

• 综 述 •

# 白细胞酯酶检测与 $\alpha$ -防御素检测在人工关节感染诊断中的应用研究进展\*

袁祺奇<sup>1</sup>, 刘家怡<sup>1</sup>, 冉才华<sup>1</sup>, 杨 菊<sup>1</sup>, 钟 丹<sup>2△</sup>

(1. 重庆市巴南区第二人民医院药学部, 重庆 400054; 2. 重庆医科大学附属第一医院药学部, 重庆 400010)

**[摘 要]** 近年来, 人工关节感染(PJI)诊断的新技术不断涌出, 其中人们对 PJI 最新诊断方法白细胞酯酶与  $\alpha$ -防御素检测的可靠性仍存在疑虑。该文系统性地回顾了国内外关于 PJI 诊断技术白细胞酯酶与  $\alpha$ -防御素检测的文献资料, 对白细胞酯酶与  $\alpha$ -防御素检测在 PJI 诊断中的应用进行回顾, 旨在为 PJI 的临床诊断和治疗提供参考依据。

**[关键词]** 人工关节感染; 白细胞酯酶;  $\alpha$ -防御素; 诊断方法; 综述

**DOI:** 10.3969/j.issn.1009-5519.2025.04.039 **中图法分类号:** R684

**文章编号:** 1009-5519(2025)04-1001-05 **文献标识码:** A

## Application research progress of detection of leukocyte esterase and $\alpha$ -defensin in diagnosis of periprosthetic joint infection\*

YUAN Qiqi<sup>1</sup>, LIU Jiayi<sup>1</sup>, RAN Caihua<sup>1</sup>, YANG Ju<sup>1</sup>, ZHONG Dan<sup>2△</sup>

(1. Department of Pharmacy, The Second People's Hospital of Banan District, Chongqing 400054, China; 2. Department of Pharmacy, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China)

**[Abstract]** In recent years, new techniques for the diagnosis of periprosthetic joint infection(PJI) have been emerging, among which the reliability of leukocyte esterase and  $\alpha$ -defensin detection is still doubtful. This article systematically reviewed the literature on the diagnostic techniques of leukocyte esterase and  $\alpha$ -defensin for PJI both domestically and internationally, summarizing the current research status and development of diagnostic techniques for leukocyte esterase and  $\alpha$ -defensin in the field of PJI, aiming to provide valuable references for clinical diagnosis and treatment.

**[Key words]** Periprosthetic joint infection; Leukocyte esterase;  $\alpha$ -defensin; Diagnostic methods; Review

人工全髋/膝关节置换术(THA/TKA)作为针对髋关节和膝关节晚期病变的标准治疗方法, 已在我国得到了广泛的实施和应用。人工关节感染(PJI)是人工关节置换术后可能发生的严重并发症, 其发生率在 1%~2%<sup>[1]</sup>, 如不及时诊断并治疗, 将导致关节疼痛、住院时间延长、反复多次手术、功能障碍, 甚至死亡的严重后果。目前, PJI 最常用的诊断方法主要包括血液学检查、影像学检查、关节液检查、组织病原学检查及病原微生物的培养与分子诊断, 但都有其方法的局限性。对于 PJI 的诊断, 目前尚无任何一种检测手段能够达到完全精确的程度, 其检测结果必须与临床病史和症状相结合。美国骨科医师学会(AAOS)、美国传染病学会 Hindawi 生物医学研究国际卷 2020 和肌肉骨骼感染学会(MSIS)等团队给出了 PJI 诊断的几

个标准<sup>[2-4]</sup>, 但由于其定义的复杂性, 在日常临床实践中的应用受到限制。因此, 亟须一种特异度好、灵敏度高、受外界影响小的 PJI 常规诊断方法为临床提供诊断依据。近年来, 滑液生物标志物白细胞酯酶(LE)、 $\alpha$ -防御素(AD)由于其特异度好、灵敏度高, 被认为在 PJI 诊断中具有较高的研究价值<sup>[5-8]</sup>。因此, 本文全面回顾了 2007—2024 年发表的关于 LE 与 AD 在 PJI 诊断中应用的文献, 并汇总分析了 2 种检测在 PJI 诊断中应用的研究现状与发展, 旨在为 PJI 的临床诊断和治疗提供参考依据。

