DOI:10.3969/j.issn.2097-7948.2026.01.015

· 综述 ·

自体造血干细胞移植治疗成人急性白血病的研究进展

潘攀[1,2],庞爱明[1,2*],姜尔烈[1,2*]
[1]中国医学科学院血液病医院(中国医学科学院血液学研究所),血液与健康全国重点实验室,国家血液系统疾病临床医学研究中心,细胞生态海河实验室,天津 300020
[2]天津医学健康研究院,天津 301600

摘要: 自体造血干细胞移植(ASCT)是通过回输患者自身的造血干细胞,重建其造血与免疫功能的一种重要治疗手段。自 20 世纪 80 年代发展至今,该技术已广泛应用于包括急性白血病(AL)在内的多种血液恶性肿瘤的治疗,显著延长了患者的无病生存期,并使部分患者获得临床治愈;同时,该技术在缩短疗程、降低医疗成本、改善生活质量等方面体现出显著优势。近年来,随着微小残留病检测、小分子靶向药物及免疫疗法等新型诊疗技术的快速发展,ASCT 的治疗流程持续优化,疗效不断提升。本文主要围绕 ASCT 治疗成人 AL 患者的研究进展进行综述,重点探讨其适应证的优化、预处理方案的革新以及与新型治疗策略的整合等方面的进展,以期为临床实践提供参考。

关键词: 自体造血干细胞移植;成人急性白血病;适应证优化;预处理方案;新型治疗策略
中图分类号: R733.71

Advancements in autologous hematopoietic stem cell transplantation in the treatment of adult acute leukemia

PAN Pan[1,2], PANG Aiming[1,2*], JIANG Erlie[1,2*]
[1]State Key Laboratory of Experimental Hematology, National Clinical Research Center for Blood Diseases, Haihe Laboratory of Cell Ecosystem, Institute of Hematology & Blood Diseases Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Tianjin 300020, China
[2]Tianjin Institute of Health Science, Tianjin 301600, China

Abstract: Autologous hematopoietic stem cell transplantation (ASCT) is a critical therapeutic modality that restores hematopoietic and immune functions through the reinfusion of a patient's own hematopoietic stem cells. Since its development in the 1980s, this technique has been widely applied in the treatment of various hematologic malignancies, including acute leukemia (AL). It has significantly prolonged disease-free survival (DFS) and enabled some patients to achieve a clinical cure. Furthermore, ASCT has demonstrated significant advantages in shortening treatment duration, reducing medical costs, and improving quality of life. In recent years, with the rapid advancement of novel diagnostic and therapeutic technologies — such as minimal residual disease (MRD) monitoring, small-molecule targeted agents, and immunotherapy — the ASCT treatment protocol has been continuously optimized, leading to steadily improving clinical efficacy. This article reviews the research

基金项目: 中国医学科学院医学与健康科技创新工程项目(2025-I2M-C&T-A-012、2023-I2M-C&T-B-108);四大慢病重大专项项目(2025ZD0545802);国家自然科学基金(82170217、82300152)
* 通信作者
利益冲突: 作者均声明无利益冲突
伦理批件: 不需要
知情同意: 不需要
引用本文: 潘攀,庞爱明,姜尔烈. 自体造血干细胞移植治疗成人急性白血病的研究进展[J]. 再生医学研究,2026, 1(4): 287-296. doi: 10.3969/j.issn.2097-7948.2026.01.015.

Fund program: Medical and Health Science and Technology Innovation Project of the Chinese Academy of Medical Sciences (2025-I2M-C&T-A-012, 2023-I2M-C&T-B-108); Major Special Project for Four Major Chronic Diseases (2025ZD0545802); National Natural Science Foundation of China (82170217, 82300152)
* Corresponding author
Conflicts of interest: Authors all declare no conflicts of interest.
Ethical approval: not required.
Informed consent: not required.
Cite this article: Pan P, Pang AM, Jiang EL. Advancements in autologous hematopoietic stem cell transplantation in the treatment of adult acute leukemia[J]. Zaisheng Yixue Yanjiu, 2026, 1(4): 287-296. doi: 10.3969/j.issn.2097-7948.2026.01.015

progress of ASCT in the treatment of adult patients with AL, focusing on the optimization of indications, innovations in conditioning regimens, and integration with novel therapeutic strategies, with the aim of providing a reference for clinical practice.

