

· 综 述 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2020.19.030

网络首发 [https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20200622.1838.010.html\(2020-06-23\)](https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20200622.1838.010.html(2020-06-23))

假体周围感染发病机制和临床诊疗的研究进展*

李 可¹, 秦宏威¹, 许鹤同¹ 综述, 熊 雁^{2△} 审校

(1. 中国人民解放军 32138 部队, 河北保定 072150; 2. 陆军军医大学大坪医院骨科, 重庆 400038)

[摘要] 假体周围感染(PJI)是关节置换术后的一种严重并发症,是导致手术结局失败和关节翻修的重要原因。PJI病情迁延难愈,不仅严重损害关节功能,而且给患者带来沉重的医疗负担。随着关节置换术在我国广泛开展,PJI已成为一个亟需解决的临床问题,如何快速准确诊断PJI也成为目前国内外研究的热点。迄今为止,临床上尚无特异性诊断PJI的有效方法,然而近些年的临床实践表明,运用科学有效的诊疗方案在多数患者中根除PJI是可能的。本文就PJI的流行病学、发病机制、诊疗和预防等方面的最新研究进展作一综述,以供临床借鉴。

[关键词] 关节置换术;假体周围感染;生物膜;诊断;治疗

[中图法分类号] R687.4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2020)19-3278-06

Progress in the pathogenesis and clinical management of periprosthetic joint infection*

LI Ke¹, QIN Hongwei¹, XU Hetong¹, XIONG Yan^{2△}

(1. No. 32138 Troops of Chinese PLA, Baoding, Hebei 072150, China;
2. Department of Orthopedics, Daping Hospital, Army Medical University/
Former Third Military Medical University, Chongqing, 400038, China)

[Abstract] Periprosthetic joint infection is a devastating complication after arthroplasty and often leads to surgical failure or joint revision. The prolonged illness of PJI can not only seriously damage the joint function of patients, but also bring heavy economic burden to them. With the extensive development of joint replacement in China, PJI has become an urgent clinical problem to be solved, and how to diagnose PJI quickly and accurately has become a research hotspot at home and abroad. Up to now, there is no effective method for specific diagnosis of PJI. However, recent clinical practice has shown that it is possible to eradicate PJI in most patients with scientific and effective treatment measures. This article reviews the latest research progress in epidemiology, pathogenesis, diagnosis, treatment and prevention of PJI for clinical reference.

[Key words] arthroplasty; periprosthetic joint infection; biofilm; diagnosis; treatment

人工关节置换术是治疗重度骨关节病的理想手术,通过外科技术将人工假体置入体内代替患病关节,可有效减轻关节疼痛,重建关节功能。假体周围感染(PJI)是关节置换术后灾难性并发症,常引起关节周围疼痛、肿胀、发红、皮温增高及全身炎症反应等表现,最终导致假体感染性松动,使患者住院时间延长、经济负担增加,甚至截肢,危及生命。迄今为止,临床上尚无特异性诊断PJI的有效方法,PJI的诊断和治疗难题在当今世界仍具有挑战性。

1 流行病学

近年来随着关节置换术在我国广泛开展,术后并发症的数量也随之增加。PJI是关节置换术后第三常

见的并发症,约占15.3%,仅次于无菌性松动(36.5%)和假体脱位(17.7%),1年内病死率为8.0%~25.9%^[1]。其中,髋关节置换术后感染率为0.25%~1.0%^[1],膝关节为0.4%~2.0%^[2],肘关节为1.9%~10.3%^[3]。若关节进行翻修手术,则感染率更高,髋关节和膝关节翻修术后感染率约为3.2%~5.6%^[4]。据DELANOIS等^[5]报道,PJI是美国膝关节置换术后翻修最常见的病因(20.4%),其次是假体机械性松动(20.3%)。英国髋关节翻修术后感染率为12%,膝关节翻修术感染率为22%^[6]。在美国,PJI最常见的病原菌是金黄色葡萄球菌,其次是表皮葡萄球菌;欧洲PJI最常见的病原菌是凝血酶阴

