

# 股骨颈骨折后股骨头血运评估研究现状及进展

章猛奇<sup>1</sup> 彭笳宸<sup>1</sup>

[关键词] 股骨颈骨折;股骨头缺血性坏死;影像学技术;评估;综述

[中图分类号] R681.8 [文献标志码] A [文章编号] 1005-0205(2019)02-0082-04

股骨颈骨折约占全身骨折的 3.58%<sup>[1]</sup>.我国大多数老年人存在骨质疏松、骨强度下降等问题,随着我国生活水平及医疗水平的提高,人均寿命不断延长,股骨颈骨折的发病率也日渐增高,加上人口老龄化加重,股骨颈骨折逐步成为了一个严重的社会问题。股骨颈骨折后易出现骨折不愈合、股骨头缺血坏死等不良预后,这与局部血运的破坏程度有着较大的关系,创伤后股骨头血供的残存情况很大程度上决定了患者的预后,指导外科医生的治疗方案的选择。本文对目前文献报道常用的股骨头血供评估方法进行总结,以早期评估骨折后股骨头血供的残留情况作为内固定术后骨不愈合及骨坏死风险的评估指标,探索最大程度保留患者自身关节以及更高的“成本-效益比”的方法。

## 1 股骨头的正常血供

股骨头的血供大体可以分为 2 个方面,股骨头骨外动脉和股骨头骨内动脉。股骨头由于其特殊的解剖结构血供相对较少,其中旋股内侧动脉和旋股外侧动脉是主要的供血来源,而旋股内侧动脉损伤也是导致股骨头缺血坏死的主要因素<sup>[2]</sup>。股骨头骨外动脉中,旋股内动脉起自股深动脉,在股颈远端的上外侧发出进入股骨头关节囊内的上支持动脉,在股颈后内侧发出进入股骨头关节囊内的下支持动脉。旋股外侧动脉从股深动脉发出,目前已成为股骨头坏死和股骨颈骨折带蒂骨瓣移植最主要的供区动脉。Grose 等<sup>[3]</sup>对血管进行造影发现臀下动脉参与动脉环进入股骨头,认为在手术后路暴露的时候应注意保护重要的血管分支。股骨头内的动脉循环由股骨头髂循环和干髂循环组成,外髂动脉由上支持带发出,其供应股骨头约 4/5 区域、下干髂动脉由下支持带发出,其供应股骨头约 2/3 区域,而前支持带动脉和股骨头圆韧带动脉并不是主要影响骨头血供的动脉<sup>[4]</sup>。自 1950 年起,很多研究者通过对股骨头进行血管灌注研究后发现股骨颈部的支持带动脉是股骨头的血供主要来源,其中以上支

持带动脉最为主要。Trueta 等<sup>[5]</sup>也通过研究得出了相同的观点,认为股骨头内最重要的供血动脉是上支持带动脉。传统的三枚空芯钉置钉技术需穿过髋板,而髋网和髋内血管弓状结构概念的提出,认为这种置钉方式会损伤髋网和髋内血管弓状结构。钻孔和将内部植入物放置在靠近股骨头中心区域的位置,可能有助于减少医源性损伤对骨内血管系统的影响,降低股骨头坏死风险<sup>[6]</sup>。

## 2 创伤后骨坏死的相关因素

目前认为与股骨颈损伤最密切相关的因素是骨折后的股骨颈的移位程度,Garden 分型最常用于评估股骨颈的移位程度,同时也是目前应用最广泛的分型类型,除此以外还有解剖部位分型多用于评估股骨头血供,AO 分型多用于体现骨折的形态,Pauwel 分型体现的是骨折的垂直度,近年来也有人提出 VN 角(颈垂角)分型在评价空心螺钉固定的压缩效果上优于 pauwel 分型。Garden I 型是指股骨颈不完全骨折,约占股骨颈骨折的 2.7%<sup>[7]</sup>,以往该类型的骨折多采用保守治疗方式,然而在保守治疗的过程当中不恰当的搬运等可能会加重患者的创伤甚至是骨折的移位程度,最终导致骨折延迟愈合甚至不愈合。Chen 等<sup>[8]</sup>通过对大量股骨颈骨折患者的影像学研究后认为 Garden I 型骨折事实上全部为完全骨折。在传统的 X 线的检查中,通常以骨折线与投射方向垂直为最佳方位,可以最大程度上减少骨折端的重叠,而 CT 扫描相比较 X 线检查,可以减少因骨折端重叠而错误诊断分型的弊端,在早期就可以正确判断骨折损伤严重程度,有助于合理治疗方案的选择。

