

总 论

第一章 骨骼发育的解剖生理

儿童发育中的不成熟骨与成人的相对静止的成熟骨相比，在结构和功能上均有明显差异，因此，在遭受外伤及其他致伤因素后易于发生与成人不同类型的骨折。在同一个骨骼中也存在不同的骨折形式，这与儿童的发育与解剖密切相关。有些骨折会影响到骨骺、骺板、干骺端和骨干的发育。因此，要了解儿童骨骼损伤，首先要对儿童发育过程中的骨骼解剖学和生理学有充分的了解，为正确判断与治疗儿童不同部位骨折类型及防止骨骼发育畸形打下坚实的基础。

第一节 骨骼的发育与解剖

一、骨的发育

骨骼的发育一般有两种形式，即膜内化骨和软骨内化骨。

(一)膜内化骨

在胚胎期，所有骨骺结构最初都是由间质细胞的集聚而构成。这些细胞一部分转化为纤维细胞组织而直接骨化形成由膜衍变成骨，称为膜内化骨。膜内化骨由结构上类似分化雏形骨的

间质细胞组成。锁骨是胎儿首先出现的膜内化骨，其次是下颌骨，它们在早期膜内化骨已充分形成之后，两者最后均成为透明软骨并部分转化为软骨内化骨，这种后来出现的软骨称为继发性软骨。实际上在所有的骨骺中都有膜内化骨，为继发性膜内化骨。在发育过程中，管状骨的皮质骨逐渐为专门的间质分化形成骨膜和软骨膜、包绕骨和软骨，其骨膜较厚，成骨细胞非常丰富。临床中常见这种膜内化骨，如骨折愈合过程中膜内化骨形成的新骨。在骨髓炎中骨膜被掀起，骨干因感染等原因形成死骨，而被掀起的骨膜逐渐形成一个较厚的骨壳。因骨缺损而行骨干移植后的替代过程亦为膜内化骨等。这类膜内化骨过程在生理性骨折愈合过程中起着主要作用，特别是儿童。

(二)软骨内化骨

躯干和四肢的骨骺成分来自软骨内化骨。它们最初由间质细胞转变为软骨细胞。随后又经过两个不同的过程转变为骨性结构：一是围绕软骨原基干的中部形成骨性套管，伴有血管侵入形成初级骨化中心；二是在出生后的生长过程中骨的两端形成由血管调节的骨性转化，由软骨性骨骺转化为二级骨骺骨化中心，这种连续动态的软骨组织逐渐由骨性组织替代的过程称为软骨内化骨。软骨内化骨是躯干和四肢骨骺成分初级骨形成的过程。在正常骨折后愈合过程中的骨痂形成和成熟也可重现这一过程，既软骨内化骨就是先存在的软骨组织连续性被骨组织所替代，整个过程是连续的。

二、骨的解剖

儿童的长骨可分为几个解剖区，即骨骺、骺板、干骺端和骨干。它们基本上来自软骨内化骨，随后骨干部分又有膜内化骨的

补充，膜内化骨使骨结构增加了厚度，随着正常生长发育而逐渐成熟。在正常生长过程中，每个解剖区域均易遭受损伤而导致发育畸形。

(一)骨骺

在出生时，除股骨远端外的所有骨骺都是位于长骨（包括手足部的短骨）两端的完全性软骨结构，这种软骨性结构称为软骨骺。而其相应的骨化结构称为软骨——骨骺，或简称骨骺。每一个软骨骺在其特定的时间内出现二级骨化中心，并逐渐增大，直到骨骺成熟后整个软骨骺被骨组织所替代，只剩下关节软骨。骨骺因所处的解剖部位和功能不同分为压力骨骺和牵拉骨骺。压力骨骺位于四肢长骨的骨骺，构成关节的一部分，是关节内骨骺，它承受着骨骼传递的压力，起着纵轴生长的作用。牵拉骨骺位于肌肉的起、止点，承受着肌肉的牵拉力，它既不构成关节，也不影响骨的纵轴生长，如股骨大转子和胫骨结节骨骺等。四肢长骨骨骺在两端，而手、足部的掌、跖骨和指、趾骨只有一个骨骺。第一掌骨和第一跖骨的骨骺位于近端，其余掌、跖骨骨骺均位于远端，指（趾）骨骨骺均位于近端。