* 基金项目:国家自然科学基金面上项目(81772330)。 作者简介:李可(1988—),医师,本科,主要从事关节外科的研究。 △ 通信作者, E-mail: xiongyandoctor@163.com。

性葡萄球菌,其次是金黄色葡萄球菌、链球菌和肠球菌^[7]。据高川渤等^[8]报道,我国 PJI 病原菌谱中位列前 5 位的是金黄色葡萄球菌、表皮葡萄球菌、凝固酶阴性葡萄球菌、大肠埃希菌和铜绿假单胞菌。

2 发病机制

虽然 PJI 发病率低于无菌性松动,但 PJI 是一种更严重和复杂的并发症。假体作为异物可增加细菌的致病性,生物膜的存在使 PJI 诊断和治疗变得困难。生物膜是指在假体表面形成的复杂的微生物群落,其形成过程可分为 4 个阶段,即黏附、增殖、成熟和脱离^[9](图 1)。细菌附着于假体表面是生物膜形成的第一步。骨科植入物的材料如钛、陶瓷、羟基磷灰石、聚乙烯等容易引起细菌在其表面定植与增殖。生物膜需 4 周发育成熟,形成复杂的 3D 菌落。菌群在黏液状细胞外基质中聚集,随着营养物质消耗和代谢废物积累增殖进入缓慢或静止状态,并可随时脱离生物膜。脱离的细菌可激活宿主免疫系统,活化假体附近粒细胞,释放防御素,导致粒细胞吞噬功能障碍和局部免疫功能缺陷,使致病菌更易入侵,并引起局部组织水肿、疼痛以及假体松动。随着炎症反应逐步加重,最终引起关节肿胀疼痛、窦道形成、功能丧失,导致手术失败。

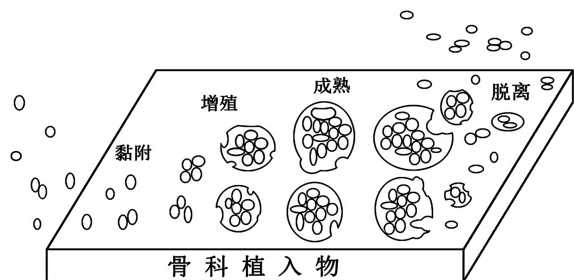


图 1 细菌生物膜形成机制

3 诊断

准确的早期诊断是挽救假体和保护关节功能的重要因素。目前仍没有 1 项单一指标对 PJI 诊断具有理想的敏感性和特异性,联合使用多种检测方法可提高 PJI 诊断的准确性。2019 年欧洲专家共识会议提出 PJI 诊断流程(图 2),建议对疑似患者进行常规血培养、C 反应蛋白(CRP)、血沉(ESR)、白细胞计数和 X 线检查。如仍不能排除 PJI,可进一步在影像学引导下行骨或软组织穿刺活检及高级影像学检查,包括磁共振(MRI)和核医学相关检查,如三相骨扫描、氟脱氧葡萄糖正电子骨显像(FDG-PET)、白细胞扫描等(图 3)^[10]。

PARVIZI 等^[11]认为,目前的 PJI 诊断标准耗时久且检查多为侵入性,不利于术前诊断,并且未将近年新的诊断性标志物纳入在内。为进一步提高 PJI 诊断的准确性和便捷性,PARVIZI 等于 2018 年费城 PJI 国际共识会议(ICM)提出了一套新的诊断标准(表 1)。新标准以美国骨科医师协会 PJI 诊疗指南为

基础,对不同检查结果划分权重并给予评分,通过评分总和判定患者感染情况。经验证,其敏感性和特异性分别为 97.7%和 99.5%,与 2013 年 ICM(敏感性 86.9%)和 MSIS(美国肌肉骨骼感染病学会,敏感性 79.3%)诊断标准相比,特异性相似,敏感性更高。

