

JST
积水潭

骨折

FRACTURE

第2版

名誉主编

荣国威

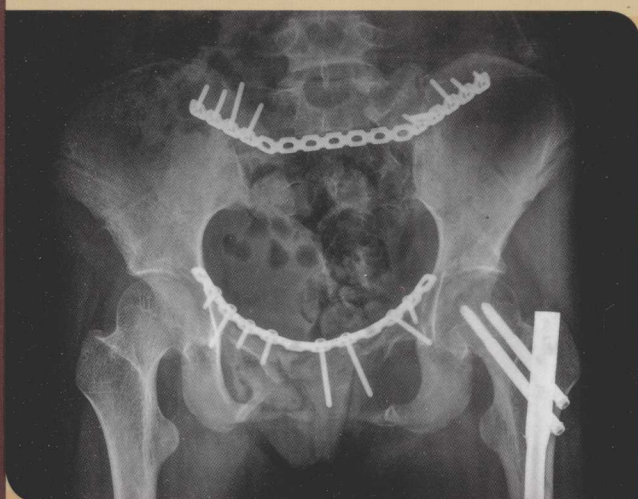
主编

田伟

王满宜



人民卫生出版社



R 683
6025

积水潭

骨折

FRACTURE

第2版



B0009519

名誉主编 荣国威

主 编 田 伟 王满宜

B0009519

编者

创伤科: 安贵生 曹奇勇 高志强 公茂琪 贺 良 黄 雷
黄 强 蒋协远 李 庭 李 莹 刘国会 刘 俊
刘兴华 刘亚波 荣国威 孙 林 王金辉 王军强
王满宜 王 陶 王 岩 危 杰 吴宏华 吴新宝
武 勇 杨胜松 张伯松 张国柱 张 健 张力丹
张 权 赵春鹏 朱仕文 查晔军

脊柱外科: 田 伟 刘 波 李 勤 茅建平 何 达 行勇刚
袁 宁 张贵林 刘亚军

手 外 科: 田光磊 刘 波 郭 阳

骨肿瘤科: 蔡樨伯 杨发军 牛晓辉

小儿骨科: 郭 源 朱振华 张建立 俞志涛 徐易京 王玉琨
闫桂森 杨 征 董轶非 傅 刚 吕学敏

运动医学: 朱以明 刘 心 姜春岩 鲁 谊 冯 华 洪 雷
张 辉 王雪松

无锡市图书馆
藏书



人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

骨折 / 田伟, 王满宜主编. —2 版. —北京: 人民卫生出版社, 2013

ISBN 978-7-117-17312-4

I. ①骨… II. ①田…②王… III. ①骨折-诊疗 IV. ①R683

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 136492 号

人卫社官网	www.pmph.com	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	www.ipmph.com	医学考试辅导, 医学数据库服务, 医学教育资源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

骨 折
第 2 版

主 编: 田 伟 王满宜

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph @ pmph.com

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 北京铭成印刷有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 889 × 1194 1/16 印张: 82

字 数: 2540 千字

版 次: 2004 年 4 月第 1 版 2013 年 10 月第 2 版

2013 年 10 月第 2 版第 1 次印刷 (总第 5 次印刷)

标准书号: ISBN 978-7-117-17312-4/R · 17313

定 价: 320.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ @ pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)



第2版前言

由于当代医学发展日新月异,一些医学信息不断更新,一些医疗技术与治疗方法不断进步,一些医疗设备不断完善。因此,作为一本实用的骨科学工具书,《骨折》一书应将最新的技术和医学知识收纳于中,以最详实、最科学、最先进的理念启迪广大骨科同仁。

本书由北京积水潭医院创伤科、脊柱外科、骨肿瘤科、小儿骨科、手外科、运动医学等学科的临床一线专家在第1版的基础上修订而成。全书共分3篇68章,分别从骨折的早期诊断、治疗、预后,骨折的程度、形态、部位及临床表现等方面,针对骨折的各方面进行了认真细致的叙述。作者根据临床工作对部分不实用的章节进行删减,也增补了最新的诊断及治疗技术、方法,同时首次将计算机辅助外科的理念引入骨折的研究。作者在总结自己的实践经验的同时,还吸收了国内外近年来对骨科学研究的最新成果。因此,本书包含了目前国内乃至国际上骨科相关领域的最新知识,较全面地反映了当前骨科学的发展水平。本书将基础理论与临床实践紧密结合,内容丰富实用,是骨科医师权威、重要的工具书,对骨科教学和科研人员亦有较高参考价值。

希望骨科同仁在学习他人的经验、技术的同时,不断总结自己的经验,以此为基础掌握更多更先进的医学知识,造福于患者,奉献于社会,为我国骨科事业的发展贡献自己的力量。

田伟 王满宜

目 录

第一篇 骨折总论

第1章 骨折与脱位的原理.....3	第二节 外固定架固定下的骨折愈合方式.....72
第一节 骨折的描述.....3	第三节 外固定下的力学组成.....73
第二节 骨折的急诊处理.....4	第四节 外固定架的临床使用原理.....78
第三节 骨折的生物力学.....5	
第四节 根据损伤机制的骨折分类.....10	第5章 肌肉与骨骼组织的愈合.....94
第五节 骨折的临床特征.....13	第一节 概述.....94
第六节 脱位的临床特征.....14	第二节 骨组织.....97
第七节 骨折的治疗.....14	第三节 致密纤维组织.....103
第八节 术后的处理.....20	第四节 关节软骨.....106
第九节 骨折与康复.....21	第五节 骨骼肌.....109
第十节 骨折的影像学诊断.....24	第六节 总结.....111
第2章 肌肉与骨骼多发损伤的急诊救治.....44	第6章 开放性骨折.....112
第一节 急救的组织.....44	第一节 开放性骨折的定义.....112
第二节 患者的运输.....46	第二节 开放性骨折的病原学.....113
第三节 抢救的合理安排.....46	第三节 开放性骨折的分类.....114
第四节 创伤评分.....51	第四节 急诊检查和伤口处理.....119
第五节 结果评价.....53	第五节 清创术的准备工作.....120
	第六节 冲洗与清创.....120
第3章 骨折内固定.....54	第七节 早期截肢.....122
第一节 内固定的科学基础.....54	第八节 骨折的稳定.....123
第二节 骨折固定机制.....56	第九节 伤口的处理.....129
第三节 内固材料的金属学特性.....58	第十节 总结.....131
第四节 内固定材料.....59	
	第7章 骨折的并发症.....132
第4章 骨折外固定.....70	第一节 创伤的全身性并发症.....132
第一节 外固定架的发展简史.....70	