### 1 LE 与 AD 检测的发现背景

在目前存在的 PJI 诊断方法中, 血液学检查最推荐使用 C 反应蛋白(CRP)与红细胞沉降率(ESR)作为筛查 PJI 的指标, 但 ESR 和 CRP 均正常时并不能

\* 基金项目: 重庆市巴南区科学技术局科研项目(KY202208159574017)。

△ 通信作者, E-mail: zdsseven@126.com。

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1129.R.20250319.1415.035\(2025-03-19\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1129.R.20250319.1415.035(2025-03-19))

排除感染<sup>[9-10]</sup>。关节液检查使用最多的诊断指标是白细胞(WBC)计数及中性粒细胞(PMN)计数,但其阈值暂无统一标准<sup>[11]</sup>。用于诊断 PJI 患者的影像学检查方法是 X 线,但在人工关节置换术后,当早期的 X 线中观察到假体周围骨侵蚀(骨溶解)、假体快速松动移位、骨膜反应、进展性透亮线等表现时,提示可能存在 PJI,因此其特异度较低,单独使用 X 线诊断 PJI 的临床价值有限<sup>[12]</sup>。组织病理学检查是 PJI 诊断的重要方法,目前仍需要进一步的研究和验证来确定病理检查的最佳取材部位及诊断阈值<sup>[13-14]</sup>。目前,术前滑液细菌培养也是诊断 PJI 的重要方法之一,但受早期取样方法、培养条件、培养时间及既往抗生素使用情况的限制,细菌培养阳性率普遍较低。部分患者多次细菌培养后仍未检出致病菌,导致抗感染治疗失败<sup>[15]</sup>。

基于以上背景,DEIRMENGIAN 等<sup>[16]</sup>于 2014 年和 PARVIZI 等<sup>[17]</sup>于 2011 年分别首次提出 AD 和 LE 方法作为 PJI 的新型诊断生物标志物。AD 和 LE 都是由活化的 PMN 在病原感染时分泌,其中 AD 作为一种抗菌肽,与入侵的病原体结合并破坏病原体,通常采用侧流试验<sup>[18]</sup>或实验室 AD 免疫分析法<sup>[19]</sup>检测 AD 含量;采用比色试纸法或酶联免疫吸附分析(ELISA)的机器辅助检测 LE 含量<sup>[20]</sup>。

## 2 LE 与 AD 检测在 PJI 诊断中的应用研究

**2.1 LE 与 AD 检测在 PJI 诊断中的重要性** BAEK 等<sup>[21]</sup>研究选取了 2020 年 3 月至 2022 年 2 月 38 例全关节置换术后疑似 PJI 的韩国患者,收集其血液和滑液以评估各种生物标志物对 PJI 的诊断性能。纳入疑似膝关节 PJI 患者,将病例分为 PJI 组和非 PJI 组。2 组间 AD 水平和 LE 阳性率比较,差异有统计学意

义(4 698  $\mu\text{g/L}$  vs. 296  $\mu\text{g/L}$ ,  $P < 0.001$ ; 62.5% vs. 21.1%,  $P = 0.01$ )。AD 诊断 PJI 的灵敏度为 94.4%,特异度为 89.5%,LE 诊断 PJI 的灵敏度为 37.5%,特异度为 100.0%。该研究结果显示,与亚洲人群中的其他生物标志物相比,AD 作为 PJI 诊断生物标志物的准确性高,同时 LE 可以作为其辅助诊断手段。

