

• 论 著 •

血清蛋白电泳、免疫固定电泳及游离轻链检测在多发性骨髓瘤治疗中结果不一致原因分析

李万莎¹, 晋豆豆¹, 马利霞², 张会英^{1△}

北京高博医院: 1. 医学检验中心; 2. 淋巴瘤骨髓瘤科, 北京 102200

摘要:目的 分析血清蛋白电泳(SPE)、血清免疫固定电泳(sIFE)和血清游离轻链(sFLC)检测在多发性骨髓瘤(MM)治疗过程中结果不一致的原因。方法 收集 2025 年 2—12 月该院收治的 146 例 MM 患者同一天采血检测 SPE、sIFE、sFLC 的 276 组数据。结果 完整免疫球蛋白型多发性骨髓瘤(IIMM)和轻链型多发性骨髓瘤(LCMM)患者 sFLC 与 SPE 检测 M 蛋白定量水平均呈正相关($P < 0.05$)。sFLC 及 sFLC- κ/λ 比值(rFLC)正常而 sIFE 检测 M 蛋白阳性者为 6.5%, M 蛋白分型全部为完整型免疫球蛋白(Ig), 即 IgG- λ (55.5%)、IgG- κ (22.2%)、IgA- λ (11.1%)、IgA- κ (5.6%)、IgM- λ (5.6%)。SPE、sIFE 检测 M 蛋白阴性, sFLC- κ 、sFLC- λ 或 rFLC 结果异常为 8.7%, 其中仅 rFLC 异常占 54.2%。结论 sFLC 恢复正常而 sIFE 检测 M 蛋白仍然阳性通常在 IIMM 患者治疗过程中出现, 与 sFLC 和完整免疫球蛋白半衰期的差异相关。SPE、sIFE 检测 M 蛋白阴性而 sFLC- κ 、sFLC- λ 或 rFLC 仍异常多出现在 LCMM 患者治疗后, 与 SPE、sIFE、sFLC 检测方法灵敏度差异相关。

关键词: 多发性骨髓瘤; 血清蛋白电泳; 血清免疫固定电泳; 血清游离轻链

DOI: 10.3969/j.issn.1673-4130.2026.15.017

中图法分类号: R446.1; R733.3

文章编号: 1673-4130(2026)15-1883-05

文献标识码: A

Analysis of the reasons for inconsistent results of serum protein electrophoresis, immunofixation electrophoresis, and free light chain detection in the treatment of multiple myeloma

Li Wansha¹, Jin Doudou¹, Ma Lixia², Zhang Huiying^{1△}

1. Medical Laboratory Center; 2. Department of Lymphoma and Myeloma,

Beijing Gobroad Hospital, Beijing 102200, China

Abstract: Objective To analyze the reasons for inconsistent results of serum protein electrophoresis (SPE), serum immunofixation electrophoresis (sIFE), and serum free light chain (sFLC) assays during the treatment of multiple myeloma (MM). **Methods** Data from 276 sets of blood samples collected from 146 inpatients with multiple myeloma admitted to the hospital from February to December 2025 on the same day were analyzed. **Results** The sFLC affected by complete immunoglobulin-type multiple myeloma (IIMM) and light chain-type multiple myeloma (LCMM) patients were positively correlated with the quantitative levels of M protein detected by SPE ($P < 0.05$). The proportion of patients with normal sFLC and sFLC- κ/λ ratio (rFLC) and positive M protein detected by sIFE was 6.5%. The M protein types were all complete immunoglobulin types, including IgG- λ (55.5%), IgG- κ (22.2%), IgA- λ (11.1%), IgA- κ (5.6%), and IgM- λ (5.6%). SPE and sIFE detected negative M protein, while abnormal results of sFLC- κ , sFLC- λ , or rFLC occurred in 8.7%. Among them, rFLC abnormalities accounted for 54.2%. **Conclusion** The normalization of sFLC while sIFE still detects positive M protein is usually observed during the treatment of IIMM patients, which is related to the difference in the half-life of sFLC and intact immunoglobulins. The negative results of M protein detected by SPE and sIFE but abnormal levels of sFLC- κ , sFLC- λ or rFLC are more frequently seen in LCMM patients after treatment, and are associated with the differences in sensitivity of detection methods of SPE, sIFE, and sFLC.

