

## 急性放射病时骨内血管的改变

血管照射后的改变是急性放射病最特有的一种表现,这种表现已经在各个器官和系统中得到了十分详细的研究。已查明,血管床的口径变化随血液循环性障碍和自发缓解期的相互替换而呈周期性发展。Ярмонецко认为,研究血管的受损机制对于弄清血管营养对组织的抗辐射和辐射损伤的影响具有极重要的意义。

### 材料与方法

实验用120只性成熟家兔,每只体重2.5~3公斤。对其中的30只家兔进行了显微血管造影观察:在麻醉的情况下,将不同粘度的硫酸钡悬液注入活体动物的主动脉和颈动脉。为了使骨内血管的显微血管造影观察得到最佳效果,最好是使用“配声溶液”(Озвученную)即:在2%的羧甲基纤维素内加入50%的硫酸钡悬液。

在分析显微X线照片时,注意造影物质的分散程度是十分重要的。

动物接受γ射线全身照射,剂量率89~92伦/分,照射剂量670伦。所有动物都表现了中度或重度放射病。将动物按受照后第1, 4, 7, 14昼夜分组观察。每组9~14只家兔。用МБС-1显微镜的目镜测微计,进行目视和X线照片的测微分析。以Степанцова法测定骨头总的血管形成。根据横穿股骨干平均三分之一的线来计算血管的数量并测量其直径。公式如下, $\Sigma = d \cdot n$ ,  $\Sigma$ ——血管总口径,  $n$ ——血管数,  $d$ ——血管口径。

### 结果与讨论

在血管造影和显微血管造影时,所有动物都明显暴露了自滋养动脉到颅分支和尾分支的这段骨动脉床。大部分个体(75%)的骨内动脉分支属于干线型,其余的属于散体型(15%)或双歧分枝型(10%)。必须注意,在健康动物的显微血管造影中几乎没有记录到造影物质从动脉流入干静脉的现象。特选方法中的造影物质只有在骨髓窦水平以下才渗透,形成充满造影物质的骨髓窦所特有的小斑包涵体图像,这种包涵体分散在整个骨髓内。骨髓内的正常窦和骨内血管在放大10~20倍时在显微血管造影中能特别清楚地被分辨出来。骨髓静脉窦显示为网状X线阴影区,面积为0.1~0.2毫米。造影

物质从窦部流入毛细血管,小静脉和静脉根的表现极不明显。显微血管造影的主要长处在于,不仅可以用它来研究细小血管分支很丰富的骨内膜血管网,而且可以研究哈弗氏小管,福耳克曼氏管,骨膜和周围软组织的血管网。显微血管造影测定了上述骨血管丛之间的大量动静脉吻合支,而这些动静脉吻合支构成了骨及其周围软组织的统一的、相互沟通而且协调一致的血管网。在进行显微血管造影观察时,我们注意了骨内血管的解剖生理学特点,其中包括:骨内静脉无瓣。

所有实验动物的骨内血管都出现了辐射后改变。机能征兆是:血管口径和血管形态出现了改变,同时,造影物质(血)从动脉床进入静脉的动静脉循环机制失调。

照后1昼夜,所有的实验动物都由于预备侧支的扩张而出现了血管数量增加,其总口径几乎增加了1倍。在这种辐射后的充血中,直径0.025毫米左右的末梢分支基本上都扩张。直径为0.05~0.25毫米较大的分支没有增加,甚至有所减少;还观察到这些较大的分支出现了狭窄。所有实验动物的早期辐射反应都表明,骨内血管的改变具有重要的局部特征,哈弗氏小管与正常者相比稍稀疏。由于某些小血管的部份堵塞,出现了血管张力障碍的特殊征兆,这种特殊征兆是全骨各部份大量无血管区和血管不足区所特有的。张力障碍在骨髓内的表现最为严重,由于这种张力障碍的作用,骨髓血管表现了高度充血。在骨髓、骨膜和软组织的所有区域,都可观察到造影物质从动脉进入静脉的现象。尤其需要指出,静脉性充血特别严重,而且主要是营养静脉。这种现象甚至在一般的血管造影研究中也可以很容易地观察到。显微血管造影有关骨内微循环照射后早期改变的最重要征兆,是血液(造影物质)沿着开放的动静脉吻合支大量地从动脉流向静脉,这时小血管和毛细血管严重扩张。末梢血管床出现的这种调节功能失调,是骨及周围软组织静脉充血的一个重要原因。血管和血循环的改变在骨髓内表现尤为明显。在全部血管试验中,毫无例外,血管均为造影物质过度充盈。静脉干的扩张不规则,形成波状外形,沿静脉出现了缠勒过紧的现象。由于存