在 SHOHAT 等<sup>[22]</sup>研究中,为了进一步评估 LE 检测与 AD 检测在 PJI 检查中的诊断价值,该研究者回顾性研究评估了 2013—2019 年在一家医疗机构接受翻修 TKA 的患者,并可以收集 LE 与 AD 的检测数据。PJI 是根据 2018 年国际共识会议标准定义的。比较 LE 与 AD 的诊断性能:灵敏度、特异度、阳性似然比(PLR)和阴性似然比(NLR)及阳性预测值(PPV)和阴性预测值(NPV),共纳入 122 例患者(28 例 PJI 和 94 例正常恢复)。结果显示,LE 与 AD 的曲线下面积(AUC)分别为 0.905[95%可信区间(95%CI) 0.820~0.991]和 0.913(95%CI 0.834~0.992),两者的 AUC 值相近,见表 1。LE 阳性 24 例,其中 PJI 23 例;LE 阴性 98 例,其中 PJI 5 例,PPV 和 NPV 分别为 95.8%(95%CI 76.5%~99.4%)和 94.9%(95%CI 89.4%~97.6%)。AD 阳性 27 例, PJI 24 例,AD 阴性 95 例, PJI 4 例。这导致 PPV 和 NPV 分别为 89.0%(95%CI 72.2%~96.1%)和 96.0%(95%CI 90.5%~98.3%)。虽然这 2 项检测在 18 例术前结果不确定的病例中是有用的,但 AD 并没有优于 LE。以上结果表明,LE 和 AD 是诊断疑似 PJI 的重要指标,且 LE 和 AD 具有相似的诊断价值。由于 LE 是一种非常便宜且易于获得的即时检测,相信其在疑似 PJI 的工作中提供了更大的价值。

表 1 SHOHAT 等<sup>[22]</sup>研究中 LE 与 AD 检测在 PJI 中的诊断价值

| 指标 | AUC(95%CI)         | 灵敏度(95%CI)      | 特异度(95%CI)       | PLR(95%CI)       | NLR(95%CI)   | PPV(95%CI)      | NPV(95%CI)      |
|----|--------------------|-----------------|------------------|------------------|--------------|-----------------|-----------------|
| LE | 0.905(0.820~0.991) | 82.1(63.1~93.9) | 98.9(94.2~100.0) | 77.2(10.9~546.6) | 0.2(0.1~0.4) | 95.8(76.5~99.4) | 94.9(89.4~97.6) |
| AD | 0.913(0.834~0.992) | 85.7(67.3~96.0) | 96.9(91.3~99.4)  | 28.0(9.1~86.2)   | 0.1(0.1~0.4) | 89.0(72.2~96.1) | 96.0(90.5~98.3) |

## 2.2 LE 与 AD 检测对 PJI 诊断的意义

**2.2.1 LE 与 AD 检测的可靠性研究** 在 DIBENEDETTO 等<sup>[23]</sup>研究中,评估了 LE 试纸检测诊断 PJI 的可靠性。对 2016 年 12 月至 2019 年 1 月 50 例疑似 PJI 患者(女 32 例,男 18 例,其中 24 例患者行膝关节翻修手术,26 例行髋关节翻修手术)进行研究。所有患者术中均抽吸滑液,进行 LE 试纸试验。将实验结果与假体周围组织培养、组织病理学检查和超声液培养进行比较。将 LE 试验结果与其他诊断方法的结果进行比较,发现 LE 试验结果与假体周围组织或滑液培养试验结果的一致性为 93%,LE 与组织学检查结果的一致性为 93%,最后与超声液培养结果的一致性

为 86%。该研究结果表明,术中 LE 检测具有良好的诊断准确性,特别是在阴性结果的情况下,其能够排除假体周围感染的假设。

LI 等<sup>[24]</sup>对 2015 年 5 月至 2018 年 10 月的 90 例全关节置换术后翻修的疑似 PJI 患者进行了回顾性研究。该研究的目的是在进行相应的滑液分析(WBC 计数、PMN%和 LE 测试)时验证 AD 检测的重要性。该实验方法是基于《最新版假体周围感染的国际共识解读》(ICM 2018 标准),计算术前诊断结果与术后诊断结果之间的观察者间一致性,以及术前诊断结果与术后诊断结果之间的观察者间可靠性,无论是否进行滑液 AD 检测。之后进行受试者操作特征(ROC)曲