根据四肢各骨骨骺骨化出现时间不同，可以作为判断骨骺发育是否延迟的标志，同时也可作为测定骨龄的标志。

(二)骺板

骺板是胎儿期和出生后软骨内化骨的主要结构，大多数骺板在发育过程中其轮廓保持一致，但少数有较大的改变，特别是肱骨和股骨的近端及股骨远端，肱骨近端骺板从开始的横形变成具有高度曲线的结构，股骨近端也从开始的横形变成倒 L 形，股骨远端也由横形变成双隆突状。由于骺板轮廓的不断变化，对不同骨折形式的易感性也在变化。

骺板软骨能透过 X 线,骺板的 X 线表现可从干骺端的轮廓作出推测,而骨髓中的骨化中心更能比较准确地推测出骺板的轮廓。当二次骨化中心增大至接近骺板的轮廓时,骨化中心由球形开始变扁,其轮廓也逐渐发育成熟与干骺端平行,当骨化中心接近骨髓的外侧和关节下方时,也发生类似的变化。

骺板有两种基本类型:一种是盘状;另一种是球形。长管状骨的初级骺板大多是盘状,其特点是由骨髓的透明软骨逐渐转变为较平区域的进行快速分化和成熟的软骨,其主要功能是产生快速的纵向生长。短管状骨及部分腕骨和跗骨的骺板为球形。这种球形骺板对纵向生长的作用很小,但能使骨端的轮廓扩大。骺板的主要特征是自胚胎期直至骨骼发育成熟,其结构始终不变。而骺板之间的差别是生长速度和生物力学应力的反映。

(三)骨干

骨干是管状骨的皮质骨组织的主要部分。出生时主要由胎儿的编织骨组成,其特征是没有 Havers(骨单位)系统。新生儿的股骨干于产前即由胎儿骨变为皮质骨,胎儿出生后骨干发育的特征是由骨外膜调节的膜内贴附骨的形成和骨内膜的再塑形同时存在,导致了骨干直径增长、骨皮质增厚及骨髓腔的形成。成熟的皮质骨特点是具有内在的、不断再塑形的骨组织模式,并逐渐成为优势。这种早期骨血管丰富,其横断面远没有青少年和成人骨那样致密。随着发育产生更多的 Havers(骨单位)系统,复制出大量的细胞间质,减少骨内的多孔性,并增加其硬度。与成熟骨组织相比,其骨膜厚,骨内血管丰富,更松地附着于骨干,具有在遭受损伤后能更快地形成骨痂的反映能力和一定的塑形能力。

大多数干骺端和骨干是肌肉的起止点,肌止附着于骨膜,使

得骨组织和肌肉组织的生长相互协调。但有少数肌肉组织，如骨内收肌止点附着于股骨远端干骺端的内侧。由于肌肉的不断牵拉造成该处的不规则骨化，不要误认为是创伤性反应或肿瘤。

(四)生长带

生长带是直接进行骨骼的纵向生长和横向生长的部位。是发生细胞分裂和新细胞形成的部位。静止的和分裂中的细胞与骨骼的血管密切相关，此生长带内含有纤维血管组织；未分化间质细胞；已分化的骨骺和骺板软骨。紧靠着静止细胞层的是活跃的细胞分裂层。骨的纵向生长和横向生长均由细胞分裂形成，以纵向生长为主，形成最早期的细胞柱的迹象。在一个活跃的骺板，如股骨下端，细胞柱可构成整个骺板厚度的一半。胶原组织在静止和分裂层任意分布，在柱状细胞间则呈纵向排列，不断进行增殖。任何累及生长带的损伤都会对正常的生长产生严重的长期后果。

第二节 骨骼的生长形式

一、骺板生长的形式

管状骨生长的特征是纵向生长，同时也有不同程度的横向扩张。导致骨骼纵向生长是骨外膜的成骨作用和骨内膜的再塑形作用的联合机理所致。骺板也有横向扩张作用，这是由骺板内的细胞分裂、基质的膨胀和 Ranvier 区周围添加细胞产生的。盘状骺板的组织之间生长与二级骨化中心的扩大直接相关。当骨骺为软骨或只有一个小球形骨化中心时，其可塑性的软骨不能对靠近骺板的组织之间的扩张起完全的机械屏障作用，导致两