第二节 肢体局部的并发症.....	152	骨折.....	166
第 8 章 病理性骨折.....	161	第四节 恶性原发性骨肿瘤引起的病理性骨折.....	171
第一节 概述.....	161	第五节 造血系统恶性肿瘤合并病理性骨折.....	173
第二节 非肿瘤性疾病引起的病理性骨折.....	162	第六节 继发恶性骨肿瘤引起的病理性骨折.....	174
第三节 良性原发骨肿瘤引起的病理性骨折.....			
第二篇 骨折各论			
第 9 章 手部骨折与脱位.....	199	第八节 尺桡骨远端骨折与腕关节不稳定.....	294
第一节 处理原则.....	199	第 12 章 尺桡骨干骨折.....	297
第二节 远节指骨骨折.....	200	第一节 实用解剖.....	297
第三节 近节与中节指骨骨折.....	201	第二节 尺、桡骨双骨折.....	300
第四节 掌骨骨折.....	203	第三节 尺、桡骨开放骨折.....	308
第五节 拇指掌骨骨折.....	205	第四节 单纯桡骨干骨折和 Galeazzi 骨折脱位.....	312
第六节 指间关节脱位与韧带损伤.....	207	第五节 单纯尺骨干骨折和 Monteggia 骨折脱位.....	315
第七节 拇指掌指关节脱位和韧带损伤.....	208		
第八节 拇指的腕掌关节脱位.....	210	第 13 章 肘关节骨折脱位.....	320
第九节 手部骨折与关节损伤的康复.....	210	第一节 解剖与生物力学.....	320
第 10 章 腕部骨折与脱位.....	217	第二节 肱骨远端骨折.....	328
第一节 功能解剖.....	217	第三节 肘关节脱位.....	355
第二节 腕关节生物力学.....	224	第四节 尺骨鹰嘴骨折.....	372
第三节 腕关节的损伤机制.....	228	第五节 桡骨头骨折.....	378
第四节 腕关节损伤的分类.....	229	第六节 全肘关节置换在肘部创伤中的应用.....	392
第五节 腕关节的影像学.....	230	第七节 半限制性铰链式全肘关节置换术: Coonrad-Morrey 假体的临床应用.....	399
第六节 腕关节不稳定.....	245	第八节 创伤后的肘关节功能重建.....	404
第七节 舟骨骨折的诊断和治疗.....	254		
第八节 月骨脱位、月骨周围脱位和经舟骨月骨周围脱位.....	261	第 14 章 肱骨干骨折.....	410
第九节 其他腕骨骨折.....	262	第一节 实用解剖.....	410
第十节 腕骨损伤的并发症及预后.....	263	第二节 损伤机制.....	411
第十一节 下尺桡关节损伤.....	264	第三节 骨折分类.....	411
第 11 章 桡骨远端骨折.....	266	第四节 症状和体征.....	412
第一节 实用解剖.....	266	第五节 影像学表现.....	412
第二节 损伤机制.....	270	第六节 治疗.....	412
第三节 影像学检查.....	274	第七节 功能恢复和预后.....	420
第四节 分型.....	277	第八节 并发症.....	420
第五节 临床表现与诊断.....	280		
第六节 治疗.....	287		
第七节 并发症.....	293		

第 15 章 肱骨近端骨折	424	第三节 下颈椎骨折与不稳定的治疗	542
第 16 章 锁骨骨折与脱位	453	第 22 章 胸椎骨折脱位	556
第一节 锁骨骨折	453	第一节 胸椎的解剖特点	556
第二节 肩锁关节脱位	459	第二节 胸椎骨折的致伤原因	556
第三节 胸锁关节脱位	468	第三节 胸椎骨折的分类	556
第 17 章 肩胛骨骨折	472	第四节 胸椎骨折的临床表现	557
第一节 实用解剖	472	第五节 胸椎骨折的影像学检查	558
第二节 分类	477	第六节 胸椎骨折的治疗原则	558
第三节 诊断	478	第七节 胸椎骨折的手术技术	559
第四节 治疗	479	第 23 章 胸腰椎骨折脱位	566
第 18 章 盂肱关节不稳定	486	第一节 胸腰椎骨折的分类	566
第一节 肩关节的软组织解剖	486	第二节 胸腰椎骨折的治疗	567
第二节 盂肱关节不稳定的生物力学及 病理学	490	第 24 章 腰骶椎骨折脱位	602
第三节 盂肱关节不稳定的临床评估	495	第一节 腰椎损伤概论	602
第四节 盂肱关节不稳定的放射学 评估	501	第二节 腰椎损伤的原因及其机制	604
第五节 盂肱关节不稳定的治疗、术后 处理及并发症	504	第三节 腰椎损伤的病理改变与分类	605
第六节 肩关节不稳定的关节镜诊断及 治疗	508	第四节 腰椎损伤的临床诊断	608
第 19 章 脊椎脊髓损伤总论	512	第五节 腰椎损伤的治疗原则	611
第一节 脊髓损伤概述	512	第六节 腰椎损伤的手术治疗	613
第二节 脊柱脊髓损伤的辅助检查	518	第七节 腰椎附件损伤	621
第三节 急性脊髓损伤的治疗原则	519	第八节 腰段脊髓损伤	622
第四节 颈椎骨折的临床分型	521	第九节 骶尾椎损伤	623
第五节 胸腰椎骨折的分类	526	第 25 章 骨盆骨折	626
第 20 章 高位颈椎骨折脱位	530	第一节 骨盆实用解剖	626
第一节 寰枕关节脱位	530	第二节 骨盆的生物力学	628
第二节 寰椎骨折	532	第三节 骨盆骨折的分类	629
第三节 横韧带断裂	533	第四节 骨盆骨折的临床诊断	632
第四节 寰枢椎旋转半脱位	534	第五节 骨盆骨折的治疗	633
第五节 枕骨髁骨折	534	第 26 章 髌臼骨折	642
第六节 齿状突骨折	535	第一节 概述	642
第七节 Hangman 骨折	538	第二节 髌臼的功能解剖	642
第 21 章 下颈椎骨折脱位	540	第三节 髌关节的生物力学	645
第一节 下颈椎损伤的分型	540	第四节 髌臼骨折的损伤机制	647
第二节 下颈椎的不稳定性	541	第五节 髌臼骨折的放射学表现	649
		第六节 髌臼骨折的分型	652
		第七节 髌臼骨折的临床表现	662
		第八节 髌臼骨折的治疗	663
		第 27 章 髌部骨折与脱位	683

