

· 综 述 ·

膝关节翻修术中骨缺损处理的研究进展

庞新岗综述,包倪荣,赵建宁审校

[摘要] 骨缺损的处理是行膝关节翻修术必须面对的问题,除磨损、骨质溶解等情况外,术中的操作也是造成骨缺损的重要原因。针对骨缺损的不同位置和程度有不同的处理方式,对于轻度骨缺损使用骨水泥、螺钉、打压植骨等即可获得良好的效果,对于严重的骨缺损,干骺端替代物已成为结构性植骨之外的另一种有效方法,对于骨缺损严重、韧带平衡差的患者,定制假体能帮助保留部分关节功能。不同的处理方式各有利弊,文章就不同骨缺损处理方式的选择及其优缺点进行综述。

[关键词] 膝关节翻修术;骨缺损处理;AORI 分型

[中图分类号] R687.4 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1672-271X(2017)02-0175-04

[DOI] 10.3969/j.issn.1672-271X.2017.02.016

膝关节表面置换术(total knee arthroplasty, TKA)作为治疗终末期膝关节疾病的最佳方案已被越来越多的医生和患者接受。随着TKA的开展,感染、磨损等各种原因导致的膝关节翻修的病例也在逐年增加,美国骨科医师学会就曾预测,2005–2030年膝关节翻修病例数将增加6倍^[1]。据调查,在接受膝关节翻修的人群中,有超过20%的病例术前有明确的骨缺损的影像学表现^[2],术中假体移除也会增加骨量丢失。因此处理骨缺损是行膝关节翻修术必须面对的问题。骨缺损处理不当将导致假体支撑不足、应力遮挡、骨质溶解,进而加重骨缺损,最终导致翻修失败,如何处理骨缺损成为膝关节翻修术中最大的挑战。膝关节翻修术常见的骨缺损原因包括假体无菌性松动、感染、骨磨损、应力遮挡、不恰当的假体取出等^[3-4]。对于小到中度的骨缺损,传统的处理方式如骨水泥螺钉重建、金属垫块、打压植骨等可以取得较好的效果;对于严重的骨缺损,由于结构植骨存在较高的失败率,已渐渐被干骺端钛合金袖套和钽金属锥形体取代。文章就不同骨缺损处理方式的选择及其优缺点展开综述。

1 骨缺损的分型

目前已有多种骨缺损分型系统,其中安德森骨科研究所分型系统(Anderson orthopedic research institute, AORI)是目前应用最广泛的分型系统。该系统将骨缺损分为3型。AORI I型为轻度骨缺损,缺损区周围骨皮质完整,关节线位置接近正常,无或仅有轻度假体沉降。AORI II型骨缺损周围的骨皮质可保持完整或部分缺失,通常呈现为干骺端的中心性或周围性骨结构缺失。常伴有关节线位置的改变或假体下沉,而侧副韧带的股骨和胫骨止点均保持完整,根据骨缺损涉及的范围可分为II A型:骨缺损累及单侧间室;II B型:骨缺损累及双侧间室。AORI III型,骨缺损区周围皮质骨大量缺失,侧副韧带的止点消失^[5]。

2 骨缺损的处理

2.1 骨水泥与螺钉 骨水泥可以提供良好的即时固定,但力学特性较差,目前多用于AORI I型骨缺损的处理。对于缺损深度和宽度<5 mm的骨缺损,单纯使用骨水泥修补缺损可获得与植骨相同的效果^[3];对于深度在5~10 mm之间,宽度<50%股骨髁或胫骨平台的骨缺损,在缺损处间隔5~10 mm打入直径6.5 mm的螺钉可以为骨水泥分担应力,有效增加骨水泥强度。Ritter等^[6]最早将螺丝钉加强骨水泥技术在临床应用并取得满意的早期效果。随后该团队对这种技术进行了中期和长期随访,均获得满意结果^[7-8]。Berend等^[8]在对9516膝进行长期随访发现,骨水泥联合螺钉处理胫骨5~20 mm骨缺损并未增加手术失败率,相对于与使用垫块等

基金项目: 江苏省自然科学基金(BK20161385);南京市科技项目基金(201402007)

作者单位: 210002 南京,南京军区南京总医院骨科

通信作者: 包倪荣, E-mail: bnr@163.com

引用格式: 庞新岗,包倪荣,赵建宁.膝关节翻修术中骨缺损处理的研究进展[J].东南国防医药,2017,19(2):175-178.