在大量的直接连大静脉的小静脉干,某些血管的界线就难以划分了。在全貌血管造影中,没有发现骨髓窦小斑充盈的花纹,而这种花纹是正常动物特有的。

照后第4天,骨血管血循环失调加剧。由于第1天出现过小血管扩张,第4天在所有的动物中,都可观察到贴近直径0.25毫米分支的大动脉分支有了扩张,这在对照组动物中一般是不会见到的。现有资料表明,重度和中度放射病时,骨血管和血循环的紧张度与其它器官和系统不同,在假愈期事实上见不到相对正常期,始终存在张力减退型障碍。与第1天的情况比,血管充血数有了增加。血管紧张度的逐渐减退,自然地引起了骨髓生长区和骨干骨髓内造影物质的动静脉溢流加剧。分析显微血管造影,可得出结论:动脉造影物质既可以沿扩张了的毛细血管,也可以沿动静脉吻合支向静脉溢流。只是由于对骨内血管构造掌握不多,以及很少进行大量对比,要揭示这种溢流的特征是很困难的。就血液动力学讲,造影物质通过开放的动静脉吻合支,从动脉直接流入静脉,要比通过毛细血管容易。因此,动静脉吻合支周围的毛细血管往往始终不会为造影物质充盈。所以说,以无血管区为背景;显示动静脉吻合支,并对它们进行 *скелологический* 分析要更为实际一些。

假愈期动物骨血管床的照后改变不会单一地受病情影响,而是继续发展,在照射后的第2和第3周,即放射病极期,达到高峰。这以前(第7天),所有骨段血管动脉和静脉网在血管造影图中的变化是无法辨认的。如全貌血管造影所示,在骨组织和骨髓内,除血管变形外,还表现为广泛造影物质髓旁“肿胀”。这种大片的造影“湖”可以在骨头和骨髓管的所有区域探索到,特别是在骨髓区最明显。甚至在我们对放射病初期和极期的血管造影和显微血管造影进行大略地目测对照时,也可以清楚地看到骨血管网的深度改变。发病初期出现的早期动静脉充血征兆,在放射病极期事实上已看不到。由于小血管和毛细管网内造影物质的充盈现象消失,骨内动脉管和静脉管的区分已较容易。骨头末梢血管被毁坏的显微血管造影图像是如此地与众不同,以至于你不可能把它与别的任何状态混为一谈。钡滞留在某些毛细管里,成了分散的小灶,它们或成游离状态,或与细小动脉结合,形成了小动脉的细支。处在张力障碍状态的动脉血管,分支血液运行中出现了痉挛性缠勒过紧、扩张,各种口径的末端圆形

分支、以及近末梢动脉直缝狭窄性失调的征兆。自然,骨血管出现了如此粗糙的机能性改变和解剖学改变,它也就不可能保障血液向所有骨组织理想的运行。以减弱的血管图像为背景,显微血管造影法可以较为成功地分辨出微循环的病理生理特点,这些特点是:几乎所有的骨末梢血管——毛细管,小静脉,静脉窦和小动脉——都出现了淤积性充血。由此可知,显微血管造影揭示了骨末梢血管毁坏的图像,揭示造影物质没有从动脉向静脉溢流。骨内血液循环的这种状态得到了很大的扩展。哈弗氏系统和静脉窦之间的动静脉交流可以在骨致密质中得到很好地鉴别。许多情况下,大量的造影物质成云雾状散布在血管周围组织内。它们的扩展促使血管壁的渗透性加强,破坏了血管壁的完整性。

照后第14天,骨血管破坏进一步加剧。显微血管造影可见血管数量减少,其口径的狭窄程度比第7天更为严重。显微血管造影征兆最集中的地方是骨髓区,征兆程度最小的地方是骨干区。其中,骺软骨的生长区和小梁间空隙处骨髓毛细管网的毁坏情况特别明显。同时需要指出,骨小梁哈弗氏系统的血管和这一区域的小梁相比,显得比较完整。在骨干区,可见到静脉根和小静脉处聚集着大量直接渗入大静脉壁的造影物质。骨髓内和骨髓管髓旁间隙内停留有大量的局部块状造影物质。

## 推 论

总结血管造影和显微血管造影的综合观察结果,首先必须指出,以活体注射造影物质进行的骨内血管显微血管造影法是获取血管机能学和解剖学状态客观资料的一种高信息性方法,尽管这种观察还是件新事物,而且实践的次数也很少。看来,在局部解剖性相关组织不存在障碍的情况下,我们暂时还不能提出观察骨血管的其它方法。在实验条件下得到的这种X线症状学可以直接被用于临床,毫无疑问地,它对于医学放射学是有重要价值的。