者共同出现组织间扩张。当骨骺骨化中心不断发育，形成单独的软骨下板时，其组织之间扩张即被限制。横向扩张就限于周围 Ranvier 区的生长。一旦骨化中心扩大到骨骺的边缘，对周围 Ranvier 区的轻微损伤均可形成骨桥，严重限制纵向和横向生长。

影响骺板生长的因素不甚清楚，但对某些激素具有一定作用。甲状腺素、生长激素、皮质激素和睾丸酮刺激软骨生长。雌激素对已分化的软组织生长具有重要的作用并限制软骨生长。机械性因素如骨膜袖套内的张力可能控制生长速度。若骨膜袖套破裂和血液供应增加可能是骨折后常伴有过度纵向生长的重要因素。

二、干骺端的变化

干骺端为骨骺成长发育的部位，其皮质骨由多孔的松质骨组成，通过骨膜的膜内化骨使之不断增厚，同时松质骨不断被骨组织渗入，与骨折早期愈合时骨组织通过骨折处的过程相似。骨内膜也有同样的作用，但不那么广泛。干骺端中央部位有多量的骨小梁重新排列和不断的塑形，是成骨细胞分裂活跃的部位。成骨细胞活跃是干骺端骨折迅速愈合的原因。

三、生理性骨骺融合

生理性骨骺融合是指青春期骺板被正常骨组织逐渐替代。开始在骨骺骨化中心与干骺端之间形成一些小骨桥，最后软骨性骺板完全为骨组织所替代。生理性骨骺融合时间受性激素的影响，女性比男性早。

四、骨骺的血液供应

发育中的骨骺，不管是骨组织还是软组织，其血运都非常丰富。骨膜有很多小血管，对骨骼的发育生长起着重要作用，骨干的内膜面接受来自滋养动脉的血运，并通过滋养动脉供给干骺端血运。骨骺由通过软骨的血管供应血运。骺板的血液供应来自三方面——骺血管、干骺端血管和 Ranvier 区软骨膜血管。

第三节 骨骼的生物力学

在儿童生长发育过程中，骨骼常常受到各种复杂形式力的作用，这些力可以引起骨骼的轻微改变，产生相应形式的生物力学反应。如骨骺和骺板的软组织被骨组织所替代；骨组织数量的增加，骨小梁方向的改变和不同组织学类型的量变等。这些局部的轻微改变称为应变，而作用在这种局部上的力称为应力。

骨骺骨化中心的发育既有遗传的因素，也受到生物力学因素的作用。骨骺的某一区域在一特定时间内，关节应力积累达大量，既在有丰富血液供应的区域刺激骨的生成，形成骨化中心。如果应力不正常，髋关节发育不良或先天性挠骨头脱位时，这种骨化过程可能延迟、不规则或处于偏心位。因此，生理性应力对骺板和二级骨化中心的正常发育具有重要作用。应力是骨和软骨对外力的内部阻抗，是难以测量的物理学现象，可考虑为单位面积所施加的力及力的速度。在正常情况下，骨骼内有三种应力，即传力、压力和剪切力。压力和传力以不同的角度作用于骨骼，而骺板内的波浪状和乳突状突，具有发挥对抗压力和传力的作用。干骺端和骨骺内发育中的骨小梁也是一种对正常负重

和功能性应力的直接反应。剪切应力作用于除 90° 以外的任何角度。骺板内的波浪状和纤维软骨也具有减少剪切应力的一种生物性反应。如应力超过某一部位骨骼的生理反应能力，就可能导致断裂而发生骨折，因此，应力可刺激骨骼发育和塑形，也可能导致骨折。这取决于应力的大小、作用的方向和时间及接受负荷的速度。每个骺板内均具有承受一定应力的正常生物学范围。在生理承受限度之内的压力或张力能促进骨骼的生长，压力较张力更明显。如超过生理限度时，可减慢骨骼生长，甚至停止生长，某些骨骼损伤时可出现此类现象。上述现象称为 Heuter-Volkmann 软骨生长反应定律。

第二章 骨骼损伤病因病理和分类

第一节 病因病理

一、病因

儿童骨骼损伤的病因就是指发病原因，或称为致病因素。了解损伤的病因，才能对损伤的性质和程度作出客观正确的估计，对治疗有着重要的指导意义。损伤的病因分为外因和内因两方面。