方式,其性价比更高。

需要注意的是,骨水泥并非生物材料,只能填补间隙,不能促进骨缺损的修复,并且其弹性模量低于正常人体组织,容易导致胫骨平台负荷不均,另外骨水泥在固化过程中体积会缩小 2%,以上情况均会增加假体下沉的风险。选择骨水泥联合螺钉修补缺损时不可避免地要面对电化学腐蚀及磨损的问题,通过调整螺钉深度、使骨水泥覆盖螺钉以及选用抗腐蚀更强的材料如钛合金等可以减少腐蚀的发生。

2.2 植骨 颗粒骨植骨可单独或联合假体、Mesh 网修复 AORI I - II 型包容性及非包容性骨缺损。作为生物材料,其最大的优势是能恢复骨量,因此更适用对骨量要求较高的年轻患者。Sugita 等^[9]对 45 例胫骨骨缺损(深度 10~25 mm)的患者行颗粒骨植骨,随访均获得良好的中期效果。自体骨兼具良好的骨传导作用和骨诱导作用,其含有的有活性的成骨细胞、破骨细胞能有效促进坏死骨的吸收及新骨的形成,实现骨缺损修复。同种异体骨只保留了骨传导的特性,在松质骨融合和皮质骨修复的过程较自体骨延长。考虑到植骨融合和吸收的问题,目前多数学者认为颗粒骨尺寸为 0.5~1 cm,对于<0.5 mm 的颗粒骨容易因炎症反应发生骨吸收,对于>1 cm 的颗粒骨则会延长骨融合时间^[10]。

自体骨来自术中截骨或髂骨取骨,数量受到限制,同种异体骨来源相对较多,包括新鲜冰冻骨及冻干骨等,低温能够延长骨的保存时间(在-70°条件下异体骨可以保存 5 年)^[11-12],并能减轻异体骨植骨引起的免疫反应,但同时低温也会使骨强度下降。对于较小的包容性骨缺损,术中通过打压植骨的方式即可获得良好的结构性支撑;对于较大的包容性骨缺损,通过打压植骨填充后,使用带延长杆的假体分散骨-假体界面应力以增加稳定性;对于 AORI II 型非包容性缺损,可以使用 Mesh 金属网笼将其转化为包容性骨缺损后,再使用颗粒骨进行修复^[13-15]。

对于无法使用垫块的缺损面积过大的 AORI II - III 型骨缺损可使用结构性同种异体骨植骨。Backstein 等^[16]认为胫骨侧非包容性骨缺损大小>10 mm,胫骨侧>20~45 mm,就需用结构性植骨。结构性植骨的优势在于其具有恢复骨量的生物学潜能,因此更合对骨量保持要求较高的患者,其次移植骨可以根据骨缺损形的形状进行塑性,灵活性优于定制假体,而且其力学性能和负荷传导能力优于骨水泥,此外通过结构性植骨可恢复关节线的高

度并且能为韧带的再附着创造条件。目前关于骨缺损处理的诸多报道中,结构性植骨均可获得较好的中长期效果^[17],10 年平均生存率 74%^[18],Engl 等^[19]对 46 例结构植骨重建胫骨股缺损的患者进行长期随访,失败 4 例,其中感染 2 例,无一例出现松动、塌陷。Backstein 等^[16]对 61 例患者进行平均 5.4 年随访,术后影像学检查显示植骨愈合率 98.4%。

植骨修复骨缺损也存在劣势,自体植骨骨量受到较大限制,同种异体骨来源较自体骨多,但存在疾病传播及免疫排斥的风险,无论自体骨还是异体骨,植骨后均有可能发生植骨不愈合、畸形愈合、塌陷或吸收等问题。为提高植骨成功率,术前要根据骨缺损的范围和程度备好与之相匹配的骨源,并使用低剂量射线照射以降低疾病传染率;术中彻底清除硬化骨、坏死骨,建立健康的、血供丰富的骨床是植骨至关重要的一步,植骨前加压灌洗髓腔可以减少术后免疫排斥的发生,为降低骨吸收的发生率,术中应尽量避免对异体骨的修饰;植骨后应注意使用自体颗粒骨填充移植骨-宿主骨间隙,促进骨整合的同时避免骨水泥进入间隙,通过使用带延长杆的假体可以增加固定强度并分散移植区的负荷^[20],术后同样应避免过早负重,一般术后 4~6 周逐渐负重,3 个月后植骨融合后即可完全负重。