Key words: Autologous hematopoietic stem cell transplantation; Adult acute leukemia; Refinement of patient selection; Conditioning regimen; Novel treatment strategies

造血干细胞具备自我更新与多向分化的能力，可完整重建造血系统，这为自体造血干细胞移植（autologous stem cell transplantation，ASCT）治疗急性白血病（acute leukemia，AL）等恶性血液系统疾病奠定了理论基础[1-2]。1977 年，Gorin[3] 报道了首例急性髓系白血病（acute myeloid leukemia，AML）患者行 ASCT。1986 年，中国医学科学院血液病医院（中国医学科学院血液学研究所）严文伟教授团队[4] 成功实施中国首例成人 AL 患者 ASCT。随后，ASCT 技术蓬勃发展，在包括 AL 在内的血液恶性肿瘤中得到广泛应用[5]。近年来，依托微小残留病（minimal residual disease，MRD）监测、小分子靶向药物治疗及免疫疗法等新技术的进展，ASCT 治疗体系更加优化，疗效进一步提升。本文现就近年来 ASCT 在 AL 中的适应证、预处理方案优化及 ASCT 与新型治疗手段在成人 AL 患者中的结合应用展开进一步综述。

1 ASCT 在成人 AL 中的适应证优化

1.1 成人 AML

近年来，随着多种支持治疗手段的发展，成人 AML 患者接受 ASCT 的结局持续改善。Ge 等[6] 于 2024 年发表的一项荟萃分析，纳入了 14 项研究中的 4281 例首次完全缓解（first complete remission，CR1）期 AML 患者，比较其在 CR1 期后接受 ASCT 巩固治疗与单纯巩固化疗的生存结局。结果显示，ASCT 组与巩固化疗组的总生存期（overall survival，OS）未见显著差异〔比值比（odds ratio，*OR*）= 1.12，95% 置信区间（confidence interval，*CI*）：0.85 ~ 1.48〕，但 ASCT 组在无病生存期（disease-free survival，DFS）（*OR* = 1.37，95% *CI*：1.02 ~ 1.84）方面表现出显著获益。Mizutani 等[7] 的一项大型回顾性研究，比较了日本 1276 例 CR1 期 AML 患者接受 ASCT 与同胞全相合异基因造血干细胞移植（allogeneic hematopoietic stem cell transplantation，allo-HSCT）的结局，发现 ASCT 患者的 5 年 OS 率为 65%，不低于同胞全合骨髓移植（62%）及同胞全合外周血干细胞移植（55%）患者。研究者据此认为，对于缺乏合适同胞全相合供者的 CR1 期 AML 患者，ASCT 可作为替代治疗方案。该团队在另一项研究[8] 中比较细胞遗传学正常的 CR1 期 AML 患者接受无关全相合移植与 ASCT 的结局，同样得出 ASCT 疗效不劣于无关供者移植的结论。

随着欧洲白血病网（European LeukemiaNet，ELN）遗传学风险分层的更新与 MRD 检测灵敏度的提升，多项研究致力于依据患者初始 ELN 风险分层及 MRD 动态监测明确最可能从 ASCT 中获益的 AML 患者群体。南方医院的回顾性研究[9-10] 显示，经 1 个周期化疗后达到 MRD 阴性的低危与中危 AML 患者，接受 ASCT 后的 5 年 OS 率分别为 100% 与97.3%，而单纯化疗组对应为 95.6% 与 93.6%，allo-HSCT 组 5 年 OS 率则分别为92.3% 与88.5%；对于 2 个周期化疗后达 MRD 阴性的低危 AML 患者，ASCT、化疗及 allo-HSCT 三组的 5 年 OS 率仍基本相当；而对于 2 个周期化疗后达 MRD 阴性的中危 AML 患者，ASCT 后的 5 年 OS 率与 allo-HSCT 组接近（86.8% *vs.* 87.1%），且显著优于化疗组（51.4%）；然而该组患者 ASCT 后的 5 年 DFS 率显著低于allo-HSCT组（78.9% *vs.* 84.7%，*P*<0.001），5 年无移植物抗宿主病无复发生存期则较 allo-HSCT 组患者更高（78.9% *vs.* 64.5%，*P* = 0.03）；对于需要 3 个及以上化疗周期达 MRD 阴性或持续 MRD 阳性的低中危 AML 患者，其接受 ASCT 后 OS 率与 DFS 率均显著低于 allo-HSCT 组。该研究团队认为，对于2 个周期内达到 MRD 阴性的 CR1 期低危 AML 患者，可采用 ASCT 作为缓解后巩固治疗；对于 2 个周期内达 MRD 阴性的中危 AML 患者，ASCT 同样可作为治疗选择之一；3 个及以上化疗周期达 MRD 阴性的低危/中危 AML 患者应行 allo-HSCT。