线分析,并进行添加 AD 的直接成本-效益分析。结果显示,PJI 组 48 例,不确定组 16 例,非 PJI 组 26 例。将 AD 检测加入 2018 年 ICM 标准,与改变术前诊断结果、术后诊断结果及术前、术后诊断结果的一致。此外,每个改变决策的风险收益比超过 90%,AD 的直接成本-效益超过 8 370 美元(93 美元×90 美元)。说明基于 2018 年 ICM 标准,AD 检测在 PJI 诊断中具有高灵敏度和特异度。

GRÜNWARD 等<sup>[25]</sup>研究对 2018 年 4 月至 2022 年 8 月怀疑髋关节和膝关节 PJI 且均接受标准化关节穿刺的患者进行前瞻性研究。本研究是评估 LE 检测与 AD 检测在 THA 和 TKA 患者 PJI 诊断中的预测质量(灵敏度、特异度、PPV 和 NPV),以及 LE 检测

与 AD 检测在大队列中的相关性。应用 ELISA 滑膜液中 AD 的实验数据。同时,将样本应用于 LE 试纸进行实验。共检查 249 例患者,平均年龄(67.12±11.89)岁;男 139 例(55.8%),女 110 例(44.2%);髋 71 例(28.5%),膝 178 例(71.5%)。根据欧洲骨关节感染学会(EBJIS)标准,54 例(21.7%)患者被诊断为 PJI。其中,AD 检测的 AUC 为 0.930(灵敏度和特异度分别为 0.870 和 0.990),LE 的 AUC 为 0.820(灵敏度和特异度分别为 0.722 和 0.918),见表 2。2 个参数均表现出较强的正相关。该研究表明,LE 检测与 AD 检测是一种可快速诊断 PJI 的方法,常规使用可缩短 PJI 从诊断到治疗的时间。

表 2 GRÜNWARD 等<sup>[25]</sup>研究中 LE 与 AD 检测在 PJI 中的诊断价值

| 指标 | AUC(95%CI)         | 最佳阈值            | 灵敏度   | 特异度   | PPV   | NPV   | TP-FP-FN-TN  |
|----|--------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| LE | 0.820(0.746~0.895) | 每微升 10~25 个 WBC | 0.722 | 0.918 | 0.709 | 0.922 | 39-16-15-179 |
| AD | 0.930(0.877~0.984) | ≥1              | 0.870 | 0.990 | 0.959 | 0.965 | 47-2-7-193   |

注:TP 为真阳性;FP 为假阳性;FN 为假阴性;TN 为真阴性。

**2.2.2 LE 与 AD 检测诊断准确性研究** 在 LI 等<sup>[24]</sup>的研究中,使用双变量荟萃分析框架计算合并灵敏度、特异度、PLR、NLR 和诊断优势比(DOR)。双变量模型采用随机效应方法,双变量模型的统计特性适合进行诊断性荟萃分析。此外,设计了所有的 ROC 曲线,AUC 描述了测试的准确性,见表 3。AD(21 项研究)诊断 PJI 的综合灵敏度和特异度分别为 0.89(95%CI 0.83~0.93)和 0.96(95%CI 0.95~0.97)。AD 对 PJI 的合并 DOR 为 209.14(95%CI 97.31~