Key words: multiple myeloma; serum protein electrophoresis; serum immunofixation electrophoresis; serum free light chains

多发性骨髓瘤(MM)是一种起源于浆细胞的血液恶性肿瘤,以 M 蛋白的异常增殖为特征。作为第二常见的血液系统恶性肿瘤,MM 全球发病率呈上升趋势。M 蛋白分型中,IgG 型约占 50%,IgA 型约占 20%,IgD 型和 IgM 型表型罕见(分别占 2% 和 0.5%),另外约 20% 的患者仅分泌单克隆 κ 或 λ 游离轻链,少数患者为不分泌型或寡分泌型^[1]。血清蛋白电泳(SPE)是筛查和监测 M 蛋白的最常用检测方法,但其检测灵敏度较低,定量限为 0.5~1.0 g/L^[2]。血清免疫固定电泳(sIFE)为定性分析,可对 M 蛋白进行分型,其检测灵敏度高于 SPE,sIFE 检出限应不高于 0.1 g/L^[2]。血清游离轻链(sFLC)检测利用特异性识别游离轻链靶表位的抗体对 sFLC 进行定量分析,检测灵敏度达 0.01~0.03 g/L。通过计算 sFLC- κ/λ 比值(rFLC)可判断轻链的克隆性^[3]。

临床上,通常建议对高危人群联合检测 SPE 和 sFLC 进行 M 蛋白筛查^[3]。在 MM 疗效评估上,SPE、sIFE、sFLC、rFLC 是 MM 缓解、复发、疾病进展的重要指标^[4]。然而,临床实践中常出现 SPE、sIFE、sFLC 检测结果不一致的情况:部分患者治疗后 sFLC 恢复正常后 sIFE 检测 M 蛋白仍阳性,而另一些患者治疗后 SPE、sIFE 转阴后 sFLC 或 rFLC 还异常。这种不一致性给临床医生对检验结果的解读带来困扰,甚至引发对检验方法准确性的质疑。本研究将通过对 146 例 MM 患者在治疗过程中的 276 组 SPE、sIFE、sFLC 检测数据进行回顾性分析,探讨在 MM 治疗过程中 SPE、sIFE、sFLC 检测结果不一致的原因,以期为临床合理解读检验结果提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2025 年 2—12 月于北京高博医院住院治疗的 146 例 MM 患者作为研究对象。其中男 74 例,女 72 例;年龄 34~97 岁,男(63.64±11.37)岁,女(64.33±11.47)岁;完整免疫球蛋白型多发性骨髓瘤(IIMM)107 例,轻链型多发性骨髓瘤(LCMM)37 例,寡分泌型 2 例。纳入标准:(1)符合《中国多发性骨髓瘤诊治指南(2024 年修订)》^[4] 相关标准,MM 国际分期体系(ISS)分期 I~III 期;(2)已进行临床治疗。排除标准:(1)并发其他脏器(心、肝、肺)严重功能不全;(2)合并其他血液系统或自身免疫性疾病;(3)伴有恶性肿瘤;(4)妊娠期或哺乳期女性。收集患者实验室信息系统(LIS)中同一天血液 SPE、sIFE、sFLC 检测的 276 组数据。本研究经医院伦理委员会豁免审批。

1.2 方法

1.2.1 仪器与试剂 HYDRASYS 2 SF 琼脂糖凝胶

电泳仪(法国 SEBIA 公司),Optilite Type 864 全自动蛋白分析仪(BindingSite 公司),血清蛋白检测试剂盒(法国 SEBIA 公司),免疫固定检测试剂盒(法国 SEBIA 公司),sFLC 试剂 Freelite κ 和 Freelite λ (BindingSite 公司)。