第一节 股骨颈骨折.....683	第 31 章 胫腓骨骨折859
第二节 股骨转子间骨折.....694	第一节 胫腓骨实用解剖.....859
第三节 股骨大转子骨折、小转子骨折702	第二节 胫腓骨骨折的损伤机制861
第四节 髌关节骨折与脱位.....702	第三节 胫腓骨骨折的分类.....862
第 28 章 股骨干骨折709	第四节 胫腓骨骨折的治疗方法863
第一节 股骨干骨折.....709	第五节 并发症.....876
第二节 股骨转子下骨折.....740	第 32 章 踝部损伤与骨折879
第三节 股骨髁上骨折和股骨髁间骨折.....755	第一节 踝关节骨折脱位.....879
第 29 章 膝部骨折.....773	第二节 踝关节韧带损伤.....893
第一节 胫骨平台骨折.....773	第三节 PILON 骨折.....894
第二节 胫骨棘骨折.....793	第四节 跟腱断裂.....899
第三节 髌骨骨折.....794	第五节 创伤性腓骨肌腱滑脱902
第四节 “浮膝”损伤.....800	第 33 章 足部骨折与脱位903
第 30 章 膝部损伤.....805	第一节 足部实用解剖.....903
第一节 解剖学基础.....805	第二节 足的生物力学.....905
第二节 伸膝装置损伤.....811	第三节 距骨骨折.....907
第三节 髌骨的慢性疾患.....815	第四节 距骨脱位.....915
第四节 膝关节软骨损伤.....821	第五节 跟骨骨折.....916
第五节 半月板损伤与疾患.....825	第六节 中跗关节损伤.....925
第六节 膝关节外伤性脱位.....836	第七节 跗跗关节脱位及骨折脱位928
第七节 膝关节韧带损伤.....838	第八节 跗骨骨折.....930
第八节 上胫腓关节脱位.....856	第九节 跗趾关节损伤.....933
第九节 膝关节功能评定.....857	第十节 趾骨骨折及趾间关节脱位934
	第十一节 足筋膜间隔综合征934
 第三篇 儿童骨骼损伤	
第 34 章 儿童骨骼损伤概论939	第六节 骺损伤的并发症.....959
第一节 儿童骨骼的特征.....940	第 36 章 锁骨骨折与脱位961
第二节 儿童骨骼的生长发育942	第一节 锁骨干骨折.....961
第三节 小儿骨折的发生率.....946	第二节 锁骨内侧端骨折及胸锁关节脱位963
第四节 小儿骨折的分型.....947	第三节 锁骨外侧端骨折与肩锁关节脱位967
第五节 儿童骨骼的生物学.....949	第 37 章 肩胛骨骨折和脱位969
第六节 小儿骨折的治疗原则951	第 38 章 肩关节脱位与半脱位973
第 35 章 骺损伤.....954	第 39 章 肱骨近端骨折与骨髓损伤975
第一节 骺生长的生物学特征954	
第二节 骺损伤的分型.....955	
第三节 骺损伤的修复.....957	
第四节 骺损伤的诊断.....958	
第五节 骺损伤的治疗.....959	

第 40 章 肱骨干骨折	982	第五节 髌臼骨折(Ⅳ型)	1104
第 41 章 儿童肱骨髁上骨折	988	第 54 章 儿童创伤性髌关节脱位	1106
第 42 章 儿童肱骨远端全骺分离	1001	第 55 章 儿童股骨颈骨折	1116
第 43 章 儿童肱骨内外髁骨折	1006	第 56 章 儿童股骨干骨折	1128
第一节 肱骨内髁骨折	1006	第 57 章 儿童股骨远端骨骺损伤	1142
第二节 肱骨外髁骨折	1009	第 58 章 儿童髌骨骨折脱位	1147
第 44 章 儿童肱骨内上髁骨折	1016	第一节 髌骨骨折	1147
第 45 章 儿童肘关节脱位	1024	第二节 髌脱位	1154
第 46 章 儿童桡骨颈骨折	1032	第 59 章 儿童胫骨髁间棘骨折	1157
第 47 章 儿童尺骨鹰嘴骨折及冠状突骨折	1039	第 60 章 儿童胫骨近端骺损伤	1160
第一节 尺骨鹰嘴骨折与骺损伤	1039	第一节 胫骨近端骨骺骨折	1160
第二节 尺骨冠状突骨折	1044	第二节 胫骨结节撕脱骨折	1165
第 48 章 儿童孟氏骨折	1046	第 61 章 儿童胫腓骨骨折	1170
第 49 章 儿童盖氏骨折	1053	第 62 章 儿童胫腓骨远端骺损伤	1187
第 50 章 儿童尺桡骨骨折	1060	第 63 章 儿童足的骨折与脱位	1207
第一节 实用解剖	1060	第 64 章 儿童脊柱骨折	1226
第二节 尺桡骨骨折	1061	第 65 章 新生儿骨折与骺损伤	1245
第三节 尺桡骨远端骺损伤	1071	第一节 产伤骨折	1245
第四节 尺桡骨塑性变形	1074	第二节 新生儿骺损伤	1252
第 51 章 儿童手和腕部骨折脱位	1075	第 66 章 儿童病理性骨折	1255
第一节 概论	1075	第 67 章 儿童大面积皮肤剥脱伤	1264
第二节 手掌指骨骨折、脱位	1078	第 68 章 导航技术在创伤骨科的应用	1268
第三节 拇指骨骨折、脱位	1084	第一节 计算机辅助骨科手术的基本原理	1268
第四节 腕骨骨折及脱位	1086	第二节 常用创伤骨科导航手术	1274
第 52 章 儿童牵拉肘	1089	附录 骨科缝线应用指南	1288
第 53 章 儿童骨盆骨折	1091	索引	1291
第一节 总论	1091		
第二节 无骨盆环断裂的骨折(Ⅰ型)	1099		
第三节 骨盆环一处断裂的骨折(Ⅱ型)	1101		
第四节 骨盆环两处断裂的骨折(Ⅲ型)	1102		