除了血管损伤以外,创伤后关节囊的压力增高也是创伤后骨坏死的重要因素之一。关节囊内正常压力为 0.00~2.66 kPa<sup>[9]</sup>,血管内正常压力为 5.32~10.64 kPa<sup>[10]</sup>。Drake 等<sup>[11]</sup>发现当髋关节的囊内压力高于动脉舒张压水平(0.67 kPa)时股骨头的灌注将显著下降。Garden 分型 I、II 型的患者中,患者的骨折移位程度较小,但创伤后由于血肿的积聚,加之患者的关节囊是处于一个完整的状态,导致关节囊的压力增

<sup>1</sup> 遵义医学院附属医院关节外科(贵州 遵义,563000)

高产生堵塞效应,使得降低甚至终止血供。股骨颈骨折后不恰当的治疗,如过度的牵引,后伸、内旋和外展灯不恰当的体位都可能导致患者关节囊的压力增高。Stromqvist 等<sup>[12]</sup>曾在髋关节伸直内旋位时测得关节囊内压最高达 37.33~40.00 kPa,在这种情况下关节囊外血供是不可能克服阻力进入关节囊内的。因此在术前患者通过前屈、外旋、内收体位来增加关节囊的体积,有效降低关节囊的压力。在股骨颈骨折后急诊行髋关节囊减压术,降低关节囊的压力也不失为一种防止股骨头坏死的有效方法,对患者的预后可能有益。虽然解剖复位可以有效的减少股骨头坏死的风险,但是在术中行内固定的过程当中不恰当的旋转股骨头损伤小凹动脉,以及在术中暴露的过程损伤臀下动脉都有可能增加股骨头坏死风险。

### 3 股骨头血供的评估方法

#### 3.1 超选择性血管造影

超选择性血管造影技术可以直观的观察血管的受损情况,大多数临床医生认为是一项判断股骨颈骨折后股骨头血液循环损伤程度的微创性检查方法。这项检查技术最早是由 Théron<sup>[13]</sup>于 1977 年首先用来评估股骨头的血运。Langer 等<sup>[14]</sup>建议应用该项技术来评估预测股骨颈骨折的预后以及带血管骨瓣移植治疗股骨头坏死的疗效随访。杨秀军等<sup>[15]</sup>发现股骨头血液循环受髋关节体位、囊内压和牵引等因素影响,并认为该方法可直观动态观察股骨头灌注从动脉进入到引流静脉的整个血液循环过程,操作既简单又安全,一个人在独立状态下就可以完成。游浩等<sup>[16]</sup>推荐当传统 X 线片不能准确分型时,可采用 DSA 通过对残存的支持带血管进行分型,指导手术方式的选择。随着近年来对血管造影技术的不断改进,目前 Zhao 等<sup>[6]</sup>采用血管造影技术和微电脑断层扫描技术,重建了股骨头的三维结构,认为髂动脉网是维持股骨头血液供应的重要结构,提出钻孔和将内置物放置在靠近股骨头中心区域的位置,可能有助于减少医源性损伤对骨内血管系统的影响。虽然超选择性血管造影较为直观的可以观察到股骨头血管的损伤程度,但是目前没有研究显示血管损伤程度与股骨颈预后之间的具有一定的相关性。