1.2.2 检测方法 SPE 和 sIFE 采用琼脂糖凝胶电泳法,sFLC 检测采用透射比浊法。

1.2.3 M 蛋白结果判读及计算方法 在 SPE 扫描图谱 γ 区域出现高而窄的峰型,判断为 M 蛋白。 α_2 、 β 区域若出现高而窄的峰型,必须经 sIFE 确定后,才可判断为 M 蛋白。sIFE 免疫球蛋白泳道出现致密条带则为 M 蛋白阳性结果,免疫球蛋白呈均匀弥散分布则为阴性结果。SPE 采用切线法划取 M 蛋白电泳峰,其峰面积占有所有蛋白峰面积的百分比即为 M 蛋白百分比。M 蛋白质量浓度计算公式:M 蛋白质量浓度(g/L)=总蛋白质量浓度(g/L)×M 蛋白百分比(%)^[2]。

1.2.4 sFLC 参考区间 sFLC- κ 参考区间为 3.30~19.40 mg/L,sFLC- λ 参考区间为 5.71~26.30 mg/L,rFLC 参考区间为 0.26~1.65。

1.3 统计学处理 采用 SPSS17.0 统计软件进行数据处理。经检验,计量资料不符合正态分布,以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,计数资料以例数或百分率表示。采用 Spearman 相关分析 MM 患者 sFLC 水平与 M 蛋白水平的相关性。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 IIMM 和 LCMM 患者受累 sFLC 与 sIFE M 蛋白定量的相关性 针对 IIMM 患者 198 组 sFLC 和 M 蛋白定量检测结果及 LCMM 患者 65 组 sFLC 和 M 蛋白定量检测结果进行 Spearman 相关性分析,结果发现,Ig- κ 型 IIMM 患者 sFLC- κ 与 SPE 检测 M 蛋白定量呈正相关($r=0.377, P<0.001$),Ig- λ 型 IIMM 患者 sFLC- λ 与 SPE 检测 M 蛋白定量呈正相关($r=0.637, P<0.001$);轻链 κ 型 LCMM 患者 sFLC- κ 与 SPE 检测 M 蛋白定量呈正相关($r=0.479, P=0.003$),轻链 λ 型 LCMM 患者 sFLC- λ 与 SPE 检测 M 蛋白定量呈正相关($r=0.761, P<0.001$)。见表 1。

2.2 sFLC 正常和 sIFE M 蛋白阳性情况 276 组检测数据中,sFLC- κ 、sFLC- λ 及 rFLC 结果正常,sIFE 检测 M 蛋白阳性为 9.4%(26/276),其中 19.2%(5/26)M 蛋白水平低于 SPE 检测 M 蛋白的定量限。26.9%(7/26)IFE 阳性(IgG- κ)的患者临床在使用达雷妥尤单抗药物治疗且 M 蛋白水平<1.0 g/L,1 例患者临床无法确认检测时是否使用达雷妥尤单抗药

物,故实际 sFLC 正常而 sIFE 检测内源性 M 蛋白阴性为 6.5%(18/276)。sIFE 阳性的 M 蛋白分型均为完整型免疫球蛋白,IgG-λ(55.5%)、IgG-κ(22.2%)、IgA-λ(11.1%)、IgA-κ(5.6%)、IgM-λ(5.6%)。