449.50),AUC 为 0.98(95%CI 0.96~0.99)。LE (17 项研究)诊断 PJI 的灵敏度和特异度分别为 0.90(95%CI 0.84~0.95)和 0.96(95%CI 0.93~0.97)。LE 的 DOR 为 203.23(95%CI 96.14~429.61),AUC 为 0.98(95%CI 0.96~0.99)。根据该研究结果,可以得出结论为 AD 和 LE 是识别 PJI 的有价值的滑液标志物,具有相当高的诊断准确性,且 AD 和 LE 的检测非常方便,可在手术前或术中进行。

表 3 LI 等<sup>[24]</sup>研究中双变量模型和亚组分析结果

| 指标 | 灵敏度(95%CI)      | I <sup>2</sup> 灵敏度(95%CI) | 特异度(95%CI)      | I <sup>2</sup> 特异度(95%CI) |
|----|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|
| AD | 0.89(0.83~0.93) | 64.09(47.36~80.82)        | 0.96(0.95~0.97) | 51.82(27.77~75.87)        |
| LE | 0.90(0.84~0.95) | 78.63(68.95~88.32)        | 0.96(0.93~0.97) | 58.12(35.60~80.63)        |

| 指标 | PLR(95%CI)         | NLR(95%CI)      | DOR(95%CI)           | AUC(95%CI)      |
|----|--------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| AD | 23.18(15.79~34.03) | 0.11(0.07~0.18) | 209.14(97.31~449.50) | 0.98(0.96~0.99) |
| LE | 20.25(13.71~29.90) | 0.10(0.06~0.18) | 203.23(96.14~429.61) | 0.98(0.96~0.99) |

**2.2.3 AD 与 LE 检测方法诊断效率的研究** 在 CHEN 等<sup>[26]</sup>的研究中,通过检索 PubMed、Embase、Cochrane、Elsevier、Springer、Web of Science 等在线数据库的方法,检索自建库至 2018 年 10 月的文献,关键词为“AD”“LE”“假体周围关节感染”,用以评估滑液 AD 和 LE 对 PJI 的诊断效率。纳入标准:接受过膝关节、髋关节或肩关节置换术的患者;检测滑液 AD 或 LE 作为 PJI 诊断的生物标志物;MSIS 或结合临床数据被认为是“金标准”。对比两者的灵敏度、特异度、DOR 和受试者工作特征曲线汇总下面积

(AUSROC)的数据。该文检索了 28 项研究符合要求,其中探讨 AD 对 PJI 诊断准确性的文献有 16 篇,探讨了 LE 对 PJI 诊断准确性的文献有 12 篇。LE 的灵敏度、特异度和 DOR 分别为 87%(95%CI 84%~90%)、96%(95%CI 95%~97%)和 170.09(95%CI 97.63~296.32),AD 的合并灵敏度、特异度和 DOR 分别为 87%(95%CI 83%~90%)、97%(95%CI 96%~98%)和 158.18(95%CI 74.26~336.91),见表 4。LE 和 AD 的 AUSROC 分别为 0.981 8 和 0.968 5。LE 试纸和滑液 AD 检测可快速、方便地诊



断 PJI。AD 和 LE 的灵敏度相同,但在临床实践中 2 种方法均具有较高的特异度。

表 4 滑液 AD 和 LE 检测在 PJI 中的诊断价值

| 指标 | 灵敏度<br>(95%CI) | 特异度<br>(95%CI) | DOR<br>(95%CI)       | AUSROC<br>(95%CI) |
|----|----------------|----------------|----------------------|-------------------|
| LE | 87(84~90)      | 96(95~97)      | 170.09(97.63~296.32) | 0.981 8           |
| AD | 87(83~90)      | 97(96~98)      | 158.18(74.26~336.91) | 0.968 5           |

该研究分析了 AD 检测有 2 种方法(ELISA 和侧流试纸条)可以用于测试其灵敏度,根据使用的方法将这些纳入的研究分为 2 个亚组。根据汇总数据见表 5,ELISA 的灵敏度、特异度和 AUC 均高于侧流试纸条,得出 2 种方法灵敏度不同的结论。然而,ELISA 的亚组只有 4 项研究,而另一组有 12 项研究。因此,需要开展更多的 ELISA 方法研究,进一步证实该方法的诊断效率。