第一篇

骨折总论

第 1 章

骨折与脱位的原理

第一节 骨折的描述

人类对于骨折的积极治疗至少可以追溯到公元前 300 年。科学家在对古埃及墓穴的考古中发现两具人体标本,一具患有股骨干中段开放性粉碎骨折,另一具为前臂开放性骨折,其治疗方法均为采取木制夹板固定。这种古老的治疗方法一直被后人沿用下来。随着时代的发展,人类对于骨折的认识也不断加深,对于骨折的定义也有许多不同的表达,例如:

- 骨的完整性或连续性中断,称为骨折;
- 骨与软骨由于外力的作用失去其完整性,称为骨折;
- 骨质连续性离断,称为骨折;
- 骨的完整性、连续性发生部分或完全断裂者,称为骨折;
- 由于一定强度的外力作用,致使骨质的完整性部分地或完全地断裂,称为骨折,此时常伴有软组织损伤;
- 骨的完整性或连续性遭到破坏,称为骨折。

骨是人体的器官之一,由骨质、骨膜、骨髓和神经、血管等组成。骨质包括皮质骨、松质骨,即骨小梁和软骨。笔者认为当其中骨质的完整性遭到破坏或其连续性中断时即称为骨折。最多见的骨折是皮质骨骨折,宏观上常表现为骨折的成角、移位等。单纯松质骨骨折并不多见,有人认为股骨颈骨折后,股骨头血运受到影响,此时即使股骨头形态未发生改变,但其内部骨小梁的完整性或连续性可能已经遭

到破坏,即骨小梁发生骨折,成为继发股骨头塌陷、变形的主要原因之一。软骨骨折在普通 X 线片上无法显示,必须结合骨科检查或在手术直视下才发现,例如肋软骨骨折、干骺端关节面软骨骨折等。

临床上常常根据创伤的原因、解剖部位、骨折形态特点、骨折端是否与外界相通等方面进行对骨折的描述,例如桡骨下端伸直型粉碎开放性骨折。

可以根据很多方法对骨折进行分类:

- 按解剖部位(骨干近 1/3、中 1/3 和远 1/3;髁上;转子下等);
- 按骨折线的形态(横断、斜形、螺旋形等);
- 按骨折线的粉碎程度(如骨折线的多少等)。

按骨折后骨的形态变化进行判断。青枝骨折多见于儿童,成人中罕见,但偶可在成人患者中发现不全骨折,例如单侧骨皮质断裂或缺损等。压缩骨折是指在外力造成骨折后长骨骨折端被推挤进入干骺端松质骨,这种现象常见于肱骨上端骨折、股骨髁上骨折、胫骨平台骨折等。

按骨折端是否与外界相通判断是否为开放性骨折。当皮肤、软组织、肌肉等被撕裂,骨折端外露时称为开放性骨折,否则称为闭合性骨折。由于严重暴力所致的碾挫,使皮肤发生广泛的皮下剥离,但并不存在明显的伤口,同时也造成了骨折,发生皮下剥离的皮肤往往发生部分或全部坏死,属潜在性的开放性骨折;但如果骨折端周围包裹有完整的肌肉,则即使皮肤发生坏死也不会成为开放性骨折。

按骨折的原因对骨折进行诊断。骨折多由暴力造成,但病理性骨折和应力(疲劳)骨折例外。

- 病理性骨折 因已经存在的某种疾病造成局

部骨质薄弱,对于正常骨质无破坏力的应力作用于此薄弱部位时发生的骨折称为病理性骨折。骨质疏松是病理性骨折的常见原因,是导致老年患者发生病理性骨折的重要因素。尽管所有疾病导致的骨折均可称为病理性的,但它常用于狭义地描述发生在肿瘤部位的骨折,如骨转移癌或原发肿瘤(如骨髓瘤)等造成的骨折。有作者曾建议用“功能不全骨折”来描述非肿瘤性疾病造成的病理性骨折。

• 应力骨折 骨皮质与其他材料一样,在反复的应力作用下可以出现断裂,导致完全骨折,称为应力骨折。应力骨折可发生于任何年龄阶段,多见于接受严格军事训练的新兵,偶见于舞蹈演员和运动员。对于应力骨折的成因,一种观点认为,肌肉疲劳以后,丧失了其相应的功能,导致异常应力集中于骨骼,并最终导致骨骼的疲劳、断裂。

第二节 骨折的急诊处理

骨折的处理可分为三个阶段:急诊处理、正规治疗和康复。骨折急诊处理的目的在于用简单而有效的方法抢救生命,保护患肢,使患者能被安全而迅速地送往医院,以便获得妥善治疗。因此对急救人员、消防战士、警察和其他可能相关人员的专业培训十分重要,同时也应重视在群众中普及骨折的急诊处理知识。