#### 3.2 动态增强 MRI

动态增强 MRI 能很好地评价股骨近端的血流灌注状况,为评估股骨头血供的研究开拓了新的领域,相比普通增强 MRI 检查准确率更高,与超选择性血管造影相比具有非侵入性的巨大优势。常规的 MRI 作为诊断股骨头缺血坏死的常用检查手段,早在 1980 年,许多出版物就已经报道在有症状的病人身上展示了它的潜力<sup>[17]</sup>。因为骨内脂肪细胞在股骨颈骨折缺血、缺氧的内环境下可以生存 2~5 d,而只有在大分子物质

分解产生自由水分子后 T1 信号才会发生改变,所以常规的 MRI 在早期信号强度并不会发生改变,因此无法评估股骨头血流动力学或早期缺血对细胞的影响。所以目前经静脉注射对比剂后的增强 MRI 检查被用于早期监测创伤后的股骨头血供情况及再灌注状态<sup>[18]</sup>。Lang 等<sup>[19]</sup>报道了 13 例近期股骨颈骨折, MRI 结果与超选择性血管造影(7 例)或 12 个月的放射临床随访(6 例)相关;他们发现 MRI 是有用的,但有一个局限性:老年人的骨髓增强功能不佳,注射对比剂后患者股骨头灌注的信号强度的改变不明显。Kamano 等<sup>[20]</sup>采用 MRI 对比增强技术报道了 29 例在股骨颈骨折 24 h 内进行动态 MRI 检查的患者。结果根据头部增强的三个级别进行分类:类型 I 为股骨头无强化、仅见骨折远端明显强化,类型 II 为股骨头带状强化,类型 III 为股骨头持续强化,并对患者行手术加压螺钉内固定术,在平均 27 个月的 MRI 随访中发现,II 型 100% 坏死,II 型 50% 坏死,III 型无坏死,同时这个研究表明了 Garden 分型有其合理性。对于 I 和 III 型强化的阳性预测率达到 100%,II 型的阳性预测率达到 58.62%,存在一定的不确定性。Konishiike 等<sup>[21]</sup>在骨折后 48 h 内通过动态 MRI 探索的 22 例股骨颈骨折患者,根据股骨头 ROI 信号强度计算相对强化率(RER),然后按照时间—强化特征描绘三型的特征曲线:A 型为骨折侧股骨头信号强度与正常侧基本相同,提示血供正常;B 型为骨折侧股骨头信号强度较正常侧明显减低,RER 值<0.5,提示股骨头血流灌注受到不完全破坏;C 型为骨折侧股骨头的血供完全中断,RER<0.1。笔者认为显示 B 型曲线时仅表明股骨头灌注减低,不能预示坏死的必然发生。而 Hirita 等<sup>[22]</sup>随后运用上述方法对 36 例因股骨颈骨折而接受 3 根枚空心钉内固定治疗的患者进行研究,认为该评价方法预测股骨颈骨折后骨性愈合能力的敏感度、特异度和准确率分别为 81%,100%和 89%。他们的研究认为在 A 型或 B 型曲线的情况下,保守治疗是可行的。该研究中可以看到一个现象,在位移程度小的患者中有部分呈现 C 型曲线,而有些患者尽管移位严重,但呈现的曲线可能是 A 型或是 B 型的,这在某种程度上来说相比较于传统的 Garden 分型而言是一种基于股骨颈部骨折后头部残余血管数量的新的分类方式。Dyke 等<sup>[23]</sup>对 27 名位移型股骨颈骨折采用动态增强 MRI 对患者骨折侧与健侧进行灌注分析,发现与对照侧相比,在骨折侧动脉和静脉灌注减少的象限特异性降低。最近 Morimoto 等<sup>[17]</sup>对 68 名股骨颈骨折患者采用动态 MRI 阳性增强积分彩色图(PEICM)评价股骨头灌注量,根据灌注情况分成三型:A 型为颜色与未受影响的侧显示正常灌注相同。B 型为颜色比未受影响的侧暗,显示灌注减少。C 型为颜色为黑色,表示完