2.3 组合式假体和定制假体 使用金属垫块是处理中等大小骨缺损(AORI I、II 型)、重建关节线的一种有效方法,金属垫块具有良好的负荷传导能力,可以提供即时、稳定的机械支撑^[21],其对抗扭力的性能也要优于骨水泥^[22]。根据需要,胫骨侧金属垫块被设计为多种类型,包括矩形垫块、半平台楔形垫块以及全平台成角垫块等,股骨侧垫块多为矩形垫块。Chen 等^[23]研究表明,相较于楔形垫块,矩形垫块避免了骨接触面上的剪切力作用,具有更高的稳定性。Fehring 等^[24]认为相比于楔形垫块,矩形垫块的应力分布更加均匀。对垫块的选择应依据缺损的形状和大小,在满足骨床制备的前提下,应尽量保留骨量,以增加机体稳定性,也利于以后行翻修手术。Brand 等^[25]最早报导了楔形垫块的使用情况,在对 22 膝超过 2 年的随访中未发现假体松动迹象。但垫块作为人工材料,同骨水泥一样只能填补缺损,并不能促进骨的生长,相比于植骨,其翻修难度更大,且可能发生垫块-假体松动、产生磨损微粒,有人设计了带有内置垫块的假体,有效的增加了稳定性,避免了松动的发生及磨损微粒的释放^[26],可以达到定制假体的效果,但由于其假体与

垫块是配套使用,降低了应用过程中的灵活性。

定制假体在力学特性上要优于其他修补方法,多用于处理韧带松弛、软组织平衡差的严重骨缺损,可以有效恢复关节线,为恢复关节功能创造条件^[27]。定制假体分为胫骨、股骨两部分,采用铰链技术提供稳定性。早期设计旋转铰链膝效果较差,存在较高的失败率,新一代定制假体改善生物力学特性,得到了较好的临床效果。采用定制假体手术操作相对简单,疗效也比较可靠,可满足早期康复和负重的要求。但采用髁替代型铰链式假体进行全膝翻修的最大顾虑或劣势在于,此手术一旦失败几乎无法再次翻修。Angelini 等^[28]对 11 例接受铰链式假体的患者进行随访,术后 1 年膝关节活动度 5~85 度, KSS 评分 67~95 分。

2.4 干骺端袖套和多孔钽锥形体 干骺端袖套和锥形体是目前常用的干骺端金属替代物,适用于 AORI II B 及 III 型骨缺损重建在修复骨缺损。干骺端袖套采用多孔表面设计、非骨水泥固定,有利于周围骨沉积及骨重塑,其植入过程需用试模从小到大逐次扩髓成型直至获得坚强的固定,从而使缺损区与干骺端袖套在外形上高度匹配,同时干骺端袖套为配套设计,末端可接延长杆以增加稳定性。Agarwal 等^[29]对 104 例膝随访 2 年,102 例发生骨长入,发生松动的两例膝未使用延长杆。多孔钽强度和硬度与骨组织相似,具有良好的组织相容性和抗腐蚀性,其表面高摩擦特点增加重建后初始稳定性,其负电荷属性和多孔特性有利于新骨长入,从而提供长期稳定的生物学固定。为增加早期稳定性,钽锥形体同样推荐与延长杆联合使用^[30],对于大块型骨缺损,必要时可以同时使用两块锥形体以提高稳定性^[31]。Panni 等^[32]对 9 例接受金属钽锥形补块植入的患者进行超过 12 个月的随访,术后患者膝关节评分较术前有显著改善,术后摄片显示所有病例均已发生骨整合。Kamath 等^[30]对 62 例使用多孔钽锥形体的患者进行了平均 70 个月随访,获得了满意的临床效果和影像学结果,以翻修为终点,其生存率达到 95.4%。相较于传统的结构骨植骨,采用钽金属锥形体避免骨吸收、塌陷等情况,中短期随访显示更低的假体松动发生率^[33]。

相比于结构性植骨,使用干骺端袖套和多孔钽锥形补块不存在疾病传播、骨不愈合、骨吸收等风险,但昂贵的价格、取出困难等问题同样限制干骺端袖套和多孔钽锥形补块的使用^[34]。