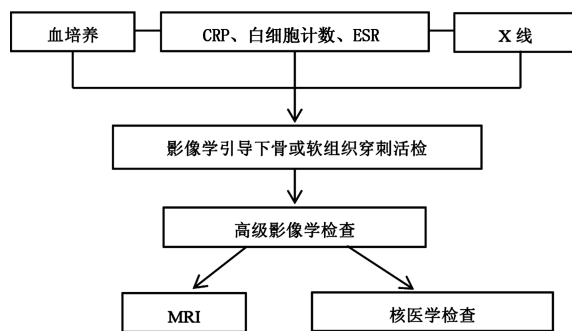


图 2 PJI 诊断流程图

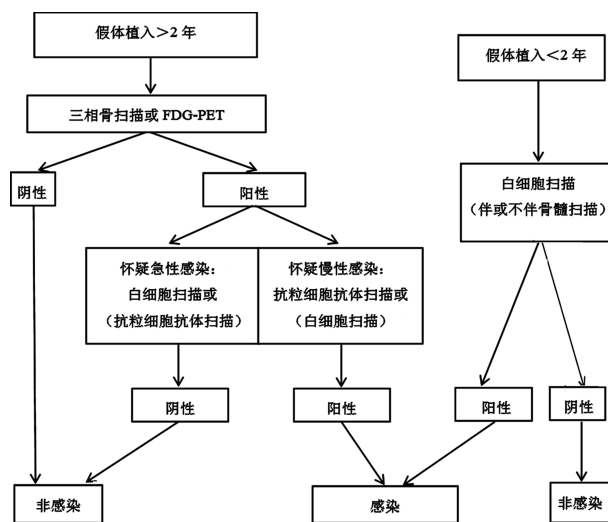


图 3 PJI 诊断核医学检查

4 治疗

PJI 治疗决策应个体化,以便为每位患者提供最佳的治疗方法,目的是减轻患者痛苦,恢复关节功能,消除感染,主要包括手术治疗和抗菌药物治疗。

4.1 外科手术治疗

治疗 PJI 的主要手术策略包括:手术清创并保留假体、一期翻修假体置换或二期翻修假体置换。

4.1.1 手术清创并保留假体

早期研究显示手术清创并保留假体治疗 PJI 的失败率较高。但当满足以下条件时,清创并保留假体的成功率可以超过 80%:(1)假体稳定;(2)附着于假体表面的致病菌对抗菌药物敏感;(3)无窦道或软组织破坏;(4)感染症状持续时间小于 3 周。TSCHUDIN-SUTTER 等^[12]指出,如果患者符合上述标准,且革兰阳性致病菌对利福平敏感或革兰阴性致病菌对环丙沙星敏感,90%的假体相关感染均可通过手术清创、假体保留及合理的抗菌治疗而成功治愈。

4.1.2 一期翻修假体置换

表 1 新的基于评分的 PJI 诊断标准

诊断依据	评分	结果判定
主要诊断标准		符合 2 项标准中的 1 项感染
关节感染部位至少两处独立样本中培养出同种病原体	—	
有窦道与假体部位相通或假体外露	—	
术前诊断标准		≥6 感染; 2~5 可能感染; 0~1 非感染
血清 CPR>10 mg/L 或血清 D-二聚体大于 860 ng/mL	2	
血清 ESR>30 mm/h	1	
滑膜液白细胞计数(WBC)>3 000 个/ μ L 或白细胞酯酶 (LE)>++	3	
滑膜液 α 防御素(信号截止比)>1.0	3	
滑膜液多形核白细胞(PMN)%>80%	2	
滑膜液 CRP>6.9 mg/L	1	
术中诊断标准		≥6 感染; 4~5 可能感染; ≤3 非感染
术前诊断评分	—	
假体周围组织炎症(每高倍镜大于或等于 5 粒细胞)	3	
假体周围组织化脓	3	
假体周围组织单纯培养阳性	2	