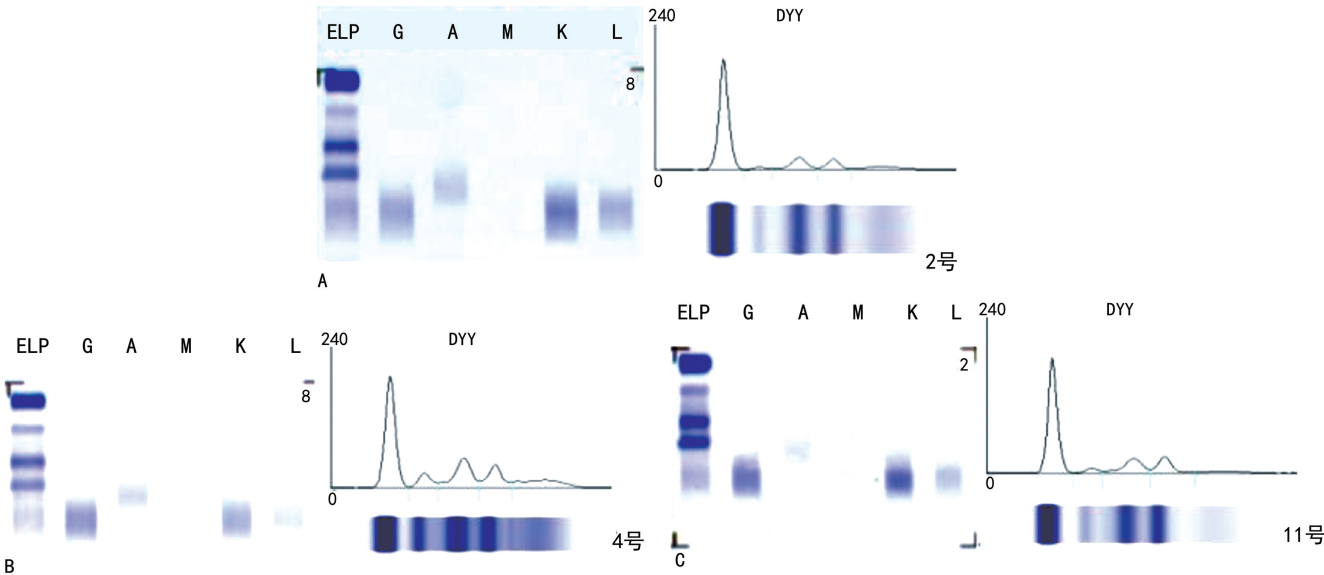
2.3 SPE、sIFE M 蛋白阴性及血清游离轻链异常情况 SPE、sIFE 检测 M 蛋白阴性,sFLC-κ、sFLC-λ 或 rFLC 结果异常,占 8.7%(24/276),其中仅 rFLC 异

常占 54.2%(13/24),增高占 45.8%(11/24)。在这 11 组检测结果中,患者为轻链 κ 型 LCMM 占 81.8%(9/11),完整免疫球蛋白型占 18.2%(2/11),分别为 IgA-κ、IgG-κ 型;rFLC 降低占 8.3%(2/24),这 2 组检测结果中,患者均为轻链 λ 型 LCMM。见图 1、表 2。

表 1 IIMM 和 LCMM 患者受累 sFLC 与 sIFE M 蛋白定量结果的相关性[M(P₂₅,P₇₅)]

类型	n	sFLC-κ(mg/L)	sFLC-λ(mg/L)	血清 M 蛋白(g/L)	r	P
Ig-κ 型 IIMM	93	18.60(6.86,96.23)	5.24(2.16,11.42)	1.67(1.00,14.32)	0.377	<0.001
Ig-λ 型 IIMM	105	6.09(1.50,12.79)	17.89(4.06,147.64)	1.77(0.00,7.75)	0.637	<0.001
轻链 κ 型 LCMM	36	46.63(11.00,907.85)	10.17(2.47,17.98)	0.00(0.00,0.00)	0.479	0.003
轻链 λ 型 LCMM	29	4.97(0.69,15.89)	1 150.80(25.43,6 276.96)	0.00(0.00,3.30)	0.761	<0.001

注:因 LCMM 患者 SPE 检测 M 蛋白多为阴性或微量,故 M 蛋白中位数为 0。



注:A 为 2 号样本(sIFE 阴性,SPE 阴性);B 为 4 号样本(sIFE 阴性,SPE 阴性);C 为 11 号样本(sIFE 阴性,SPE 阴性)。

图 1 sIFE 和 SPE 结果

表 2 SPE、sIFE 检测 M 蛋白阴性及 rFLC 异常结果

编号	sFLC-κ(mg/L)	sFLC-λ(mg/L)	rFLC	SPE	sIFE	M 蛋白型别
1	166.27	14.47	11.49	阴性	阴性	轻链 κ 型
2	421.97	7.94	53.14	阴性	阴性	轻链 κ 型
3	297.00	8.82	33.67	阴性	阴性	轻链 κ 型
4	454.16	11.33	40.08	阴性	阴性	轻链 κ 型
5	231.92	16.43	14.12	阴性	阴性	轻链 κ 型
6	112.77	22.82	4.94	阴性	阴性	轻链 κ 型
7	208.56	6.28	33.21	阴性	阴性	轻链 κ 型
8	200.70	7.65	26.24	阴性	阴性	轻链 κ 型
9	54.54	3.70	14.74	阴性	阴性	IgA-κ 型
10	58.60	5.66	10.35	阴性	阴性	轻链 κ 型