著名的 GIMEMA AML1310 试验[11]同样依据患者 ELN 疾病风险及 MRD 水平制定缓解后治疗策略:其将诱导和巩固治疗后的低危 CR1 期患者分配至 ASCT 组,高危组接受allo-HSCT,中危组 MRD 阳性患者行allo-HSCT,中危组 MRD 阴性患者行 ASCT;最终全部患者的 2 年 OS 率和 DFS 率分别为 56% 和 54%,而接受 ASCT 的低危 AML 患者 2 年 OS 率和 DFS 率分别为 74% 和 61%,接受 ASCT 的 MRD 阴性中危 AML 患者 2 年 OS 率和 DFS 率分别为 79% 和 61%。研究者据此得出结论,ASCT 可作为低危 AML 及 MRD 阴性的中危 AML 患者群体的可选巩固治疗方案。

欧洲血液与骨髓移植学会(European Society for Blood and Marrow Transplantation, EBMT)急性白血病工作组的另一项研究[12]比较了 2010 至 2021 年 CR1 期且 MRD 阴性的中危 AML 患者接受 ASCT 与单倍体相合移植的疗效。结果表明,在非 *FLT3-ITD* 突变患者中,ASCT 组的 2 年 OS 率显著高于单倍体移植组(80.6% *vs.* 73.2%,$P=0.020$),而 2 年 DFS 率无统计学差异(63.8% *vs.* 65.9%,$P=0.72$);对于*FLT3-ITD*突变患者,单倍体移植组的 2 年 DFS 率(71.5% *vs.* 46.6%,$P<0.001$)与 2 年 OS 率(73.5% *vs.* 61.9%,$P=0.012$)均优于 ASCT 组。这表明,为中危 AML 患者选择 ASCT 时,仍需审慎评估其 MRD 状态及是否具有 *FLT3-ITD* 等基因突变。

中国医学科学院血液病医院通过倾向性评分匹配纳入 126 例 ELN 低危及中危 AML 患者行分析,其中 ASCT 组、同胞全相合移植组和替代供者移植组各 42 例,结果发现移植前 2 个疗程内达 MRD 阴性且持续阴性的低中危 AML 患者中,ASCT 组、同胞全相合移植组与替代供者移植组的 3 年 OS 率分别为 79.5%(95% *CI*:67.8% ~ 93.3%)、83.0%(95% *CI*:72.2% ~ 95.3%)和 65.7%(95% *CI*:50.5% ~85.5%),组间无统计学差异($P=0.21$);然而 ASCT 组的 3 年 DFS 率优于替代供者组〔风险比(hazard ratio,*HR*)= 2.85,$P=0.09$〕。该研究同样表明对 2 个周期内达 MRD 阴性的低中危 AML 患者,ASCT 为有效的治疗选择,且该研究发现 ASCT 患者的月均直接医疗费用显著低于同胞全相合移植($P=0.015$)及替代供者移植($P<0.001$),更具卫生经济学价值[13]。

在高危 AML 患者中,ASCT 治疗目前仍面临复发率高等挑战,对于那些无合适供者或不适合 allo-HSCT强度治疗的患者,ASCT 结合免疫疗法的策略可能具有一定的价值[14]。对于急性早幼粒细胞白血病患者,共识[15]推荐首次复发后达到第二次 CR 且 *PML-RARα* 融合基因转阴的患者,可考虑接受 ASCT。