—:无数据。

一期翻修假体置换术主要包括摘除旧假体和重新植入新假体,适用于骨组织良好、软组织无窦道、致病菌明确且非难治性感染的患者。此种手术主要在欧洲进行,美国常采用二期假体置换术。如生物膜病原菌对抗菌药物产生耐药则在治疗上非常困难,通常称之为难治性感染(DTT)。ZAHAR 等^[13]研究显示,一期翻修假体置换术的成功率约为 85%~90%。总的来说,一期翻修假体置换术成功率高,患者下地时间早,住院时间短,并且费用较二期翻修置换术低,是一种有效的手术方式。

4.1.3 二期翻修假体置换

二期翻修假体置换术主要是移除原有感染假体并清创,去除所有坏死组织及骨水泥等异物,在关节间隙内放入含高浓度敏感抗生素的骨水泥间隔器,然后针对特定致病菌予以静脉抗生素治疗,间隔一段时间待感染控制后再植入新的假体。短时间间隔(2~4 周)的治疗方法适用于致病菌明确且易于治疗、软组

织轻度受累或出现窦道的患者。长时间间隔(8 周)的治疗方法适用于致病菌不明或伴发 DTT 且软组织严重受累的患者。二期翻修假体置换术被认为是治疗 PJI 的金标准,尤其是针对肠球菌和真菌所致的难治性 PJI。二期翻修假体置换术的成功率通常在 90%以上,但术后再感染是一个需要重视的问题。一项 Meta 分析显示,一期假体置换术和二期假体置换术再感染的发生率分别为 8.2%和 7.9%^[14]。

4.2 抗菌治疗

对于所有治疗 PJI 的手术均建议进行 12 周抗生素治疗,通常前 2 周静脉给药,然后改用口服。表 2 显示手术联合抗菌药物治疗 PJI 的推荐方案。不建议患者不清创单独应用抗生素治疗。利福平对葡萄球菌和丙酸杆菌引起的假体相关感染有效,环丙沙星对抗革兰阴性菌具有生物膜活性。表 3 显示针对不同致病菌推荐使用的抗生素组合。

表 2 手术联合抗菌药物治疗 PJI 的推荐方案

手术方式	手术处理+抗生素治疗(共 12 周)
手术清创并保留假体	保留假体+静滴无抗生物膜活性抗生素 2 周+口服具有抗生物膜活性抗生素 10 周
一期翻修假体置换	更换假体+静滴无抗生物膜活性抗生素 2 周+口服具有抗生物膜活性抗生素 10 周
二期翻修假体置换(短时间间隔)	取出假体+静滴无抗生物膜活性抗生素 2 周+植入新假体+静滴无抗生物膜活性抗生素 1 周+口服具有抗生物膜活性抗生素 9 周
二期翻修假体置换(长时间间隔)	取出假体+静滴无抗生物膜活性抗生素 2 周+口服无抗生物膜活性抗生素治疗 4 周+植入新假体+静滴无抗生物膜活性抗生素 1 周+口服具有抗生物膜活性抗生素 5 周