续表 2 SPE、sIFE 检测 M 蛋白阴性及 rFLC 异常结果

编号	sFLC-κ(mg/L)	sFLC-λ(mg/L)	rFLC	SPE	sIFE	M 蛋白型别
11	895.41	1.47	609.12	阴性	阴性	IgG-κ 型
12	4.97	174.26	0.03	阴性	阴性	轻链 λ 型
13	0.60	41.56	0.01	阴性	阴性	轻链 λ 型

注:M 蛋白型别为患者最近一次诊断出 M 蛋白阳性的型别,其中 2 号初始为 IgA-κ 寡分泌型,治疗后型别转换为轻链 κ 型。

3 讨 论

免疫球蛋白是由 2 条重链和 2 条轻链通过二硫键连接构成。2 条重链由完全相同的多肽链构成,其 N 端为可变区,C 端为恒定区,恒定区抗原表位差异分为 γ、α、μ、δ、ε 五类,分别对应 IgG、IgA、IgM、IgD、IgE 五类抗体。轻链分为 κ、λ 2 个型别。每个免疫球蛋白分子仅携带一种型别的轻链。健康人 sFLC 的水平极低,通常在每升数毫克到十几毫克之间。LCMM 患者 sFLC 水平显著升高。IIMM 患者血液中产生大量的完整单克隆免疫球蛋白,且大部分患者会伴有 sFLC 的升高。Mead 等^[5] 研究显示,LCMM 患者 sFLC 异常升高,96% IIMM 患者可检出 FLC 异常。本研究显示,IIMM 和 LCMM 患者 sFLC 与 SPE 检测 M 蛋白定量水平均呈正相关。

本研究统计结果显示,有 6.5% 的 MM 患者临床治疗中出现 sFLC 正常而 sIFE M 蛋白仍阳性。这种 sFLC 与 sIFE 结果不一致的情况与 sFLC 和完整免疫球蛋白半衰期的差异有关^[6]。游离轻链相对分子质量较小,FLC-κ 半衰期只有 2~3 h,FLC-λ 为 5~6 h,而 IgG 的半衰期长达 20~25 d^[6]。本研究结果显示,sFLC 及 rFLC 正常而 sIFE 仍阳性的检测,M 蛋白分型全部为完整型免疫球蛋白(IgG-λ、IgG-κ、IgA-λ、IgA-κ、IgM-λ),以 IgG-λ 为主(55.5%)。这提示 MM 患者治疗后单克隆完整免疫球蛋白比 sFLC 降低速度更慢,虽然 sFLC 恢复正常,当 sIFE 结果 Ig 型 M 蛋白还未完全转阴,尚未达到完全缓解(CR)^[4]。如果患者是初次被诊断为 MM,实验室检测结果出现 sFLC 及 rFLC 正常,sIFE 检测 M 蛋白阳性,则临床应主要考虑患者为 IIMM^[5]。

在判读 sIFE 检测结果时应仔细辨别其结果是否受药物干扰,对 IgG-κ 型阳性结果应考虑患者是否接受达雷妥尤单抗治疗而出现假阳性^[7]。达雷妥尤单抗药在血清中的最高质量浓度为 0.9 g/L,当其质量浓度大于 0.25 g/L 时能被 sIFE 检测出^[8]。徐双等^[9] 研究建议对 M 蛋白水平在 1.2 g/L 以下的 IgG-κ 型及游离 κ 型的患者进行达雷妥尤单抗移除实验以除外药物影响。M 蛋白大于 1.2 g/L 考虑存在内源性 M 蛋白,无需使用达雷妥尤单抗移除实验。本实验室未开展达雷妥尤单抗移除实验,sIFE 检测 M 蛋