表 5 ELISA 与侧流试纸条诊断 AD 的合并诊断参数

| 内容               | ELISA                     | 侧流试纸条               |
|------------------|---------------------------|---------------------|
| 项目数量( <i>n</i> ) | 4                         | 12                  |
| 灵敏度(95%CI)       | 92(86~96)                 | 85(80~89)           |
| 特异度(95%CI)       | 99(98~100)                | 96(94~97)           |
| PLR(95%CI)       | 91.18(29.53~281.49)       | 14.91(8.51~26.15)   |
| NLR(95%CI)       | 0.10(0.06~0.18)           | 0.19(0.11~0.34)     |
| DOR(95%CI)       | 1 095.49(283.68~4 230.45) | 97.55(46.69~203.83) |
| AUC              | 0.999 0                   | 0.959 0             |

**2.3 在服用抗生素的 PJI 患者中滑液 LE 检测方法的诊断价值** 在 SHAHI 等<sup>[27]</sup>的研究中,评估了在对假体周围关节感染进行滑膜 LE 试纸试验之前抗生素给药的效果。这项研究包括了 121 例经 MSIS 确诊的假体周围关节感染患者,这些患者接受了髋关节或膝关节置换术的翻修手术,并且都进行了 LE 试纸检测。其中,一部分患者(占总数的 32%)在诊断检查前服用了抗生素;而另一部分患者(占总数的 68%)在诊断检查前后 2 周内未服用过抗生素。该研究对比了这 2 组患者的 LE 试纸结果、血清 CRP、滑膜 WBC、ESR、计数和多形核 PMN 的百分比。结果显示,CRP(中位数为 16.5 mg/L vs. 12.9 mg/L,  $P=0.032$ )、滑膜 WBC 计数(中位数为每微升 45 675 个 vs. 每微升 9 650 个,  $P<0.000 1$ )、服用抗生素的患者在血清 ESR(85 mm/h vs. 67 mm/h,  $P=0.009$ )和 PMN 百分比(中位数为 93% vs. 88%,  $P=0.004$ )方面,均显著低于未服用抗生素的患者组。

在同期进行的分析中,对于服用抗生素的患者组,除了 LE 试纸的灵敏度基本保持不变外,其他所有检测的灵敏度均有所下降,具体来看,抗生素组的 ESR 灵敏度为 79.5%,而未服用抗生素组为 92.7%(假阴性结果的  $RR$  为 2.8,  $P=0.040$ );抗生素组的

CRP 灵敏度为 64.2%,对比未服用抗生素组为 CRP 灵敏度为 81.8%( $RR$  为 1.9,  $P=0.030$ );抗生素组 WBC 计数的灵敏度为 69.3%,对比未服用抗生素组 WBC 计数的灵敏度为 93.4%( $RR$  为 5.0,  $P=0.001$ );抗生素组 PMN 百分比的灵敏度为 74.4%,对比未服用抗生素组 PMN 百分比的灵敏度为 91.5%( $RR$  为 3.0,  $P=0.010$ );而抗生素组 LE 试纸的灵敏度为 77.8%,对比未使用抗生素组 LE 试纸的灵敏度为 83.1%( $RR$  为 1.3,  $P=0.170$ )。此外,抗生素组的阴性培养率为 30.7%,显著高于未使用抗生素组的 12.1%,差异有统计学意义( $P=0.015$ )。

在该项研究中,研究人员首次在抗生素治疗的前提下设计了 LE 检测实验,并证实了 LE 的检测结果并未受到抗生素的影响。因此,即使先前使用过抗生素,LE 试纸也可作为诊断假体周围关节感染的可靠诊断标志物。