一、一般处理

凡可疑发生了骨折的患者,均应按骨折进行处理。一切动作要谨慎、轻柔、稳妥。首先抢救生命,如患者处于休克状态中,应以抗休克为首要任务,注意保暖,有条件时应立即输血、输液。对有颅脑复合伤而处于昏迷的患者,应注意保证其呼吸道通畅。不必脱去闭合性骨折患者的衣服、鞋袜等,以免过多搬动患肢,增加疼痛。若患肢肿胀较明显,可剪开衣袖或裤管。闭合性骨折有穿破皮肤、损伤血管或神经的危险时,应尽量消除其显著的移位,然后使用夹板固定。

二、创口包扎

绝大多数的创口出血,用绷带加压包扎后即可止血。没有无菌敷料时,可用当时认为最清洁的布类包扎,比如干净的手帕。不对已经包扎好的创口无故打开,以免增加发生感染的机会。只有在手术室无菌环境下才能探查伤口情况。有大血管出血

时,可用止血带止血,但必须记录开始使用止血带的时间。若止血带应用时间过长,将会加重肢体软组织损伤,甚至造成肢体坏死。若在受伤现场骨折端已戳出皮肤,而在转运过程中骨折端已自行滑回创口内,则当患者被送至医院后,务必要向负责医生说明,引起其注意。

三、妥善固定

骨折急救时最重要的一项,就是用妥善的方法把骨折的肢体固定起来,不仅对骨折应当进行夹板固定,对非骨折的严重软组织损伤及神经血管损伤也需要进行夹板制动。应当注意的是,一个中度损伤的创面,由于粗心或不适当的处理在送往医院的过程中可变为非常严重损伤的创面。

众所周知,急救应当遵循“在骨折患者躺倒的地方立即用夹板进行固定”这一原则,但实际上在所有的抢救现场并非如此,许多急救人员认为使用夹板固定浪费时间,他们常常立即搬运患者,甚至拖曳患者而忽视对骨折的制动。即使到了急诊室,大多数患者仍然没有得到夹板制动,往往将患肢拖着送往放射科、检验科等科室进行检查。更严重的是,有些已经进行了夹板制动后来医院的患者在送往放射科之前经常被去掉夹板。调查表明仅不足 20% 的患者在就诊骨科医生前施行了夹板制动。

进行适当的夹板固定的优点是:①防止进一步的软组织损伤(特别是神经和血管的损伤),最重要的是防止闭合性骨折发展为开放性骨折;②制动可以减缓疼痛;③降低临床上脂肪栓塞和休克的发生率;④便于患者的运送和放射学检查。

四、临时制动

不能以没有合适的材料为理由而不施行夹板制动,几乎所有坚硬的东西都可以用来对骨折的肢体进行临时制动,例如:拐杖、雨伞、木条等。将较软的材料进行重叠也作为使用夹板。有时将两下肢捆绑在一起或将上肢与躯干捆在一起也会对骨折端起到一定的固定作用。对于小腿或踝关节的损伤,可用绷带捆绑或用枕头等进行临时制动。若有显著畸形,可牵引患肢使之大致恢复对线,然后进行制动。

五、迅速运输

患者经妥善固定后,即应迅速运往医院。

(张国柱)

第三节 骨折的生物力学

一、概述

骨具有复杂的力学性质,是唯一能自身修复的组织。从临床和工程学角度来看,都具有令人满意的力学性质。当承受过大的负荷时,骨骼本身会发生断裂。在经历复杂的生物学及生物力学过程后,会产生骨性修复和功能恢复。目前,对于控制和增强骨性愈合的生物学认识上有了巨大的进步。对于骨折愈合而言,力学环境是很重要的因素,在生物学和力学因素之间,有很强的相互作用。骨折临床治疗会改善生物学因素和力学环境,尽可能快地恢复骨的初始承受载荷的能力。骨折生物力学和骨折治疗方面有三个原则:生物力学因素决定骨本身何时及如何发生断裂;生物力学因素影响骨折愈合及由骨折治疗所控制的生物力学环境。

决定是否发生骨折的生物力学因素包括所施加的载荷和骨与骨组织的力学性质。人类参加各种活动,承受广泛的载荷。对于正常骨组织而言,过度施加载荷可产生骨折,最典型的是发生在肢体。而严重的骨质疏松或病理性骨组织,在进行日常生活的正常活动时就可以发生骨折。此外,骨的力学性质变异范围很大,许多病理过程都可以改变骨的性质。

从力学观点上看,可以在两个水平上检查骨骼。在第一水平,骨骼可以被看做具有力学性质的材料,可以在实验室进行检查。这些性质包括在载荷下变形的量、损伤聚集在骨骼的机制和速度以及材料在断裂前所能承受的最大载荷。在较高的水平,可以将骨骼看做一种结构,是各种组织有机地成为一体,具有特殊的力学功能。相关的结构性质包括生理性载荷期间发生变形的量、单一载荷及周期性载荷期间造成断裂的负荷等。作为骨骼的组织 and 结构性质,骨骼的这两种材料性质都决定了骨骼的骨折阻力,影响着骨折的愈合。本节的开始部分讨论骨骼作为材料的相关力学性质,其后将要讨论的是整个骨骼的结构性质。

二、外在因素

在发生骨折方面,重要的外在因素是作用在骨骼本身外力的大小、持续时间、方向以及骨骼所承受的速度。

为了以下的讨论,有必要对一些专业名词进行定义。力是指作用或影响,如推或拉,一旦作用在骨骼上,将使其加速或变形(力=质量×加速度)。有大小和方向的力可以用向量代表。载荷是指物体承受的力。如果应用载荷没有产生加速度,它与作用力大小相同,方向相反。