白阳性(IgG-κ 型)且水平<1.2 g/L 的结果,均通过与临床沟通,确认患者是否正在使用达雷妥尤单抗药物治疗,7 例正在使用达雷妥尤单抗药物,1 例无法确认检测时是否使用达雷妥尤单抗药物。因此排除这 8 组数据,统计 sFLC 正常而 sIFE 检测内源性 M 蛋白阳性者为 6.5%。

另一值得关注的情况是,8.7% 的 MM 患者临床治疗中出现 SPE、sIFE 检测 M 蛋白转阴后,而 sFLC-κ、sFLC-λ 或 rFLC 仍异常。这与 SPE、sIFE 和 sFLC 三种检测方法学灵敏度,即定量限、检出限的差异相关。本实验室检测 SPE 和 sIFE 采用琼脂糖凝胶电泳法,在法国赛比亚 HYDRASYS 2 SF 琼脂糖凝胶电泳仪上进行检测,试剂说明书上 SPE 的灵敏度(定量限)为 0.17 g/L,sIFE 灵敏度(检出限)为 0.12~0.25 g/L。本实验室进行性能验证 SPE 定量限为 0.12 g/L,sIFE 检出限 IgG-κ 型为 0.09 g/L,轻链 κ 型为 0.08 g/L,轻链 λ 型为 0.02 g/L。sIFE 比 SPE 灵敏度更高。轻链型 M 蛋白的检测灵敏度比完整免疫球蛋白型 M 蛋白更高。但是不同患者检测结果会受到自身多克隆蛋白背景水平及着色程度的影响,同样的检测方法不同个体其检测灵敏度会有差异。在 SPE 正常而 sIFE 检测 M 蛋白阳性数据中,有 19.2% M 蛋白水平低于 SPE 检测 M 蛋白的定量限,即 SPE 检测 M 蛋白为阴性。本研究结果提示,sIFE 比 SPE 检测灵敏度更高,另外,2 号、4 号、11 号样本的 sFLC-κ 分别约为 0.42、0.45、0.90 g/L,已高于本实验室验证的 SPE、sIFE 方法灵敏度(0.12、0.08 g/L),但是实验室二者的检测结果仍为阴性。Keren 等^[10] 研究提出,传统电泳对小于 10 g/L 的 M 蛋白的测量生物学变异大,尤其电泳迁移到 β 和 α 区的 M 蛋白被多克隆免疫球蛋白等正常血清蛋白干扰导致无法测量。在多克隆背景升高的情况下,SPE 检测低质量浓度的 M 蛋白水平不准确,sIFE 结果判读主观性强^[11]。sFLC 检测采用透射比浊法,sFLC-κ 定量限为 0.60 mg/L,sFLC-λ 定量限为 1.30 mg/L,远低于 SPE 和 sIFE 定量限和检出限。sFLC 能在 MM 治疗过程中 SPE、sIFE 转阴后对疗效进一步评估,尤其是针对 LCMM。本研究结果发现,rFLC 异常数据(13/24)中 84.6% (11/13)为 LCMM。相关研究也表明 sFLC 检测对

LCMM 患者是更灵敏的指标^[12-14]。

另外, sFLC- κ 、sFLC- λ 结果稍高或低有可能与参考区间有关, 本实验室采用的参考区间是厂家提供的美国人群的 sFLC 参考区间而非本实验建立的中国人群的检测值参考区间^[15]。故指南中以受累与非受累血清 FLC 之间的差值来评估疗效可以有效降低实验室 sFLC 参考区间的问题。

综上所述, 临床上经常对 MM 患者同时进行 SPE、sIFE 和 sFLC 检测, SPE 检测 M 蛋白水平, 是监测 M 蛋白的最稳定的常规检测方法^[16], sIFE 是 M 蛋白分型检测的金标准^[17]。但 3 种检测结果常会出现不一致情况。当 IIMM 患者 sFLC 恢复正常而 sIFE 检测 M 蛋白仍然阳性通常在 IIMM 患者治疗过程中出现, 与 sFLC 和完整免疫球蛋白代谢半衰期的差异相关; SPE、sIFE 检测 M 蛋白阴性而 sFLC- κ 、sFLC- λ 或 rFLC 仍异常大多数出现在 LCMM 患者治疗后, 与 SPE、sIFE、sFLC 3 种检测方法灵敏度差异相关。