(一)外因

损伤外因是指外界作用于儿童而导致损伤的因素，主要指外力致伤。人体遭受外力的作用可引起各种损伤。如跌仆、坠落、撞击、扭捩、压轧、挤压、刀伤和持续劳损等。

根据外力性质不同，可分为直接暴力、间接暴力、肌肉强烈收缩和持续劳损等四种。

直接暴力所致的损伤发生在外力作用的部位，如撞伤、刀刃切割伤、挤伤、机器压轧伤等，暴力作用的部位出现横断、粉碎骨折等均属此类损伤。此种损伤儿童较成人少见。

间接暴力所致的损伤发生在远离外力作用的部位。间接暴力可分为传达暴力、扭伤暴力和杠杆作用三种。如高处坠下、跌仆、扭伤等。导致关节的扭伤、韧带撕裂、关节囊撕裂、软骨破裂、

及远离外力作用部位的青枝、斜形、螺旋形、弯曲形、竹节型骨折和分娩时骨折，骨骺压缩或关节脱位等。此种损伤儿童较为多见。

肌肉强烈的收缩力往往是机体对外界致伤因素的防御反应，多发生在肌肉起止点，如儿童跌仆手掌着地，前臂伸肌群强烈收缩导致肱骨外上髁骨折，赛跑时下肢肌肉强烈收缩导致髌前上棘或坐骨结节撕脱骨折等均属此类损伤。

持续劳损作用力是长期积累的外力，会使外力作用部位软组织及骨骼发生损伤。

(二)内因

内因是指人体内影响损伤的因素。骨骼损伤的发生主要由外界创伤因素所致，但往往与患儿的年龄、局部结构、病理因素、体质状态及先天遗传有关。

1. 年龄

从婴儿到青春期的每个年龄组都有典型的损伤形式。儿童对损伤也有某些典型反应。

胎儿受羊水和子宫壁的保护，很少发生外部创伤。但当胎儿胎位不正，又受到子宫内的压力时，则可改变其骨与关节的形状，产生体位性失调。如长骨弯曲、畸形足、髋关节发育不良，甚至产生严重的局部畸形，也可出现胫骨假关节。

分娩过程中可产生多种损伤，最常见于臀位产时，可发生骨干和骨骺软骨的骨折。以锁骨、股骨及肱骨干多见。

1岁以内发生骨折者甚少，若有多处严重骨折，则可能是代谢失调或骨骼发育不全的早期迹象。

2岁以后，特别是开始行走时，最常发生锁骨、挠骨及肱骨髁上骨折。挠骨骨折的发生率到青春期为最多，发生的部位由骨

干和远端干骺端转移到青春期的远端骺板。2~6岁儿童常发生胫骨中下段的螺旋骨折。交通事故是各年龄段儿童致伤的主要因素，其他原因所致的儿童骨骼损伤也在不断增加。

2. 局部结构

儿童骨骼处于发育过程中，骨—软骨骺是软骨内化骨，有不同程度的透X光性，损伤后很难用X线片立即作出诊断。有时必须根据临床判断来推测，以后生长了骨痂，即可用X线片确诊。损伤与局部解剖结构有一定关系，传达暴力作用于某一骨骼时，通常是在干骺端部发生骨折，如挠骨下端骨折。锁骨骨折多发生在锁骨中外1/3处的弯曲部。肱骨髁部骨折临床常见。

3. 体质

儿童体质的强弱与损伤发生有密切关系。在同一种外力作用下，体质健壮的儿童发生骨折的可能性小些；而体质较弱，或患有慢性骨发育障碍等疾病的儿童易发生骨折。

二、骨折的移位

骨折移位的程度和方向，一方面与作用力的大小、作用方向及受伤后搬运情况等外在因素有关；另一方面还与患肢远侧段的重量、肌肉附着点及收缩牵拉力等内在因素有关。由于儿童骨质较软，损伤后弹性回缩，骨折的移位不一定能代表受伤时的全部畸形程度。骨折移位常有下列几种，临床上常合并存在。