全没有灌注,他们认为 PEICM 能准确检测股骨头灌注,并且推荐对于年龄较大的 C 型患者,应考虑进行一期假体置换,以尽量减少翻修手术,即使是在未移位的股骨颈骨折中也是如此。对比增强 MRI 通常在伤后 48 h 内完成,但对于股骨颈骨折的患者而言,越早行骨折解剖复位,使得头部血管重建是至关重要的,这也是对比增强 MRI 检查的一个不足之处。

### 3.3 血流动力学检测

血流动力学检测技术作为一种类似于血管造影术的宏观分析,对股骨头血供的分析更为精确,但缺点是设备昂贵并且具有侵入性。Swiontkowski 等<sup>[24]</sup>最早采用激光多普勒流速测定仪对确诊为股骨头坏死的患者进行评估,其通过置入在股骨头上方的一个导引器,分别测量了股骨粗隆区、股骨颈、股骨头塌陷周围及软骨下区的血流状况,通过对比坏死区与假定健康的参考区(股骨粗隆区),发现坏死区的血流减少。此后,Sugamoto 等<sup>[25]</sup>最近将这种方法应用于股骨颈骨折,他们发现结果与 Garden 分型具有相关性,且该作者认为当波峰和心跳有同步且值超过 30 个灌注单位,就没有严重的血管损伤。

### 3.4 放射性同位素骨闪烁成像技术

放射性同位素骨闪烁成像作为一种定量检测方法,与 CT 和 X 线等影像学检查方法相比,其优点在于可以在早期定量提示血流动力学以及骨内代谢的改变。与计算机断层扫描(CT)相比更敏感,对在放射示踪剂注射期间和注射后的图像进行血管灌注和骨髓摄取分析,可以更早的得到结果。CT 在注射造影剂后对松质骨组织的增强不够敏感,因此不能很好的对股骨颈骨折后股骨头血管进行早期评估<sup>[26]</sup>。早在 1950 年,Tucker<sup>[27]</sup>就率先采用放射性同位素示踪剂来诊断股骨头坏死。Technetium 99m 骨显像技术用于残余血管评估的兴起可追溯到 20 世纪 70 年代末,尤其是 Webber 等<sup>[28]</sup>和 Meyers 等<sup>[29]</sup>的研究,这种同位素在一般的组织血管中无法被吸收,但是在骨骼中容易被骨髓网状细胞吞噬。Meyers 等<sup>[29]</sup>对 95 例股骨颈骨折进行了前瞻性研究,随访后发现预测股骨头坏死的准确性可以高达 95%,并建议在骨折的前 24 h 内进行检查,以评估坏死风险并指导临床治疗方案的选择。在一项“动态”前瞻性研究中,Bauer 等人应用该技术展现了股骨颈骨折的演变过程,在术后 4,8 和 12 个月进行 Technetium 99m-甲基二膦酸盐闪烁成像,对比骨折侧与健侧,发现同位素活性随时间推移而下降。Greiff 等<sup>[30,31]</sup>在骨折后早期评估股骨头活力和诊断确认坏死时也有类似的发现。最后,Turner<sup>[32]</sup>用锝 99m 锑胶体闪烁技术在 30 例股骨颈骨折后的第一个 24 h 进行了实验和临床研究:正常组骨折 16 例,病理组骨折 14 例,其中 13 例在 2 年内出现坏死,精度为 87%,

结果表明核素显像在早于任何影像学表现出现前的大约 14 个月就显示为阳性。从目前的文献中可以了解到,放射性同位素闪烁成像成为了一种可靠的检查方法,尤其是对股骨颈骨折后的股骨头残余血流动力学评估中,准确率达 85% 到 90%,从价格方面而言更便宜,临床上也更容易实现。尽管如此,同位素有其固有的医源性风险,虽然在临床上较为罕见。而且该技术不能提供股骨头近端的形态学分析,并需要医生兼具临床经验以及相当多的专业知识去解释分析结果。