参考文献

- [1] Malard F, Neri P, Bahlis N J, et al. Multiple myeloma[J]. Nat Rev Dis Primers, 2024, 10: 45.
- [2] T/CGSS 013—2020 单克隆丙种球蛋白实验室诊断指南[S].
- [3] 中国医药教育协会血液学专业委员会, 中国医师协会血液科医师分会骨髓瘤专家委员会, 中华医学会血液学分会浆细胞疾病学组. 单克隆免疫球蛋白筛查与临床应用中国专家共识(2025 年版)[J]. 中华血液学杂志, 2025, 46(4): 289-294.
- [4] 中国医师协会血液科医师分会, 中华医学会血液学分会. 中国多发性骨髓瘤诊治指南(2024 年修订)[J]. 中华内科杂志, 2024, 63(12): 1186-1195.
- [5] Mead G P, Carr-Smith H D, Drayson M T, et al. Serum free light chains for monitoring multiple myeloma[J]. Br J Haematol, 2004, 126(3): 348-354.
- [6] 陈海飞, 侯健, 王东星. 血清游离轻链检测及其临床应用进展[J]. 国际输血及血液学杂志, 2007, 30(1): 74-77.
- [7] 路瑾. 达雷妥尤单抗治疗多发性骨髓瘤研究进展[J]. 中华血液学杂志, 2021, 42(3): 260-264.
- [8] McCudden C, Axel A E, Slaets D, et al. Monitoring multi-

ple myeloma patients treated with daratumumab: teasing out monoclonal antibody interference[J]. Clin Chem Lab Med, 2016, 54(6): 1095-1104.

- [9] 徐双, 刘扬, 温磊, 等. Hydrashift 2/4 daratumumab 检测消除达雷妥尤单抗对血清免疫固定电泳干扰的应用[J]. 中华血液学杂志, 2021, 42(10): 840-845.
- [10] Keren D F, Schroeder L. Challenges of measuring monoclonal proteins in serum[J]. Clin Chem Lab Med, 2016, 54(6): 947-961.
- [11] Coker J D, Kohlhagen M C, Willrich M A V, et al. Identifying immunoglobulin abnormalities in the presence of variable polyclonal background[J]. J Immunol Meth, 2026, 546: 114011.
- [12] Dispenzieri A, Kyle R, Merlini G, et al. International Myeloma Working Group guidelines for serum-free light chain analysis in multiple myeloma and related disorders[J]. Leukemia, 2009, 23(2): 215-224.
- [13] 吴颖涛, 邹琳, 黄前川, 等. 血清游离轻链及其比值在轻链型多发性骨髓瘤中的应用价值[J]. 华南国防医学杂志, 2019, 33(7): 458-461.
- [14] Singh G, Xu H. Light chain predominant intact immunoglobulin monoclonal gammopathy disorders: shorter survival in light chain predominant multiple myelomas[J]. Lab Med, 2021, 52(4): 390-398.
- [15] Katzmman J A, Clark R J, Abraham R S, et al. Serum reference intervals and diagnostic ranges for free kappa and free lambda immunoglobulin light chains: relative sensitivity for detection of monoclonal light chains[J]. Clin Chem, 2002, 48(9): 1437-1444.
- [16] Katzmman J A, Snyder M R, Rajkumar S V, et al. Long-term biological variation of serum protein electrophoresis M-spike, urine M-spike, and monoclonal serum free light chain quantification: implications for monitoring monoclonal gammopathies[J]. Clin Chem, 2011, 57(12): 1687-1692.
- [17] Fadili H, Ouazzani H, Rhaleb I, et al. Relevance of prescribing serum immunofixation electrophoresis in the diagnosis of monoclonal gammopathies[J]. Cureus, 2025, 17(6): e86339.

(收稿日期: 2026-03-25 修回日期: 2026-04-12)