应力可定义为对形变的内在抵抗力,或者由于使用外在载荷,物质内所产生内在的力。应力可用如下公式进行计算:

$$\text{应力} = \text{载荷} / \text{载荷作用的区域}$$

应力不能被直接测量。外力可以分成张力、压力或剪切力。张力拉伸物质本身,使其分离,而压力的作用则与之相反,是由外力引起的应力抵抗拉长或压缩过程。这些应力与所考虑的平面成直角,称为正常应力,而剪切应力的作用方向与考虑的平面平行。

应力通常表示为 kg/cm^2 (或磅/英寸²)。然而,主张保持正统的人指出,千克和磅是测量质量而不是力,因此,有时用更烦琐的名词,即千克力(或磅力)来区分力和质量。

最近,应力常表示为每平方米牛顿或帕斯卡(Pa) ($1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$)。

应变定义为由于力或载荷的作用,物质产生长度改变。张力性应变和压力性应变分别是指开始长度中,每单位长度的增加或减少,可以表示为厘米/厘米(或英寸/英寸),或表示为开始长度的百分比。张力性和压力性应变是线性的——它们的作用方向与结构的横截面垂直,并称为 ϵ (希腊语)(图1-3-1)。

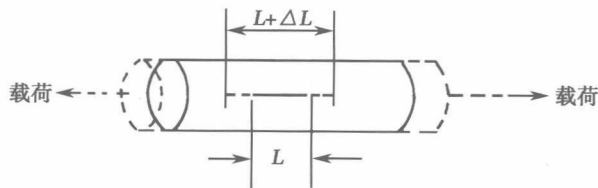


图 1-3-1 线性应变

剪切应变可定义为任何垂直于线性部分平面两点间的相对运动,表现为线的长度部分,产生于施加外载荷时,产生成角畸形(图1-3-2)。在与物体平面成直角时牵拉下可以证实剪切应变,注意施加载荷后的角度切变。角度称为 γ ,剪切应变为 $\tan\gamma$ 。因为这是一个小角度,所以可以假定 $\tan\gamma$ 与所测量的弧度角相同($360^\circ=2\pi$ 弧度,或1弧度 $=57.3^\circ$)。

线性和剪切应变并不是互相排斥的。张力应变和压力应变往往合并剪切应变。如果在一个物体上

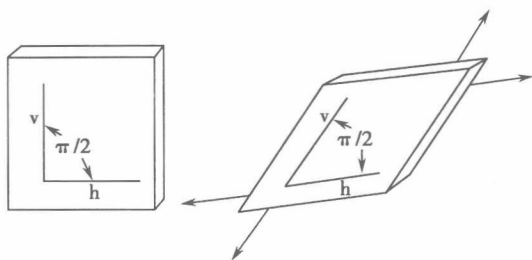


图 1-3-2 剪切应变

画正方形并施加压力载荷(图 1-3-3),a 边和 c 边缩短的结果改变了对角的角度,这样证明了剪切应变。同样地,图 1-3-4 验证了由斜的载荷产生的应变。正方形的角改变了,提示剪切应变,对角线 f 缩短而对角线 e 延长,提示压力和张力应变。然而,这些对角线互相仍相交 90° ,提示这些方向上没有剪切应变。

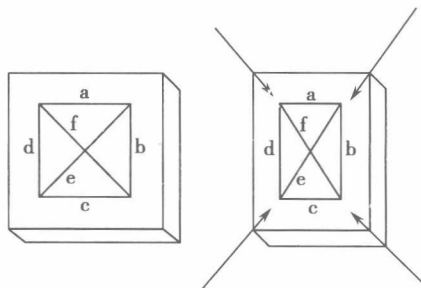


图 1-3-3 压缩应变和剪切应变

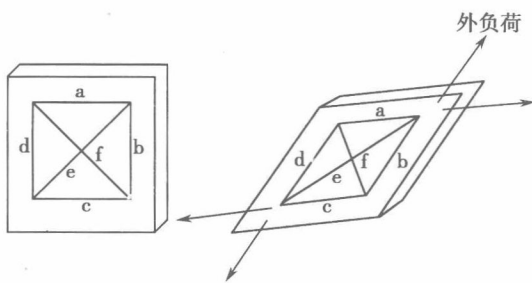


图 1-3-4 剪切应变、张力应变和压缩应变

三、内在因素

Gaynor Evans 提出了决定骨折敏感性的骨的性质,即能量吸收性质、弹性模量(杨氏模量)、疲劳强度和密度。

(一) 能量吸收性质

能量是做功的能力,功是力运动通过一段距离的结果(功 = 力 × 距离)。功和能的测量单位是牛顿米(N·m)。

力的国际单位是牛顿(N),是给予 1kg 质量 / 秒,每秒 1 米加速度(m/s^2)所需要的力,1kg 力等于 9.80665N。1 牛顿米(N·m),是功或能的单位,称为焦耳(J),也代表 1 安培电流在 1 瓦特电压下的能量测量。

应变能量是在外界载荷作用下,物体通过改变形状所吸收的能量。骨骼承受载荷越快,在衰竭前能量吸收越大。这样说,较慢载荷产生的骨折一般是线性的,而快速载荷产生大量应变能量,因此,在失效时发生骨的爆裂,产生严重粉碎的高能量骨折。

根据 Frankel 和 Burstein 的实验,股骨颈骨质产生失效的吸收能量是 $60kg \cdot cm$,然而,在跌倒时,运动能量远远高于这一水平。这种能量如果能被肌肉作用、软组织的弹性或塑性应变或其他机制消散,将不会产生骨折。在老年人中,这些机制逐渐受损,这也是老年人产生骨折的潜在因素。

(二) 杨氏模量和应力 - 应变曲线

当橡皮条被牵拉时,一旦去除变形外力,橡皮条将恢复原有的长度,换句话说,有可恢复的牵张形变,这称为弹性应变。然而,如果物体承受较大的应力,超过其恢复能力,则产生永久性变形。图 1-3-5 显示了低碳钢或软钢的应力 - 应变曲线。