(一)侧方移位

骨折部两断端移向侧方。四肢按骨折远端、脊柱按上段的移位方向称为向前、向后、向内或向外侧方移位。

(二)成角移位

骨折部两断段的轴线交叉成角。以角顶的方向称为向前、向

后、向内或向外成角。

(三)重叠移位

骨折部两断段互相重叠，骨骼的长度缩短。

(四)嵌插移位

骨折部两断端互相嵌插，骨骼的长度缩短。

(五)分离移位

骨折部两断端互相分离，骨骼的长度增加。

(六)旋转移位

骨折部两断段围绕骨骼的纵轴旋转。

上述骨折后移位情况可单独存在，也可有几种移位同时存在。

第二节 分类

儿童骨折同成人骨折一样，有很多分类相同，现仅将具有儿童骨折特点的分类介绍如下：

以 X 线片为基础，根据骨折线的形态分为：

(一)横断骨折

指骨折线与骨干纵轴接近垂直。

(二)斜行骨折

指骨折线与骨干纵轴斜交成锐角。

(三)纵行骨折

指骨折线与骨干纵轴一致。

(四)螺旋形骨折

指骨折线呈螺旋形环绕骨干的一部分。

(五)粉碎骨折

指骨折成三块以上。在婴幼儿较少见，而青少年较为常见。

(六)嵌插骨折

指骨折两端相互嵌插，这是一种压缩损伤。多发生在长管状骨干骺端密质骨与松质骨交界处。

(七)弯曲骨折

指长管状骨变形弯曲，超出能充分弹性回缩的能力。而 X 线显示无骨折线和成角畸形，只有弯曲，并无骨痂形成，其弯曲畸形呈永久性，儿童的年龄越小，出现畸形程度越大，最常见于尺骨和腓骨。

(八)青枝骨折

这是儿童的常见骨折。仅有部分骨皮质和骨膜被拉长、皱折、断裂。骨折处有成角、弯曲畸形，与青嫩的树枝被折时相似。

(九)骨骺分离

发生在骨骺板部位的骨折，对骨骼发育影响较大。

根据骨折后就诊时间，成人可分为新鲜骨折和陈旧骨折。儿童因其骨折后愈合过程相当快，年龄越小，骨折愈合时间越短，如股骨干骨折，新生儿只需 3 周骨折即可愈合；而成人则需 20 周左右骨折才可能愈合。在损伤后至就诊的时间关系亦很大，如有些骨折后第 1 天即可能达到闭合复位，到受伤后第 2 天就有可能难以复位，因此，对儿童骨折来说有的损伤后不长时间即为陈旧骨折。

对儿童来说，一般骨折后 1~2 周内的可称为新鲜骨折。1~2 周后就诊的骨折称为陈旧骨折。

第三节 骨骺损伤的分型

在儿童骨折中接近 15%累及骨骺。可发生在儿童发育期的任何年龄,但以快速生长期多见。据统计除肱骨远端外,男孩 12~13 岁,女孩 9~12 岁发生骨骺损伤为最多。男性多于女性,这可能是由于男孩接触致伤因素的机会较多,特别是运动的创伤所致;其次是因男孩骺板融合的时间较晚,增加了可能遭受损伤的时间。

由于骨骺损伤有不同的类型,其治疗和预后也有很大区别。因此,对骨骺损伤进行分型具有非常大的重要性。临床上较常用的为 Salter~Harris :

I 型 骨骺与骺板从干骺端完全分离,分离多发生在生长板的肥大细胞带,其软骨的生长带留在骨骺一侧,所以,多不发生生长障碍(图 1-1)。X 线片显示骨化中心移位。该型复位容易,预后良好。股骨头骨骺分离由于骺动脉多被破坏,其预后不佳。

II 型 骨骺分离带有一干骺端骨片(图 1-2)。该型临床最常见。好发部位在桡骨远端、肱骨近端及胫骨远端。骨折线通过骨骺干骺端的肥大细胞带亦累及干骺端一侧的骨质,骨折线呈三角形。此型复位容易,预后良好。

III 型 骨骺骨折,骨折线沿骺板的一部分延伸并通过骨化中心进入关节的骨折(图 1-3)。多发生在胫骨远端和肱骨远端外侧。无移位、关节面平整者预后良好;有移位者需进行手术复位,钢针固定。