## 4 展望

近年来生物力学因素渐渐的被越来越多的学者所意识到在某种程度上影响了股骨头坏死的发生和进展,打破了股骨头缺血坏死主要是由于血流供应障碍这个观点。Djuri 等<sup>[33]</sup>认为力学的重建和骨小梁的结构是相匹配的。股骨颈骨折复位欠佳,股骨头的骨小梁排列结构随着股骨头所承受的受力负荷变化而发生变化,当骨小梁受到超出其阈值的负荷时会导致骨小梁微骨折,随着应力持续作用于股骨头的表面,最终导致了股骨头出现坍塌坏死,异常的骨质疏松性骨折及异常的复位及固定会导致异常的力学问题,因此生物力学因素与股骨头坏死之间的关系可能会成为创伤后股骨头坏死的一个新的研究方向。

虽然股骨颈骨折后股骨头的血供好坏不能完全决定着患者的预后,但是在患者治疗方案的选择上影响是巨大的,对临床医生而言具有重大的参考价值,股骨头坏死的风险可以从早期的血管评估中得出、优良的骨折复位固定应该是保护血供的有力措施,是避免股骨头“应力性坏死”的必须手段。与此同时,还可以让患者了解风险的程度,这个信息对患者而言是非常重要的,让患者对其病情有充分的认识,在这个医患紧张的社会中具有现实意义。

## 参考文献

- [1] 张英泽. 临床创伤骨科流行病学[M]. 北京:人民卫生出版社,2009:155-159.
- [2] KALHOR M, HOROWITZ K, GHAREHDAGHI J, et al. Anatomic variations in femoral head circulation[J]. Hip Int, 2012, 22(3): 307-312.
- [3] GROSE A W, GARDNER M J, SUSSMANN P S, et al. The surgical anatomy of the blood supply to the femoral head[J]. Journal of Bone and Joint Surgery; British Volume, 2008, 90-B; 1 298-303.
- [4] 赵德伟, 邱兴. 股骨头血液供应及其临床意义[J]. 临床外科杂志, 2017, 25(8): 568-570.
- [5] TRUETA J, HARRISON MH. The normal vascular anatomy of the femoral head in adult man[J]. J Bone Joint Surg Br, 1953, 35-B(3): 442-461.
- [6] ZHAO D, QIU X, WANG B, et al. Epiphyseal arterial network and inferior retinacular artery seem critical to femoral head perfusion in adults with femoral neck fractures