1.2　成人急性淋巴细胞白血病

成人急性淋巴细胞白血病(acute lymphoblastic leukemia, ALL)诱导缓解及巩固治疗后的 CR 率可达 80% ~90%,但缓解后的最佳治疗策略仍存在较大争议。既往 LALA-85、LALA-87 和 LALA-94 三项大型临床试验中 349 例患者的预后分析[16]显示,虽然 ASCT 组与单纯化疗组相比,10 年 OS 率(30% *vs.* 22%,$P=0.48$)和 10 年 DFS 率(28% *vs.* 19%,$P=0.12$)均未表现出显著优势,但 1 个疗程即达到 CR 的 ALL 患者行 ASCT 后,患者的 10 年 DFS 率显著更高(34% *vs.* 26%,$P=0.04$)。此外,LALA-87 研究[17]结果提示,高危 ALL 患者中 ASCT 疗效有优于化疗的趋势,标危 ALL 患者中,化疗、ASCT 与 allo-HSCT的疗效则无显著差异。

上述几项大型临床研究多在 21 世纪初进行。近年来,酪氨酸激酶抑制剂(tyrosine kinase inhibitor, TKI)及免疫疗法的应用使部分患者获得了深度缓解;MRD 监测技术的进步则有助于评估自体移植物中的肿瘤细胞清除程度,并更精准地对患者行预后分层。这些诊疗进展重塑了 ALL,尤其是 B 细胞 ALL(B cell ALL,B-ALL)的治疗格局。ASCT 因移植相关死亡率较低、患者生活质量较好等优势,在小分子靶向药物治疗与免疫治疗时代展现出更广阔的应用前景。

中国医学科学院血液病医院的研究[18]依据患者危险度分层及 3 个疗程化疗后的 MRD 状态,将 B-ALL患者分配至 ASCT 组或 allo-HSCT 组。结果发现,在 CR1 的 B-ALL 患者中,3 个疗程内获得 MRD 阴性且持续阴性至移植前的患者,接受 ASCT 的 3 年 OS 率不劣于 allo-HSCT 组(82.5% *vs.* 74.1%,$P=0.364$);而高危 ALL 患者中,ASCT 虽具有较低的非复发死亡率(1.5% *vs.* 25.1%,$P<0.001$),但

其较高的累积复发率(cumulative incidence of relapse, CIR)(35.7% *vs.* 18.9%, P=0.018)可能抵消这一优势。而对于MRD持续阳性的患者,ASCT组的3年OS率较allo-HSCT组有下降趋势(50.0% *vs.* 66.0%, P=0.078),且CIR更高(71.4% *vs.* 39.1%, P=0.018)。因此该团队认为对于费城染色体阴性(Philadelphia chromosome-negative, Ph^-)、达到CR1且MRD持续阴性并经过充分巩固强化治疗的标危组患者,ASCT是一种可行的治疗选择;而MRD阳性患者则应接受allo-HSCT巩固治疗。

携带Ikaros家族锌指蛋白1(Ikaros family zinc finger protein 1, *IKZF1*)基因改变的ALL患者通常被视为高危B-ALL。中国医学科学院血液病医院近期的一项研究[19]分析了44例携带IKZF1突变患者(12例行ASCT,32例行allo-HSCT)的结局,结果显示ASCT组与allo-HSCT组的2年OS率(80% *vs.* 83.3%, P=0.88)及2年DFS率(60% *vs.* 81.1%, P=0.96)均无显著差异。其中,在1个周期化疗即达到MRD阴性的亚组中,6例接受ASCT的患者2年OS率及DFS率均为100%;而需2~3个周期才达MRD阴性的患者,allo-HSCT显示出更好疗效。

综上,对于预后不良的Ph^- B-ALL患者,若能在短期(尤其是1个疗程)内实现MRD持续阴性,接受ASCT也可能获得理想预后。对于Ph^+ ALL患者,EBMT的一项研究[20]发现,在TKI时代,对于治疗3个月内实现完全分子学缓解并持续至移植的Ph^+ ALL患者,接受清髓性ASCT与allo-HSCT的疗效相当。我国一项研究[21]比较了ASCT与同胞全相合移植在Ph^+ ALL患者中的疗效,结果显示,对于3个月内获得持续完全分子学缓解的患者,两组3年OS率(84.5% *vs.* 72.5%, P=0.374)及DFS率(75.2% *vs.* 64.5%, P=0.668)均无显著差异;而未能在治疗3个月内实现并维持完全分子学缓解的患者,ASCT组的CIR显著高于allo-HSCT组(60% *vs.* 33.2%, P=0.013)。因此,除危险度分层外,达到MRD阴性所需的化疗周期数及持续时间,是决定B-ALL患者能否选择ASCT作为巩固治疗策略的关键因素,短期内实现并维持MRD阴性可能为ASCT拓展治疗空间并改善预后。

