于长骨的骨髓腔和骨松质的腔隙中。在胎儿及幼儿的骨内全是红骨髓,6岁前后长骨髓腔内的红骨髓逐渐转化为黄骨髓。

骨髓转化的方式即脂肪细胞逐渐替代红骨髓内的造血细胞。最早开始于远端骨,逐渐向躯体中心骨进行,到18岁左右,在以下部位仍保留造血红骨髓:椎骨、肋骨、颅骨、髌骨、股骨及肱骨的近端骨髓、胸骨。温度对红骨髓向黄骨髓转化有影响,当升高动物肢体的温度时,红骨髓增加。人体远端的红骨髓转化早就可能与远端的温度较近端低有关。

通常所说的骨髓指的是红骨髓,由两个系统的细胞构成:造血系统和基质系统。造血系统由各种细胞构成,依附于网状结缔组织支架,现已证明红骨髓是一切血细胞及血小板的发源地。所有的造血细胞均起源于骨髓中的造血干细胞(hemopoietic stem cell),造血干细胞的形态类似于小淋巴细胞,起源于胚胎发生时卵黄囊的第1代造血干细胞,通过血流进行传递和种植,先种植于肝,肝中的造血干细胞再种植于脾,脾中的造血干细胞再以同样的方式种植于骨髓。肝、脾只是发育过程中暂时的造血器官,骨髓是终身造血器官。造血干细胞具有多向分化潜能,并能进行自身复制与分化,一般认为一部分进行分化成熟,另一部分进行分裂繁殖。分化成熟的将成为产生各系血细胞的定向干细胞(committed stem cell)或祖细胞,祖细胞经过成熟演化为血细胞,在骨髓中可见处于各种分化阶段的造血细胞。造血细胞中与骨生理活动关系较为密切的属粒-单系细胞,它最终形成的单核细胞经血流运输达到骨吸收的部位,可融合演化为多核破骨细胞,发挥骨吸收作用。

基质系统指为造血系统提供的结构和功能支持的结缔组织,包括成纤维细胞、网状细胞、脂肪细胞、成骨细胞等。在骨髓培养中获得一种成纤维细胞集落形成单位(cocony-forming unit-fibroblastic CFU-F),实验证明将其移植于肾被膜下,15%形成骨组织,且随着血管长入而形成骨髓,15%仅形成骨组织,其余则形成结缔组织或没有任何组织形成。Owen认为CFU-F是由基质干细胞和其进一步分化的各系祖细胞构成,具有多种的分化潜能,基质干细胞是骨髓基质系统细胞的总来源(不包括内皮细胞和巨噬细胞)。骨髓基质系统对骨髓造血系统具有重要的支持作用,在Wv/Wv种群鼠中,由于缺乏造血干细胞而患有贫血,但给予移植造血干细胞可治愈,而Sl/Sl^d种群鼠也有贫血,经同样的治疗不可治愈,经分析该种群鼠造血干细胞正常,但它的骨髓基质系统血供异常。基质系统和骨髓腔内其他结构一起构成了造血系统增殖的微环境。骨髓基质系统的成骨作用是骨科研究中非常重视的内容,自身骨髓移植治疗骨折已广泛应用并取得满意疗效。

四、骨的血管

因为骨是一个活的器官,需要血液循环为它的细胞提供营养,同时排泄其代谢产物,所以血管是活骨所必需的组成部分。

骨的血管网络也由动脉、静脉和毛细血管构成。营养动脉经骨膜、皮质穿入骨内,分出供应骨皮质的分支和供应骨皮质以内骨和骨髓的分支,分别进入皮质毛细血管网和骨髓毛细血管网。皮质内有纵行于哈佛管内的毛细血管,位于福克曼管内的横行毛细血管使其连通,共同形成皮质毛细血管网。血流经毛细血管网使骨细胞获得物质交换后,离心注入外骨膜的静脉丛。来源于肌肉的动脉血管分支,在外骨膜也形成骨膜毛细血管网,并和皮质血管网连通,也供应皮质一部分血液。营养动脉的骨髓分支则流入骨髓静脉窦系统,进而汇入中心静脉窦,再流入营养静脉出骨。位于骨髓和骨松质的静脉窦及毛细血管网可称为功能性血管网络(functional vascular lattice),对骨髓造血起支持作用。而关节软骨内无营养血管,其营养来源要靠软骨下骨内血管的渗透和关节滑液的渗透。

骨内的血流动力学所知较少,通过动物实验估计,骨皮质每分钟通过18ml/100g,骨干部骨髓每分钟21ml/100g,血管内压在骨内膜是8kPa,而在骨外膜为2kPa。

血管的分布随骨的生长、塑形改造而变化。

五、骨的淋巴管

从19世纪即提出骨内血管周围可能有淋巴间隙,但未能证实。近代研究

证明,骨的淋巴管仅存在于骨表面的骨膜内,而未发现有骨内淋巴管。

六、骨的神经

在骨的某些部分,特别是骨内膜,含有躯体传入神经,骨内也有自主神经分布,可能分布于骨内血管壁。由于骨自身结构的稳定性,使它对自主神经调节的表现不显著。

七、关节软骨

存在于骨骺端表面,光滑而有弹性,维持关节的灵活运动。关节软骨的组织性质属透明软骨,但其表面没有软骨膜。在幼儿、儿童生长停止以前骨骺与干骺端相连之间还有骺软骨,也属透明软骨,对骨的生长有很重要的作用,但18岁以后逐渐钙化骨化,而关节软骨维持终生。

八、骨内液体分布

活骨体内有液体成分,在维持活骨的生理代谢中起重要作用。它包括骨内组织液和血管内血液,骨组织液和血浆进行着复杂的物质交换,骨组织液包括骨液和细胞外液。除血管内血液之外骨内有两个液体室:一个是位于骨表面的狭窄间隙,内含骨液;另一个是位于血管周围和前者之间的血管周围液室,其中含一般的细胞外液(图1-4)。两者之间由骨衬细胞(bone lining cell)或成骨细胞形成的单层细胞界膜分开。骨液室内骨液和骨矿物质直接接触,其离子浓度不同于血管周围的组织液,与一般组织液相比有较高的钾及较低的钙、镁、钠含量。骨液内钙浓度为 $5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$,一般组织液为 $(1 \sim 1.5) \times 10^{-3} \text{ mol/L}$,而细胞内为 10^{-7} mol/L ,从细胞内经骨液到组织液之间存在着钙浓度梯度。钙由细胞外进入细胞内可能靠扩散,而由细胞内向细胞外的转移则可能靠活性钙泵的作用。骨液在无机离子的转运中起着重要作用,参与钙化与骨盐溶解过程。

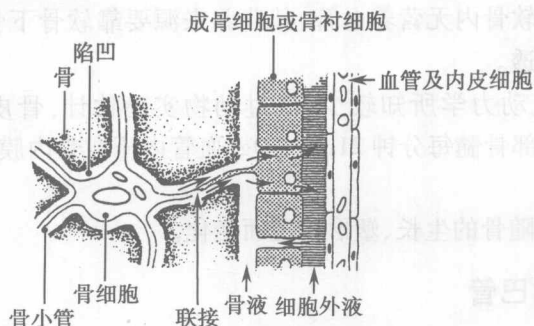


图1-4 骨内液体与分布