表 3 治疗 PJI 的抗菌药物推荐

致病菌	起始抗菌药物	时长	后续抗菌药物
甲氧西林敏感葡萄球菌	头孢唑林(3×2 g,i.v.)+利福平(2×450 mg,p.o.)	2 周	左氧氟沙星(2×500 mg,p.o.)或复方新诺明(3×960 mg,p.o.)或多西环素(2×100 mg,p.o.)+利福平(2×450 mg,p.o.)
耐甲氧西林葡萄球菌	万古霉素(2×1 g,i.v.)+利福平(2×450 mg,p.o.)	2 周	左氧氟沙星(2×500 mg,p.o.)或复方新诺明(3×960 mg,p.o.)或多西环素(2×100 mg,p.o.)+利福平(2×450 mg,p.o.)
耐利福平葡萄球菌	万古霉素(2×1 g,i.v.)	2 周	长期抗菌大于或等于 1 年,根据药物敏感性选择复方新诺明、多西环素或克林霉素
链球菌	青霉素 G(4×500 万 U,i.v.)或头孢曲松(1×2 g,i.v.)	2 周	阿莫西林(3×1 000 mg,p.o.)或左氧氟沙星(2×500 mg,p.o.),可延长抗菌至 1 年
青霉素敏感肠球菌	氨苄西林(4×2 g,i.v.)+庆大霉素(2×60~80 mg,i.v.)	2~3 周	阿莫西林(3×1 000 mg,p.o.)
耐青霉素肠球菌	万古霉素(2×1 g,i.v.)或/庆大霉素(2×60~80 mg,i.v.)	2~4 周	利奈唑胺(2×600 mg,p.o.),最长不超过 4 周
肠杆菌(如大肠埃希菌、克雷伯菌等)	环丙沙星(2×750 mg,p.o.)		
非发酵杆菌(如铜绿假单胞杆菌、不动杆菌)	哌拉西林/他唑巴坦(3×4.5 g,i.v.)或美罗培南(3×1 g,i.v.)或头孢他啶(3×2 g,i.v.)+庆大霉素(1×240 mg,i.v.)	2~3 周	环丙沙星(2×750 mg,p.o.)
革兰阳性厌氧菌(丙酸杆菌、消化链球菌)	青霉素 G(4×500 万 U,i.v.)或头孢曲松(1×2 g,i.v.)+利福平(2×450 mg,p.o.)	2 周	左氧氟沙星(2×500 mg,p.o.)或阿莫西林(3×1 000 mg,p.o.)+利福平(2×450 mg,p.o.)
革兰阴性厌氧菌(拟杆菌属)	克林霉素(3×600 mg,i.v.)	2 周	甲硝唑(3×500 mg,p.o.)
氟康唑敏感念珠菌	卡泊芬净(1×50 mg,第 1 天;70 mg,i.v.)	2 周	氟康唑(1×400 mg,长期抗菌大于或等于 1 年,p.o.)
耐氟康唑念珠菌	根据个体情况而定(如伏立康唑 2×200 mg,p.o.);去除假体或长期抑菌		

i.v.:静脉滴注;p.o.:口服。

5 预 防

积极的预防对 PJI 管理具有重要意义,在术前、术中或术后阶段采取相应措施可有效降低 PJI 的发病率。

5.1 术前预防措施

5.1.1 最优化患者内科状况

术前筛查患者危险因素并进行最优化治疗至关重要,包括感染筛查、戒烟、戒酒、控制血糖(GLU<200 mg/L)、纠正贫血、改善营养不良、减轻肥胖(BMI<40 kg/m²)、治疗肝肾疾病和炎症性关节炎等。

5.1.2 金黄色葡萄球菌筛查和去定植

金黄色葡萄球菌是引起 PJI 主要致病菌,对鼻腔和皮肤进行金葡菌筛查和去定植可降低患者细菌负荷

预防感染。目前对普遍进行金葡菌筛查仍存在争议,但术前运用莫匹罗星在鼻腔内去定植可使关节手术部位感染(SSI)发生率显著降低^[15]。ICM、WHO 和美国疾控中心都建议术前运用抗菌剂进行皮肤清洁,双氯苯双胍己烷可能是最好的清洁剂,因为它对包括耐甲氧西林金黄色葡萄球菌在内的许多病原体都有抗菌活性^[16]。

5.1.3 术前应用抗生素

目前建议关节置换术患者普遍应用预防性抗生素,无论其医疗条件或免疫状态如何。2018 年费城共识会议推荐预防性抗生素选用第一代或第二代头孢菌素,即头孢唑林或头孢呋辛,在手术切开前 30~60 min 内静脉滴注,单次给药。对于耐甲氧西林金黄色葡萄球菌携带者和定植者,可选择加用万古霉素。若

患者对头孢菌素过敏,可用克林霉素替代,手术切开前 1 h 给药。若手术时间过长(超过预防性抗生素半衰期 3~4 h)或患者出血过多(>1 500 mL),可重复给药 1 次。

5.1.4 术区备皮

与剃刀相比,用推剪除毛可能降低感染风险,因为用剃刀除毛可能引起手术部位皮肤损伤,导致局部细菌定植引发感染。目前普遍认为术前备皮应在临手术前用推剪进行,而非手术前 1 天晚上。