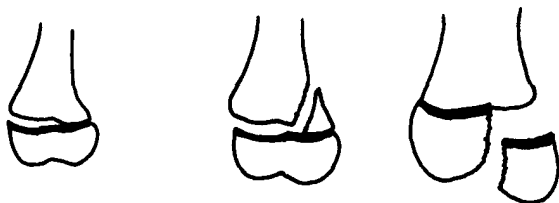


图 1—1 骨 骺 损 伤 图 1—2 骨 骺 损 伤 图 1—3 骨骺损伤
I 型 II 型 III 型

IV 型 骨骺和干骺端的骨折,骨折线通过骨骺、骺板和干骺端(图 1—4),所以,容易引起生长发育障碍和关节畸形。此型临床较多见。

V 型 骺板挤压伤(图 1—5)。多为严重暴力造成。由于骺板软骨细胞损伤严重,导致骺板早闭和生长停止,逐渐发生骨骼变形和关节畸形。此型损伤后早期 X 线往往显示不清损伤情况,多在后期发生骨骺生长障碍时才能作出诊断。

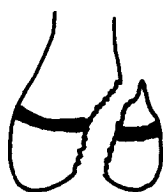


图 1—4 骨骺损伤 IV 型



图 1—5 骨骺损伤 V 型

第四节 骺板对损伤的反映

骺板的强度是由细胞结构的类型、排列和细胞间的软骨基质决定的。一般静止细胞层和增殖细胞层的软骨基质丰富,骺板

内部结构强。而肥大的软骨细胞由于增大，基质少，使其成为骺板最薄弱的部分，易遭受剪力、弯曲力和张力而分离。临时钙化带因钙化而得到加强，但仍比较薄弱，所以，骨折通常累及骺板的肥大细胞层和临时钙化层。

骺板周围的骨膜很厚，并与骨髓的软骨膜和关节囊韧带相融合，显著增强了骺板对抗剪力和张力损伤的强度。干骺端附着的骨膜比较疏松，使其在保护发育中的骨干免受骨折时似乎不可能起任何重要作用；在儿童出现青枝骨折中，骨膜具有稳定作用，并且由于其成骨能力强，可迅速形成骨膜下新骨而使骨折极早愈合。

损伤后对骺板影响的实验研究很多，早在 1867 年 Ollier 用未发育成熟的兔子和猫进行实验，跨过骺板做线形切开，观察骨髓及骨龄生长情况，结果浅表切开不影响骨的生长，而深层切开则发生生长停止。Voget 用山羊和绵羊做实验，在骺板的自然分裂线处将骨髓分开，并不影响骨的生长。Friedenberg 实验证明，切除兔子的部分骨髓则往往造成骨骼过早停止生长。

Johnson 等通过动物实验证明，经股骨远端骺板中央钻孔，在孔中插入腓骨植骨，产生剧烈的细胞反应，有时可出现骨髓和骺板与腓骨的微小融合。

大的干骺部中央性骨桥将使骺板完全停止生长，而小的则影响较小。干骺部周围性损伤对骨发育生长潜力影响较大，往往导致损伤处骺板产生骨桥，因而使损伤处骺板停止生长，导致骨骼发育畸形。

第三章 临床检查法

第一节 问诊

当受伤儿童就诊时,医生需要了解受伤情况,以便于估计致伤部位及范围,但询问患儿的病史存在着一定困难,儿童常不能提供详细的受伤史,因此,常需患儿父母代述损伤时情况。医生要与患儿和患儿父母建立良好的关系,要用通俗的语言,尽可能详细地询问患儿的各种病情。对患儿表现热情、关心、理解,避免厌烦、粗暴的态度。将诊断和治疗的情况,可能发生的问题,以及可能的功能丧失情况和随访、定期复查的重要性等,向患儿和父母解释清楚,争取他们的理解和配合。患儿父母往往因为儿童外观上正常而忽视随访,使有些骨骺损伤后延误了对骨骼过早停止生长的早期诊断,因而影响治疗,产生某些不良后果。

询问时从一般项目开始,包括患儿姓名、性别、年龄、出生时间和地址等,应重点询问以下几个方面:

一、主诉

询问患儿主要症状及发病时间。其主诉主要包括疼痛、畸形及活动功能障碍。

二、伤势

询问受伤的原因,如跌仆、堕坠、车祸等受伤时体位,如跑