3 讨 论

随着 TKA 的开展,接受膝关节翻修的病例数也

在逐年增加。由于感染、骨溶解、假体松动、假体取出等原因,膝关节翻修术中不可避免地要面对骨缺损的问题,如何处理骨缺损成为骨科医生最大的挑战。为方便手术设计,临床医生设计了多种骨缺损分型系统,目前应用最广的是 AORI 分型。由于术前摄片时假体及自身组织的遮挡,术中骨量丢失增加等原因,最终的分型一般在术中确定。材料科学的发展及假体设计的完善为骨缺损的处理提供了多样化的选择,对于 AORI I 型骨缺损,可以在截骨的基础上使用骨水泥、螺钉重建缺损;对于 AORI II-III 型包容性骨缺损,选择颗粒骨打压植骨不仅能获得良好的临床效果,而且最大程度的保留骨量,因此更适用于年轻患者;对于非包容性骨缺损,胫骨或股骨垫块可以实现缺损重建,为假体提供稳定支撑,目前可选的垫块有矩形垫块、半平台楔形垫块以及全平台成角垫块等,不同垫块各有利弊,应根据术中骨缺损的形状、大小进行选择;对于垫块不适用的较严重 AORI III 型非包容性骨缺损,结构性植骨可以实现缺损重建,恢复关节线高度并为韧带附着创造条件,但植骨不可避免的要面对骨不愈合、骨吸收、疾病传播等问题,干骺端填充物在有效重建缺损的基础上避免了上述问题;对于更加严重的缺损,定制假体成为恢复患者运动功能的一种选择。

在处理骨缺损时骨科医生应充分评估缺损程度、类型,选择最合适的处理方式,除此之外,还应考虑患者的原发疾病、年龄、对运动能力的需求、经济状况^[35],必要时可以联合多种方式重建缺损以增加成功率。

【参考文献】

- [1] Kurtz S, Ong K, Lau E, *et al.* Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030[J]. J Bone Joint Surg Am, 2007, 89(4): 780-785.
- [2] Rudert M, Holzapfel BM, von Rottkay E, *et al.* Impaction bone grafting for the reconstruction of large bone defects in revision knee arthroplasty[J]. Oper Orthop Traumatol, 2015, 27(1): 35-46.
- [3] 孙国静,杨书丰,郭 亭,等. 不同浓度钛合金微粒对成骨细胞信号通路中转录表达因子 RUNX2 影响[J]. 医学研究生学报, 2013, 26(3): 251-254.
- [4] Panegrossi G, Ceretti M, Papalia M, *et al.* Bone loss management in total knee revision surgery[J]. Int Orthop, 2014, 38(2): 419-427.
- [5] Engh GA, Ammeen DJ. Bone loss with revision total knee arthroplasty: defect classification and alternatives for reconstruction[J]. Instr Course Lect, 1999, 48(2): 167-175.
- [6] Ritter MA, Keating EM, Faris PM. Screw and cement fixation of large defects in total knee arthroplasty. A sequel[J]. J Arthroplasty, 1993, 8(1): 63-65.