- [J]. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 2017, 475(8):2011-2023.
- [7] 张英泽. 股骨骨折[M]. 北京:人民卫生出版社, 2014: 177-179.
- [8] CHEN W, LI Z, SU Y, et al. Garden type I fractures myth or reality? a prospective study comparing CT scans with X ray findings in gardentype I femoral neck fractures[J]. *Bone*, 2012, 51(5):929-932.
- [9] WOODHOUSE C F. Dynamic influences of vascular occlusion affecting the development of avascular necrosis of the femoral head[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1964, 32: 119-129.
- [10] HOLMBERG S, DALEN N. Intracapsular pressure and caput circulation in nondisplaced femoral neck fractures [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1987, 219:124-126.
- [11] DRAKE J K, MEYERS M H. Intracapsular pressure and hemarthrosis following femoral neck fracture[J]. *Clin Orthop*, 1984, 182:172-176.
- [12] STROMQVIST B, NILSSON L T, EGUND N, et al. Intracapsular pressures in undisplaced fractures of the femoral neck[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1988, 70(2):192-194.
- [13] THERON J. Supraselective angiography of the hip. Technique, normal features, and early results in idiopathic necrosis of the femoral head[J]. *Radiology*, 1977, 124: 649-657.
- [14] LANGER R, LANGER M, SCHOLZ A, et al. Femoral head perfusion in patients with femoral neck fracture and femoral head necrosis[J]. *J Belge Radiol* 1993; 76: 145-149.
- [15] 杨秀军, 肖湘生. 股骨颈骨折后选择性血管造影评价股骨头血液循环[J]. *中国介入影像与治疗学*, 2004, 1(2): 122-126.
- [16] 游浩, 刘洋, 高劲松, 等. 应用选择性血管造影技术评价股骨颈骨折后股骨头血供情况及其对临床治疗的指导作用[J]. *中国骨与关节外科*, 2010, 3(4):296-299.
- [17] MORIMOTO M, TAKAHASHI Y, KUBO T, et al. Prognostic value of dynamic MRI positive enhancement integral color mapping in osteosynthesis of undisplaced femoral neck fractures[J]. *J Orthop Sci*, 2017, 22(4):722-725.
- [18] DYKE J P, AARON R K. Noninvasive methods of measuring bone blood perfusion[J]. *Ann N Y Acad Sci*, 2010, 1192(3):95-102.
- [19] LANG P, MAUZ M, SCHORNER W, et al. Acute fracture of the femoral neck; assessment of femoral head perfusion with gadopentate dimeglumine-enhanced MR imaging[J]. *Am J Roentgenol*, 1993, 160(2):335-341.
- [20] KAMANO M, NARITA S, HONDA Y, et al. Contrast enhanced magnetic resonance imaging for femoral neck fracture[J]. *Clin Orthop*, 1998, 350:179-186.
- [21] KONISHIIE T, MAKIHATA E, TAGO H, et al. Acute fracture of the neck of the femur; an assessment of perfusion of the head by dynamic MRI[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1999, 81(4):596-599.
- [22] HIRATA T, KONISHIIE T, KAWAI A, et al. Dynamic magnetic resonance imaging of femoral head perfusion in femoral neck fracture[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2001, 393:294-301.
- [23] DYKE J P, LAZARO L E, HETTRICH C M, et al. Regional analysis of femoral head perfusion following displaced fractures of the femoral neck[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2015, 41(2):550-554.
- [24] SWIONTKOWSKI M F, GANZ R, SCHLEGEL U, et al. Laser doppler flowmetry for clinical evaluation of femoral head osteonecrosis[J]. *Clin Orthop*, 1987, 218:181-185.
- [25] SUGAMOTO K, OCHI T, TAKAHASHI Y, et al. Hemodynamic measurement in the femoral head using laser Doppler[J]. *Clin Orthop*, 1998, 353:138-147.
- [26] EHLINGER M, MOSER T, BIERRY G, et al. Can injection CT scan assess the residual femoral head vascularity after acute neck fracture? [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2011, 97(4):367-372.
- [27] TUCKER F R. The use of radioactive phosphorus in the diagnostic of avascular necrosis of the femoral head[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1950, 32:100-104.
- [28] WEBBER M M, WAGNER J, CRAGIN M D, et al. Femoral head blood supply demonstrated by radiotracers[J]. *J Nucl Med*, 1974, 15:543.
- [29] MEYERS M H, NANCY TELFER D, MOORE T M. Determination of the vascularity of the femoral head with technetium 99m-sulphur colloid[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1977, 59(5):658-664.
- [30] GREIFF J. Determination of the vitality of the femoral head with 99mTechnetium-Sn-pyrophosphate scintigraphy[J]. *Acta Orthop Scand*, 1980, 51(1):109-117.
- [31] GREIFF J, LANNG S, HOILUND-CARLSEN P F, et al. Early detection by 99mTechnetium-Sn-pyrophosphate scintigraphy of femoral head necrosis following head necrosis medial neck fractures[J]. *Acta Orthop Scand*, 1980, 51(1):119-125.
- [32] TURNER J H. Post-traumatic avascular necrosis of the femoral head predicted by preoperative technetium 99m antimony colloid scan[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1983, 65(6):786-796.
- [33] MARIJA DJURI, PETAR MILOVANOVI, DANIJELA DJONI, et al. Morphological characteristics of the developing proximal femur: a biomechanical perspective[J]. *Srp Arh Celok Lek*, 2012, 140(11-12):738-745.