根据上述资料可以推定,在放射病的初期反应期和极期,其本身会引起血管不可逆的机能学和解剖学改变。将骨内血管辐射后的口径变化综合症与皮肤,肺,肝及其它器官的改变进行对照,可以认识到与普通生物学反应一样,这也是骨内血管,尤其是骨髓血管所固有的特点。其中最重要的要算,假愈期血管紧张度和其它代偿性反应的恢复表现不够明显。同时还有,引起骨髓,哈弗氏系统和骨髓静脉充血的小血管张力减退现象异常明显,这种现

象从照后第一天始,至放射病极期一直存在。

根据显微血管造影资料可以弄清,血管机能解剖学改变最明显的是骨髓区和骨生长区。对血管形成进行X线照片测定评价的结果,原则上推定,放射病的假愈期实际上完全不存在血管紧张恢复的倾向。这一效应可能与这些部位的血管解剖学和生理学特点有关系,因为骨血管实际上完全得到了保护,避免了周围环境中辐射因子和机械因子的直接作用。然而,骨内血管放射损伤本身的最重要因素是,其血管壁缺乏肌性成分,以及内皮细胞和网状组织饱和度异常地高。根据Reinhold对骨血管内皮放射敏感性和辐射损伤的研究来看,我们对骨内血管形成障碍所进行的血管造影症状学可以由形态学所记录的血管内皮细胞剥脱和损伤的明显效应得到解释。

对骨血管放射损伤显微血管造影症状学进行分析时,可适当地以Borack的理论作为指导。这个理论是:由于调节毛细血管血流的受照内皮细胞的渗透功能障碍(膨大),微循环出现紊乱。我们发现的毛细管网充满造影物质的现象也是由这一效应引起的。而不是像一些作者认为的那样,是由动静脉吻合支机能失调引起的。根据我们的资料看,动静脉溢流的病原学作用只是在动脉水平和小动脉水平才表现出来。因为动脉壁和小动脉壁都有着发育良好的肌层,所以血管造影文献中提到的关于随着血

管紧张度增强或减弱而出现张力障碍的概念只对肌型血管适用。

许多作者提出的推论在这里得到了证实,这就是:照后血液动力学变化的基础是由于通过毛细血管和动静脉吻合支的血流(造影物质)机能失调。在骨髓内,造影物质通过较大口径的毛细血管(口径为0.02~0.03毫米),以及通过无数开放的动静脉吻合支,大量流入静脉窦,小静脉,甚至直接流入大静脉。在骨髓的另一些部位(骨髓,哈弗氏系统,骨内膜),造影物质经毛细血管溢流的现象未见或少见,而常见的则是功能性动静脉吻合支溢流。通常,在动静脉吻合支的周围可观察到坠积性充血区和充溢的静脉根。

## 结 论

1. 急性放射病时,骨内血管发生了深度的机能学改变和解剖学改变。

2. 骨内血管照后改变的特点:张力减退型障碍发展,在疾病的假愈期,实际上完全不存在代偿性反应。

3. 随着放射病的发展,血液(造影物质)从动脉流入静脉床(即经严重扩张的毛细管,也经动静脉吻合支)的现象加强了,这使骨髓旁间隙静脉窦内出现了大量块状造影物质。

(Амосов ИС等:Мед Радиол 23(2):64~73, 1978(俄文)吴文智译 许祥玉校 郭裕中审校)

# 电离辐射所致疾病的判断标准

本判断标准是劳动部于1976年11月8日修定发布的。执行时要在充分领会的基础上认真处理,切勿延误。本文“说明”部分是对放射损伤的类型和判断标准以及照射剂量的评价加以说明,应与正文作为一个整体看待。

## 条 款

### 第1,关于放射损伤的类型

从事放射损伤防护规则(1972年劳动部令第41号)第2条第1项所规定的电离辐射(以下称“电离辐射”)照射的职业,以及从事过这种工作的工人因电离辐射而发生的疾病如下:

#### 1. 急性放射损伤

是指在比较短期间内,受大剂量电离辐射照射所发生的损伤,包括(1)急性放射病(包括急性

辐射致死);(2)急性放射皮肤损伤;(3)除(1)、(2)外的其他急性局部放射损伤。

#### 2. 慢性照射所致放射损伤

是指在长时间内连续或间断受电离辐射照射所发生的损伤,包括(1)慢性放射皮肤损伤;(2)造血器官放射损伤(白血病和再生障碍性贫血除外)。

#### 3. 电离辐射所致恶性肿瘤

是指受电离辐射照射后,经过较长的潜伏期所出现的恶性肿瘤,包括:(1)白血病;(2)外照射引起的皮肤癌、甲状腺癌和骨恶性肿瘤;(3)内照射引起的肺癌、骨恶性肿瘤、肝及胆道系统的恶性肿瘤、和甲状腺癌。

#### 4. 电离辐射所致退行性疾病等,

除上述1~3所列疾病以外的疾病,包括:白内