- [7] Ritter MA, Harty LD. Medial screws and cement: a possible mechanical augmentation in total knee arthroplasty[J]. J Arthroplasty, 2004, 19(5): 587-589.
- [8] Berend ME, Ritter MA, Keating EM, *et al.* Use of screws and cement in primary TKA with up to 20 years follow-up[J]. J Arthroplasty, 2014, 29(6): 1207-1210.
- [9] Sugita T, Aizawa T, Sasaki A, *et al.* Autologous morselised bone grafting for medial tibial defects in total knee arthroplasty[J]. J Orthop Surg (Hong Kong), 2015, 23(2): 185-189.
- [10] Whittaker JP, Dharmarajan R, Toms AD. The management of bone loss in revision total knee replacement[J]. J Bone Joint Surg Br, 2008, 90(8): 981-987.
- [11] 周光新, 吴苏稼, 赵建宁, 等. 同种异体骨移植后移植愈合的影响因素[J]. 医学研究生学报, 2004, 17(10): 952-954.
- [12] Bos GD, Goldberg VM, Zika JM, *et al.* Immune responses of rats to frozen bone allografts[J]. J Bone Joint Surg Am, 1983, 65(2): 239-246.
- [13] Lotke PA, Carolan GF, Puri N. Technique for impaction bone grafting of large bone defects in revision total knee arthroplasty[J]. J Arthroplasty, 2006, 21(4 Suppl 1): 57-60.
- [14] 巢少辉, 刘宁, 金建辉, 等. 数字化三维成形钛网修补颅骨缺损 56 例[J]. 东南国防医药, 2012, 14(2): 158-159.
- [15] 杨绮帆, 钱锁开, 夏瑜, 等. 同期钛金属网修补和分流术在颅脑损伤后颅骨缺损并脑积水中的应用[J]. 东南国防医药, 2014, 16(2): 150-152.
- [16] Backstein D, Safir O, Gross A. Management of bone loss: structural grafts in revision total knee arthroplasty[J]. Clin Orthop Relat Res, 2006(446): 104-112.
- [17] Lombardi AV, Berend KR, Adams JB. Management of bone loss in revision TKA: it's a changing world[J]. Orthopedics, 2010, 33(9): 662.
- [18] Bauman RD, Lewallen DG, Hanssen AD. Limitations of structural allograft in revision total knee arthroplasty[J]. Clin Orthop Relat Res, 2009, 467(3): 818-824.
- [19] Engh GA, Ammeen DJ. Use of structural allograft in revision total knee arthroplasty in knees with severe tibial bone loss[J]. J Bone Joint Surg Am, 2007, 89(12): 2640-2647.
- [20] Baldini A, Balato G, Franceschini V. The role of offset stems in revision knee arthroplasty[J]. Curr Rev Musculoskelet Med, 2015, 8(4): 383-389.
- [21] Hockman DE, Ammeen D, Engh GA. Augments and allografts in revision total knee arthroplasty: usage and outcome using one modular revision prosthesis[J]. J Arthroplasty, 2005, 20(1): 35-41.
- [22] Frehill B, Crocombe AD, Agarwal Y, *et al.* Finite element assessment of block-augmented total knee arthroplasty[J]. Comput Methods Biomech Biomed Eng, 2015, 18(15): 1726-1736.
- [23] Chen F, Krackow KA. Management of tibial defects in total knee arthroplasty. A biomechanical study[J]. Clin Orthop Relat Res, 1994, (305): 249-257.
- [24] Fehring TK, Peindl RD, Humble RS, *et al.* Modular tibial augmentations in total knee arthroplasty[J]. Clin Orthop Relat Res, 1996, (327): 207-217.
- [25] Brand MG, Daley RJ, Ewald FC, *et al.* Tibial tray augmentation with modular metal wedges for tibial bone stock deficiency[J]. Clin Orthop Relat Res, 1989, (248): 71-79.
- [26] Daines BK, Dennis DA. Management of bone defects in revision total knee arthroplasty[J]. Instr Course Lect, 2013, 62(12): 341-348.
- [27] Yilmaz S, Cankaya D, Deveci A, *et al.* The impact of joint line restoration on functional results after hinged knee prosthesis[J]. Indian J Orthop, 2016, 50(2): 136-145.
- [28] Angelini FJ, Helito CP, Veronesi BA, *et al.* Knee arthroplasty revision with a constrained implant using hinge and rotating tibial basis[J]. Acta Ortop Bras, 2016, 24(1): 22-26.
- [29] Agarwal S, Azam A, Morgan-Jones R, *et al.* Metaphyseal sleeves in revision total knee replacement[J]. Bone Joint J, 2013, 95-B(12): 1640-1644.
- [30] Kamath AF, Lewallen DG, Hanssen AD. Porous tantalum metaphyseal cones for severe tibial bone loss in revision knee arthroplasty a five to nine-year follow-up[J]. J Bone Joint Surg Am, 2015, 97A(3): 216-223.
- [31] Boureau F, Putman S, Arnould A, *et al.* Tantalum cones and bone defects in revision total knee arthroplasty[J]. Orthop Traumatol-Sur, 2015, 101(2): 251-255.
- [32] Panni AS, Vasso M, Cerciello S. Modular augmentation in revision total knee arthroplasty[J]. Knee Surg Sport Tr A, 2013, 21(12): 2837-2843.
- [33] Beckmann NA, Mueller S, Gondan M, *et al.* Treatment of severe bone defects during revision total knee arthroplasty with structural allografts and porous metal cones-a systematic review[J]. J Arthroplasty, 2015, 30(2): 249-253.
- [34] Panegrossi G, Ceretti M, Papalia M, *et al.* Bone loss management in total knee revision surgery[J]. Int Orthop, 2014, 38(2): 419-427.
- [35] 计忠伟, 包倪荣, 赵建宁. 膝关节骨性关节炎与类风湿性关节炎胫骨平台的骨微结构及骨水泥-骨界面生物力学[J]. 医学研究生学报, 2015, 28(4): 394-397.

(收稿日期:2017-01-22; 修回日期:2017-02-25)

(本文编辑:刘玉巧)