### 3 不足与展望

在临床实践中,LE 与 AD 检测技术在 PJI 的诊断上仍存在一些不足之处:(1)多数研究是基于 MSIS 诊断标准进行分类,但部分研究在标准应用上存在不一致性。(2)AD 检测有 2 种方法(ELISA 和侧流试纸条)可以用于测试其灵敏度,但实际研究中,检测 AD 使用侧流试纸条较多,使用 ELISA 方法较少。期待后续有更多关于检测 AD 的 ELISA 和侧流试纸条 2 种不同方法的对比研究,以确保数据的准确性。(3)回顾性分析的研究可能导致选择偏差,如在被安排 AD 检测组的人群及数据收集的可变性。虽然在 PJI 的诊断技术方面还有很多工作要做,但本综述为临床医生提供这些简单、快速、方便的检测方法,准确、高效地诊断 PJI 提供了坚实的基础。在未来,开发更简单方便的 PJI 诊断方法是研究工作的重点。

### 4 小 结

PJI 是关节置换术后难以应对的挑战之一,迅速而准确地诊断有助于患者尽早接受治疗,确保患者获得满意的康复效果。目前,国内外专家正在探讨 LE 检测与 PJI 之间的关系,而在多数研究文献中,LE 与 AD 检测在诊断 PJI 方面的价值得到了广泛实验验证,多数研究表明,LE 与 AD 检测在诊断 PJI 时展现出较高的灵敏度和特异度。

### 参考文献

[1] BEAM E, OSMON D. Prosthetic joint infection update [J]. Infect Dis Clin North Am, 2018, 32(4): 843-859.

[2] PARVIZI J, DELLA VALLE C J. AAOS clinical practice guideline: diagnosis and treatment of periprosthetic joint infections of the hip and knee [J]. J Am Acad Orthop Surg, 2010, 18(12): 771-772.

[3] LEE Y, LEE A, JEONG H S, et al. The microbiology of periprosthetic joint infections as revealed by sonicate cul-