成人T细胞ALL(T cell ALL, T-ALL)目前尚缺乏有效的小分子靶向药物和细胞免疫治疗手段,极易复发,长期生存率较低,其自体移植时机及获益人群的选择仍存在争议。目前临床上更多用于经化疗达到CR且MRD阴性、无合适allo-HSCT供者或不适合allo-HSCT的患者[22]。有研究[23]对接受ASCT的T-ALL患者进行了回顾性分析,发现移植前国际预后指数(international prognostic index, IPI)属中低危组患者的3年OS率为76.9%,3年CIR为18.1%;移植时处于CR1期患者的3年OS率为83.4%,3年CIR为16.2%,提示对于CR1期IPI指数非高危T-ALL患者,ASCT可能获得较好疗效。然而,另有研究[24]对比了高危T-ALL患者接受allo-HSCT与ASCT的疗效,结果显示allo-HSCT复发率为9%,而ASCT复发率达52%;对于MRD阳性及高危T-ALL患者,ASCT后的长期生存率较低。移植后复发是影响T-ALL患者ASCT或allo-HSCT后长期生存的主要问题。如何降低移植后复发率是临床研究的难点与热点,未来靶向及免疫治疗的应用可能有助于ASCT在T-ALL治疗中发挥作用,改善患者治疗结局。

2 成人AL患者ASCT预处理方案的优化

白消安联合环磷酰胺(Bu/Cy)方案是AML患者接受ASCT的传统预处理方案。近年来,以白消安联合大剂量美法仑(Bu/Mel)为基础的预处理方案可能具有更优的疗效。Nagler等[25]的一项回顾性研究分析了952例接受以静脉白消安为基础预处理方案行ASCT的AML患者的资料,结果显示,其中234例接受Bu/Mel方案的患者2年OS率为(75±4)%,在多因素分析中其生存结局显著优于其他预处理方案组(P=0.03)。意大利成人血液病恶性肿瘤研究组的研究[26]纳入了129例接受Bu/Mel为基础预处理方案的AML患者,其8年预计OS率及DFS率分别为62%与56%。随后,EBMT对853例CR1期接受ASCT的AML患者进行分析,发现Bu/Mel方案在OS率(73.8% *vs.* 63%; HR=0.62; 95% CI:0.47~0.82; P=0.0007)及DFS率(55.4% *vs.* 44.6%; HR=0.69; 95% CI: 0.53~0.89;

$P=0.005$）方面均优于 Bu/Cy 方案[27]。该团队在另一项研究[28]的亚组分析中发现，对于预后不良或存在 *FLT3-ITD* 突变的 AML 患者，采用 Bu/Mel 方案与更低的 5 年 CIR（53% *vs.* 69%；$P=0.002$）、更高的 OS 率（54% *vs.* 36%；$P=0.02$）以及更好的 DFS 率（42% *vs.* 25%；$P=0.002$）相关。因此，Bu/Mel方案可能具备更强的清髓效果，是 AML 患者行 ASCT 的更优预处理选择。