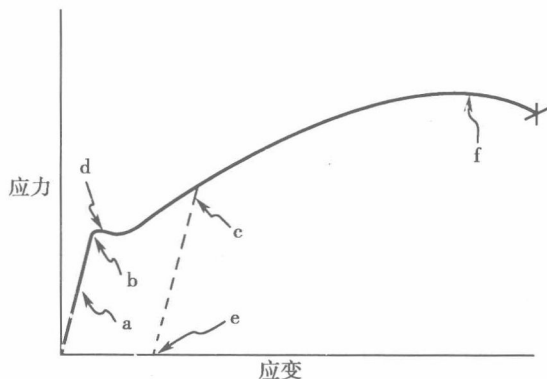


图 1-3-5 软钢单一张力的影响

可以看出曲线的第一部分是线性的,在 b 点前,应变增加是与应力成比例的。B 点称为屈服点,表示曲线完全弹性区域的终点。如果在 b 点之前沿梯度的任何一点去除负荷,物体将恢复原有形状。曲线的斜率是物质的硬度。曲线越陡,物质越硬,斜度称为弹性模量或杨氏模量。

从 b 点到 x 点(发生失效的破裂点)显示应变要比应力增加快得多,这是曲线的不完全弹性区域,此处材料产生持久的应变或形变。如果在 c 点去除

载荷,将会有些恢复,曲线将与杨氏模量平行,但持久性形变将保留,由e点表示。

随着施加载荷,将达到最大应力(f点)。这是最终张力强度(UTS),材料在断裂之前所能承受的最大应力。低于此点,应力减少而应变增加。这是由于材料的“颈缩”,由于切应变与长轴成 45° ,也就是横截面减少。经历不完全弹性形变的材料称为易变形的,而阈点后不久失效为易碎的。

曲线下方区域代表材料所吸收的能量值。在两种钢材的比较中(图1-3-6),可以看到硬钢阈点和最终张力强度比软钢更高,但是易碎,失效前吸收能量的能力十分低,这样,软钢韧性更强。韧性是材料失效前能够吸收的能量值,用焦耳/立方米(或英尺磅/立方吋)表示。

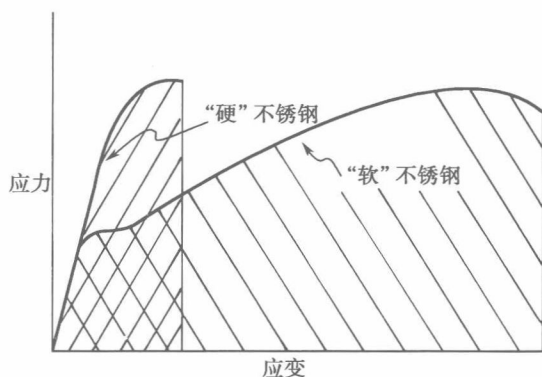


图 1-3-6 不锈钢的应力-应变曲线

(三) 疲劳强度

当材料承受重复或周期性应力时,它可以失效,甚至单独应力远低于材料的最终张力强度。这称为材料的疲劳失效。在金属中,其过程始于表面一个或多个裂隙,逐渐增大,直到横截面变小,使金属由于传统的过载机制而失效。金属缺陷、表面擦伤、腐蚀或其他应力增高,均可以造成最初的裂隙。一旦出现裂隙,通过休息不能愈合。金属没有自我修复机制。

相对于产生失效所必需的周期数,通过标出应力范围,可以证实金属的疲劳强度。由这一曲线可以读出疲劳或耐受极限。耐受极限是指金属不产生失效的最大重复应力。制造骨科植入物的金属对于单一载荷可以承受 1000N/mm^2 ,但承受超过100 000次周期时,仅为其一半的量。提供不超过耐受极限的应力水平,含铁合金能承受一定数量的周期。然而,对于更容易疲劳的其他金属和铝合金,这并不是绝对正确的。金属承受范围在其屈服强度的

30%~50%,或大约为最终张力强度的0.4倍。

四、骨骼的生物力学性质

(一) 生物力学性质

和铸铁相比较,骨骼的重量轻3倍,弹性大10倍,两种材料张力强度相同。骨骼主要由两种材料组成,主要是胶原纤维的基质和骨矿物质。骨矿物质(羟基磷灰石)比骨骼本质更坚硬,模量分别为 1140N/m^2 和 180N/m^2 ,同时其承受压力强于承受张力。另一方面,骨胶原纤维不能承受压力,但是,张力强度比骨骼高5倍。似乎是胶原纤维决定张力强度,而矿物质成分决定其压力强度。正常骨骼的张力强度大约是 1.4N/m^2 ,压力强度为 2N/m^2 。

磷灰石晶体的排列致密,但是在各自的单位中,可以保护骨骼,防止断裂扩散,这是因为断裂穿过晶体,将遇到间隙,这样,形成T形断裂,消散能量,防止断裂扩展(Cook-Gordon机制)。在木质结构中,在裂缝的远端钻孔,可以防止裂缝的传播,也是这种机制。因此,70%矿物质化时的最终强度是60%矿物质化的3倍。

骨骼的应力-应变曲线显示其是易变形的,但是各向异性的(例如,当不同方向应力作用时,有不同的机械性质),当骨沿长轴承受载荷时,其张力强度和杨氏模量大于以其他方向施加载荷。由于哈佛系统的长轴排列性质,骨骼有“纹理”或奇妙的方向,因此,皮质骨沿长轴能承受 140Pa ,而在横轴方向承受 120Pa 。骨骼在弹性形变发生前,应变为0.75%,断裂应变为2%~4%。在弹性形变期间,骨折前能吸收6倍于完全弹性期的能量。骨骼延长时,横截面积减少,这称为Poisson效应,而直径改变与长度改变的比表示为 $\delta d/\delta l$,即Poisson比率,变化范围为0.28~0.45。

并联构成Kelvin体,然而骨骼和软钢不同,不是简单的弹性材料。当给弹簧施加载荷后,将立即发生形变,无论载荷施加多长时间,如果载荷不改变,应变不会发生变化。骨骼是黏弹性材料,黏度的增加,引入了载荷影响的比率依赖因素。