- tures in Korea; routine use of fungal and mycobacterial cultures is necessary? [J]. *PLoS One*, 2024, 19 (8): e0309046.
- [4] SUAREZ FERNANDEZ J P. Comments on “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*, 2020, 47(11): 2501-2502.
- [5] KHALECHE S, EBSTEIN E, DEMARIA L, et al. Synovial fluid analysis with leukocyte esterase reagent strip test [J]. *Clin Rheumatol*, 2021, 40(8): 3279-3283.
- [6] XU Y, MA X T, GUO H R, et al. Diagnostic value of synovial fluid biomarkers for periprosthetic joint infection: a prospective, double-blind trial [J]. *Med Sci Monit*, 2023, 29: e940842.
- [7] YU B Z, LI R, FU J, et al. Leukocyte esterase test and alpha-defensin test have similar accuracy for the diagnosis of periprosthetic joint infection [J]. *Int Orthop*, 2021, 45 (7): 1677-1682.
- [8] SOLARINO G, BIZZOCA D, MORETTI L, et al. What's new in the diagnosis of periprosthetic joint infections: focus on synovial fluid biomarkers [J]. *Trop Med Infect Dis*, 2022, 7(11): 355.
- [9] TANG H Z, XU J L, YUAN W, et al. Reliable diagnostic tests and thresholds for preoperative diagnosis of non-inflammatory arthritis periprosthetic joint infection: a meta-analysis and systematic review [J]. *Orthop Surg*, 2022, 14 (11): 2822-2836.
- [10] TRIPATHI S, TARABICHI S, PARVIZI J, et al. Current relevance of biomarkers in diagnosis of periprosthetic joint infection: an update [J]. *Arthroplasty*, 2023, 5 (1): 41.
- [11] VICENTI G, PESARE E, COLASUONNO G, et al. Debridement, antibiotic pearls, and retention of the implant (DAPRI) in the treatment of early periprosthetic knee joint infections: a literature review [J]. *Healthcare*, 2024, 12(8): 843.
- [12] SCONFENZA L M, SIGNORE A, CASSAR-PULLICINO V, et al. Diagnosis of peripheral bone and prosthetic joint infections: overview on the consensus documents by the EANM, EBJIS, and ESR (with ESCMID endorsement) [J]. *Eur Radiol*, 2019, 29(12): 6425-6438.
- [13] BARRETTO J M, CAMPOS A L S, OOKA N H M. Periprosthetic knee infection-part 1: risk factors, classification and diagnosis [J]. *Rev Bras Ortop*, 2022, 57 (2): 185-192.
- [14] BARRETTO J M, CAMPOS A L S, OOKA N H M. Periprosthetic knee infection-part 2: treatment [J]. *Rev Bras Ortop (Sao Paulo)*, 2022, 57(2): 193-199.
- [15] PEEL T N, DE STEIGER R. How to manage treatment failure in prosthetic joint infection [J]. *Clin Microbiol Infect*, 2020, 26(11): 1473-1480.
- [16] DEIRMENGIAN C, KARDOS K, KILMARTIN P, et al. Diagnosing periprosthetic joint infection: has the era of the biomarker arrived? [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2014, 472(11): 3254-3262.
- [17] PARVIZI J, JACOVIDES C, ANTOCI V, et al. Diagnosis of periprosthetic joint infection: the utility of a simple yet unappreciated enzyme [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2011, 93 (24): 2242-2248.
- [18] ZENG Y, DENG S, ZHU X, et al. Diagnostic accuracy of the synovial fluid  $\alpha$ -defensin lateral flow test in periprosthetic joint infection: a meta-analysis [J]. *Orthop Surg*, 2021, 13(3): 708-718.
- [19] YILMAZ M K, ABBASZADEH A, TARABICHI S, et al. Diagnosis of periprosthetic joint infection: the utility of biomarkers in 2023 [J]. *Antibiotics*, 2023, 12(6): 1054.
- [20] ZHENG Q, REN P, CHENG L, et al. Leukocyte esterase strip quantitative detection based on RGB photometry is a probable method to diagnose periprosthetic joint infection: an exploratory study [J]. *Orthop Surg*, 2023, 15(4): 983-992.
- [21] BAEK Y J, LEE Y J, LEE J A, et al. Role of  $\alpha$ -Defensin and the microbiome in prosthetic joint infection: a prospective cohort study in Korea [J]. *J Clin Med*, 2023, 12 (18): 5964.
- [22] SHOHAT N, YACOVELLI S, CHISARI E, et al. Alpha-defensin does not provide additional benefit over leukocyte esterase in the diagnosis of periprosthetic joint infection [J]. *Expert Rev Mol Diagn*, 2021, 21(8): 845-849.
- [23] DI BENEDETTO P, DALLA VECCHIA G, DANTE F, et al. Leukocyte esterase strip test as a reliable intraoperative PJI biomarker. Our experience [J]. *Acta Biomed*, 2019, 90(12/S): 43-47.
- [24] LI H, LI R, ERLONG N, et al. It can be unnecessary to combine common synovial fluid analysis and alpha-defensin tests for periprosthetic joint infection diagnosis [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24(1): 529.
- [25] GRÜNWALD L, SCHMIDUTZ F, DÖTTGER P, et al. Leukocyte esterase and alpha-defensin in periprosthetic joint infection: predictive quality and correlation in a prospective study [J]. *Int Orthop*, 2023, 47(11): 2663-2668.
- [26] CHEN Y S, KANG X R, TAO J, et al. Reliability of synovial fluid alpha-defensin and leukocyte esterase in diagnosing periprosthetic joint infection (PJI): a systematic review and meta-analysis [J]. *J Orthop Surg Res*, 2019, 14 (1): 453.
- [27] SHAHI A, ALVAND A, GHANEM E, et al. The leukocyte esterase test for periprosthetic joint infection is not affected by prior antibiotic administration [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2019, 101(8): 739-744.

(收稿日期: 2024-08-20 修回日期: 2024-12-29)