5.2 术中预防措施

5.2.1 术区皮肤消毒

研究表明,含酒精消毒剂对预防感染有重要意义^[17]。在铺单前后都应进行消毒,因为铺单过程中也可能造成术区的污染。MORRISO 等^[18]的研究显示,当使用含酒精的聚维酮碘进行皮肤消毒时,铺单前后各消毒 2 次,SSI 发生率显著降低。目前的指南和共识也强烈推荐术区消毒使用含酒精消毒剂。

5.2.2 手术室环境

虽然手术室空气层流系统可减少细菌负荷和降低 SSI 的发生率,但是成本效果比较高。最大程度减少手术室人数和限制人员活动,可减少细菌从医务人员身上脱落,防止手术室内空气污染。

5.2.3 骨科宇航服

早期认为骨科宇航服可以降低 PJI 的风险,然而近期研究表明,这种方式并没有减少 PJI 的发病率,甚至可能增加感染的风险^[19]。

5.2.4 无菌手套

约有 50%~67% 的关节置换术出现无菌手套破损穿孔,与感染率增加有关。为改善这一状况,许多医生选择带双重手套及在植入假体前更换外层手套。

5.2.5 伤口冲洗

伤口冲洗可以去除坏死组织和细菌,术中进行伤口冲洗是普遍共识。WTO 和美国疾控中心建议使用碘伏溶液冲洗切口。

5.2.6 抗生素骨水泥

抗生素骨水泥是局部应用抗生素的有效方法,使用抗生素骨水泥作为介质,最初 9 周内抗生素可在局部持续释放,减少细菌定植、降低感染率,但有可能引起成本增加、患者过敏及细菌耐药。

5.3 术后预防措施

5.3.1 术后引流

血肿形成和伤口长期引流是 PJI 形成的危险因素,因其为细菌定植和逆行感染提供了条件。理论上术后引流可避免术后血肿形成,但关节置换术后是否应常规使用引流管目前尚缺乏充分的证据。若使用

引流管,建议在术后 24 h 内拔出。

5.3.2 输血

KIM 等^[20]的 Meta 分析显示,关节置换术后输过血的患者 PJI 发生率为 2.88%,未输血患者 PJI 发生率为 1.74%,表明输血可增加 PJI 的发病风险。术前筛查血红蛋白水平、应用促红细胞生成素,术中使用止血带、彻底止血,局部或静脉注射氨甲环酸、缩短手术时间等措施都有助于减少失血和避免输血。

6 展 望

目前,PJI 的诊断和治疗仍然存在很大困难,而且缺乏统一的标准。尽管目前诊断方法多种多样,然而相关检测的合理阈值和实验室检查组合混乱,尚无公认的最佳检测手段。为成功预防和治疗 PJI,并最大限度维持假体功能,PJI 管理应通过多学科协作,制定及时、有效和个性化的诊疗措施。从术前患者管理、术中操作到术后康复,都需要广大医务工作者尽心尽力,杜绝一切人为因素造成的感染。此外,还需投入更多精力研究和发展的更准确、更简单方便的诊断方法。

参考文献

- [1] GUNDTOFT P H, PEDERSEN A B, VARNUM C, et al. Increased mortality after prosthetic joint infection in primary THAs[J]. Clin Orthop Relat Res, 2017, 475(11):2623-2631.
- [2] KOH C K, ZENG I, RAVI S, et al. Periprosthetic joint infection is the main cause of failure for modern knee arthroplasty: an analysis of 111,34 knees[J]. Clin Orthop Relat Res, 2017, 475(9):2194-2201.
- [3] ACHERMANN Y, VOGT M, SPORMANN C, et al. Characteristics and outcome of 27 elbow periprosthetic joint infections: results from a 14-year cohort study of 358 elbow prostheses[J]. Clin Microbiol Infect, 2011, 17(3):432-438.
- [4] MONTANARO L, SPEZIALE P, CAMPOCCIA D, et al. Scenery of staphylococcus implant infections in orthopedics[J]. Future Microbiol, 2011, 6(11):1329-1349.
- [5] DELANOIS R E, MISTRY J B, GWAM C U, et al. Current epidemiology of revision total knee arthroplasty in the united states[J]. J Arthroplasty, 2017, 32(9):2663-2668.