黏弹性材料最简单的模式是平行的缓冲器(dashpot)和弹簧的联合体(图1-3-7)。缓冲器设计用于减轻或阻止运动,防止突然震荡,由充满空气或液体的圆柱体和活塞组成。当载荷应用于活塞时,只要施加外力,活塞将与载荷成比例地活动,直到没有更多液体被置换。皮下注射是与缓冲器相同的机

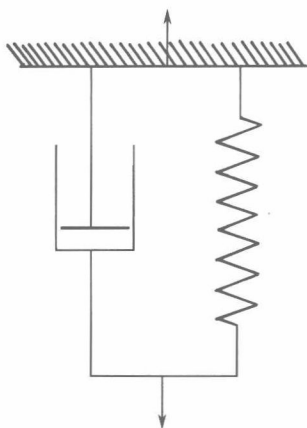


图 1-3-7 牛顿体和虎克体

制。由于液体的黏度,液体通过针的速度与施加的压力成比例,推注比慢速注射对针管施加更大的推力。液体的黏度越大,推空的时间越长。黏弹性材料在不同载荷和应变比率时,表现不同,弹性因素决定最大形变,黏性成分决定达到最大形变的时间。

由于弹簧符合 Hooke 定律,被称为虎克体 (hookean body),缓冲器称为牛顿体 (newtonian body),两者并联,称为 Kelvin 体 (Kelvin body) (图 1-3-7)。在同一体系中,两者串联称为 Maxwell 体 (图 1-3-8)。

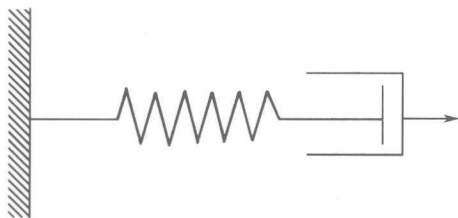


图 1-3-8 虎克体和牛顿体串联称为 Maxwell 体

使虎克体和牛顿体变形需要能量,然而,在前者,当去除载荷时,能量是可恢复的(例如,弹簧恢复其以前长度),但缓冲器不是这样的。若牛顿体没有恢复的趋势,能量就丧失了。

图 1-3-9 显示由于连续增加载荷和增加应变, Kelvin 体的载荷-形变曲线。这些曲线中直线部分与弹簧常数相同,左边曲线的第一部分代表牛顿体即时的阻力。

在恒定载荷比率条件下,如果载荷的方向相反,载荷-形变曲线显示为滞后回路,代表能量丧失的区域,曲线为载荷-去载荷曲线(图 1-3-10)。

图 1-3-11 显示 Maxwell 体同样的曲线。可以看到,由虎克体产生的阻力耗尽以后,载荷不再增加,偏移继续增加(图 1-3-11)。这也说明除非载荷过程逆转,否则模型不能恢复原有的大小。

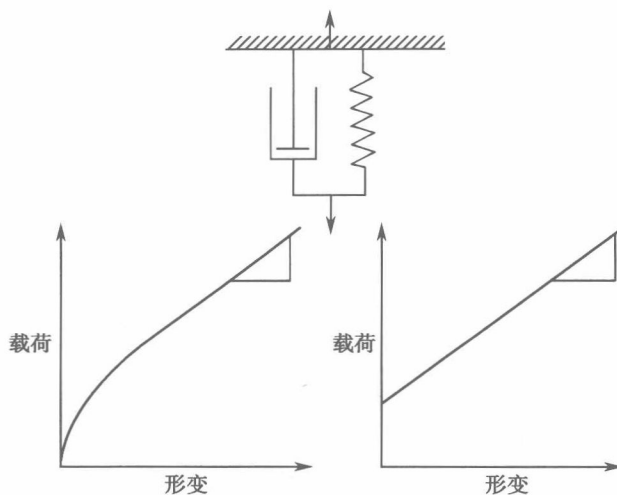


图 1-3-9 (左) Kelvin 体受持续增加载荷作用产生的载荷-形变曲线; (右) Kelvin 体在应用一定的应变速度时的载荷-形变特征

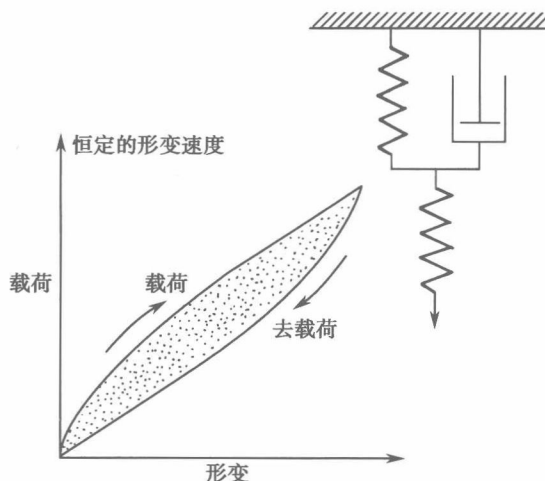


图 1-3-10 对于一定的应变速度的载荷-去载荷曲线。阴影区域为滞后回路,代表在载荷和去载荷周期中的能量损失

Sedlin、Piekarski 和 Currey 推荐用于骨的各种流变学模型(图 1-3-12)。

由于骨骼是黏弹性材料,当骨折发生时,应力作用速度决定骨和软组织损伤的主要因素。载荷速度越高,骨骼吸收能量越大。低能量骨折通常为线性,没有大的移位,但是,随着能量增加,骨折的粉碎程度和移位增加,同时会增加肢体软组织损伤的程度。

(二) 疲劳(应力)骨折

金属承受重复的应力会发生断裂,骨骼也是这样。疲劳骨折最常见于军队中,由于活动量极大。这种骨折也见于大运动量训练的运动员、芭蕾舞演员。Frankel 和 Brustein 认为应力骨折的关键因素