中国医学科学院血液病医院尝试在预处理方案中加入克拉屈滨、氟达拉滨以增强抗肿瘤活性。其中一项研究对 31 例 AL 患者采用了含克拉屈滨的方案：12 例 AML 患者的预处理方案为白消安〔3.2 mg/（kg·d）×3 d〕、克拉屈滨（10 mg/d ×3 d）、环磷酰胺〔40 mg/（kg·d）×2 d〕及阿糖胞苷〔2 g/（m^2·d）×3 d〕；另有 6 例 AML 患者未使用环磷酰胺，并将克拉屈滨和阿糖胞苷的疗程延长至 5 d。13 例 ALL 患者的预处理方案则以全身照射（3.33 Gy/d×3 d）或美法仑〔50 mg/（kg·d）×2 d〕或依托泊苷〔20 mg/（kg·d）×2 d〕替代白消安。中位随访 18 个月后，仅 1 例患者因复发死亡。预计 2 年 OS 率为（94.7±5.1）%，DFS 率为（80.1±7.3）%，2 年 CIR 为（19.9±7.3）%[29]。另一项研究纳入 27 例 AL 患者，包括 ALL 21 例、AML 5 例和杂合性急性白血病 1 例，均采用包含氟达拉滨和阿糖胞苷的预处理方案行 ASCT，具体为：全身照射 7～8 Gy 或白消安〔3.2 mg/（kg·d）×3 d〕联合环磷酰胺〔50 mg/（kg·d）×2 d〕、氟达拉滨〔30 mg/（m^2·d）×3 d〕、阿糖胞苷〔2 g/（m^2·d）×3 d〕。结果显示预处理过程中无严重不良事件，移植相关死亡率（transplant-related mortality，TRM）为 7.4%。4 年 CIR 及 DFS 率分别为（38.8±10.3）%与（60.8±9.8）%[30]。综上，含克拉屈滨或氟达拉滨的改良Bu/Cy或TBI/Cy方案是 AML 及 ALL 患者行 ASCT 的有效预处理方案。

此外，以地西他滨等去甲基化药物或 BCL-2 抑制剂等靶向药物为基础的预处理方案，已在骨髓增生异常综合征及 AML 患者的 allo-HSCT 中显示出较好疗效[31]，未来亦可能在 AML 患者的 ASCT 中展现应用前景。目前，针对 ALL 患者接受 MCAC（美法仑、环磷酰胺、克拉屈滨、阿糖胞苷）或 TCAC（全身照射、环磷酰胺、克拉屈滨、阿糖胞苷）预处理方案行 ASCT 的疗效与安全性的临床试验正在进行中。

3　新型治疗手段在成人 AL 患者 ASCT 中的应用

3.1　AML

3.1.1　靶向治疗在成人 AML 患者 ASCT 中的应用　目前，以去甲基化药物、组蛋白去乙酰化酶抑制剂、BCL-2 抑制剂为代表的表观遗传调控药物与凋亡通路抑制剂，以及针对 *FLT3*、*IDH1/2* 等基因突变的特异性靶向药物，在 AML 的整体治疗中占据重要地位。一项Ⅱ期临床试验[32]纳入了 48 例 allo-HSCT 后处于 CR 状态的高危 AML 患者，给予西达本胺联合阿扎胞苷维持治疗 6 个周期，结果显示患者 2 年 OS 率达 97.9%，DFS 率为 91.6%。该组患者移植后 2 年 CIR 仅为 8.4%，远低于多项历史研究报道的 39%～47.9%，且移植物抗宿主病、感染等不良事件发生率未见显著增高。一项系统回顾与荟萃分析[33]亦表明，allo-HSCT 后应用去甲基化药物维持治疗可显著降低移植后复发风险与死亡率（*HR*=0.45）。另有研究[34]证实，allo-HSCT 后应用 FLT3 抑制剂可显著改善 FLT3-ITD 阳性患者的 DFS 率（85.0% *vs.* 53.3%，$P=0.002$）。2025 年美国临床肿瘤学会年会报告的一项研究[35]纳入了 32 例携带 *IDH/FLT3* 突变或具有高复发风险的 AML/骨髓增生异常综合征患者，分别给予 IDH 抑制剂、FLT3 抑制剂或地西他滨维持治疗。结果显示，接受 IDH 抑制剂维持治疗患者的 2 年 OS 率及 DFS 率分别为 100%与 91%；接受 FLT3 抑制剂治疗患者的 2 年 OS 率与 DFS 率均为 100%；接受地西他滨维持治疗患者的 39 个月 OS 率与 DFS 率分别为 76.2%与 61%。

上述研究表明，靶向药物及去甲基化药物作为 allo-HSCT 后的维持治疗，能显著改善患者的长期生存结局。目前尚无大型研究证实靶向药物在 ASCT 后维持治疗中的疗效，仍需通过队列研究及前瞻性对照试验加以验证。未来，ASCT 联合移植后靶向药物治疗可能为患者带来更好的预后。

3.1.2　免疫治疗在成人 AML 患者 ASCT 中的应用　程序性死亡受体-1（programmed death receptor-1，PD-1）抑制剂通过阻断 PD-1/程序性死亡配体 1（programmed death ligand 1，PD-L1）信号通路，可增