- [6] SMITH M C, BEN-SHLOMO Y, DIEPPE P, et al. Rates of hip and knee joint replacement amongst different ethnic groups in England: an analysis of National Joint Registry data[J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2017, 25(4): 448-454.
- [7] AGGARWAL V K, BAKHSHI H, ECKER N U, et al. Organism profile in periprosthetic joint infection: pathogens differ at two arthroplasty infection referral centers in Europe and in the United States[J]. *J Knee Surg*, 2014, 27: 399-406.
- [8] 高川渤, 袁绍辉. 人工关节置换术后感染病原菌谱的临床意义[J]. *中国骨与关节杂志*, 2015, 4(4): 319-323.
- [9] GBEJUADE H O, LOVERING A M, WEBB J C. The role of microbial biofilms in prosthetic joint infections[J]. *Acta Orthop*, 2015, 86(2): 147-158.
- [10] SIGNORE A, SCONFENZA L M, BORENS O, et al. Consensus document for the diagnosis of prosthetic joint infections: a joint paper by the EANM, EBJIS, and ESR (with ESCMID endorsement)[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2019, 46(4): 971-988.
- [11] PARVIZI J, TAN T L, GOSWAMI K, et al. The 2018 definition of periprosthetic hip and knee infection: an evidence-based and validated criteria[J]. *J Arthroplasty*, 2018, 33(5): 1309-1314.
- [12] TSCHUDIN-SUTTER S, FREI R, DANGEL M, et al. Validation of a treatment algorithm for orthopaedic implant-related infections with device-retention-results from a prospective observational cohort study[J]. *Clin Microbiol Infect*, 2016, 22(5): 457.
- [13] ZAHAR A, WEBB J, GEHRKE T, et al. One-stage exchange for prosthetic joint infection of the hip[J]. *Hip Int*, 2015, 25(4): 301-307.
- [14] KUNUTSOR S K, WHITEHOUSE M R, BLUM A W, et al. Reinfection outcomes following one-and two-stage surgical revision of infected hip prosthesis: a systematic review and meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2015, 10(9): e0139166.
- [15] SPORER S M, ROGERS T, ABELLA L. Methicillin-resistant and methicillin-sensitive staphylococcus aureus screening and decolonization to reduce surgical site infection in elective total joint arthroplasty[J]. *J Arthroplasty*, 2016, 31(9 Suppl): 144-147.
- [16] WEBSTER J, OSBORNE S. Preoperative bathing or showering with skin antiseptics to prevent surgical site infection[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2015, 2: CD004985.
- [17] KAMEL C, MCGAHAN L, POLISENA J, et al. Preoperative skin antiseptic preparations for preventing surgical site infections: a systematic review [J]. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2012, 33(6): 608-617.
- [18] MORRISON T N, CHEN A F, TANEJA M, et al. Single vs repeat surgical skin preparations for reducing surgical site infection after total joint arthroplasty: a prospective, randomized, double-blinded study[J]. *J Arthroplasty*, 2016, 31(6): 1289-1294.
- [19] TAYTON E R, FRAMPTON C, HOOPER G J, et al. The impact of patient and surgical factors on the rate of infection after primary total knee arthroplasty: an analysis of 64,566 joints from the New Zealand Joint Registry[J]. *Bone Joint J*, 2016, 98(3): 334-340.
- [20] KIM J L, PARK J H, HAN S B, et al. Alloge-neic blood transfusion is a significant risk factor for surgical-site infection following total hip and knee arthroplasty: a meta-analysis [J]. *J Arthroplasty*, 2017, 32(1): 320-325.

(收稿日期: 2020-01-11 修回日期: 2020-04-28)