强 T 细胞的抗肿瘤活性。将其应用于 ASCT 后的维持治疗，可能进一步增强机体抗肿瘤免疫反应。Solomon等[36]纳入 20 例中位年龄 63.5 岁且不适宜接受 allo-HSCT 的中高危 AML 患者，在诱导治疗后进行 ASCT，并于移植后联合 PD-1 抑制剂进行巩固维持治疗。中位随访 37 个月后，14 例患者存活，其中 10 例处于持续缓解状态。预计 2 年 OS 率为 68%，3 年 DFS 率为48.4%（95% *CI*：25.4% ~68.2%）。研究者随后将该研究中的 19 例患者与 63 例接受allo-HSCT 的 AML 患者进行倾向评分匹配分析，发现 ASCT 联合 PD-1 抑制剂治疗组与匹配的allo-HSCT组在 3 年 OS 率方面无显著差异（73% *vs.* 76%，$P=0.76$），3 年 DFS 率稍低于allo-HSCT组（51% *vs.* 75%，$P=0.06$）。因此，ASCT 后联合 PD-1 抑制剂对于中高危 AML 患者是一种安全有效的治疗方法，可作为进一步改善中低危 AML 患者 ASCT 后生存结局的潜在策略。在 allo-HSCT中，供者来源 T 细胞所具有的移植物抗白血病效应已被证实。一项回顾性研究[37]由此纳入了 106 例行 ASCT 的 AML 患者，其中 50 例在移植后接受了小剂量供者淋巴细胞输注（donor lymphocyte infusion，DLI）作为维持治疗。结果显示，与未接受维持治疗的患者相比，接受该治疗的患者具有显著更高的 4 年 OS 率（71.5% *vs.* 48.6%，$P=0.007$）。这为采用 DLI 预防或治疗自体移植后复发提供了良好的理论基础。

以嵌合抗原受体 T 细胞（chimeric antigen receptor T-cell，CAR-T）疗法、双特异性抗体和抗体药物偶联物为代表的其他免疫疗法在 AML 中的应用，目前仍主要集中于复发/难治性患者群体[38]。已获批的靶向 CD33 的抗体药物偶联物（如吉妥珠单抗）以及处于临床试验阶段的靶向 CD33/CD3 的双特异性抗体（如 AMG 330）等，虽能在部分患者中诱导缓解[39]，但普遍面临以下核心挑战：首先，AML 肿瘤细胞与正常造血干/祖细胞共享多种表面抗原，导致治疗时难以避免“靶上、脱瘤”毒性，引发严重的骨髓抑制和感染风险；其次，AML 的高度异质性及免疫抑制性的骨髓微环境，容易导致抗原逃逸和治疗抵抗，致使缓解后复发率较高[40]。

总体而言，免疫治疗为 AML 患者带来了新的希望，但其临床转化仍面临诸多挑战，目前尚未发展成熟，有待进一步优化与验证。在此背景下，将免疫疗法与 ASCT 相结合，被视为一种有潜力的策略，旨在协同增效、克服彼此局限。

3.2 ALL

3.2.1 靶向治疗在成人 ALL 患者 ASCT 中的应用

TKI 被广泛应用于 Ph^+ ALL 患者的治疗，显著提高了化疗的缓解深度，为进行 ASCT 奠定了基础[41]。相较于第一、二代 TKI，部分经治患者仍进展为复发/难治或产生耐药突变，第三代 TKI 对更广谱的 BCR-ABL1 激酶区突变具有抑制活性，可能有助于提高完全分子学缓解率，从而改善患者长期预后。Zhang 等[42]报道的一项研究入组了 14 例持续 MRD 阳性或复发/难治性的 Ph^+ ALL 患者，在接受奥雷巴替尼联合奥加伊妥珠单抗治疗后，部分患者获得完全分子学缓解。3 例 MRD 清除治疗失败的患者均仅接受了 1 个疗程治疗；仅 1 例患者在接受 2 个疗程治疗后获得 MRD 转阴。尽管目前关于第三代 TKI 奥雷巴替尼联合 ASCT 的大规模病例数据尚待报道，但未来更多的临床试验结果有望证实，第三代 TKI 的应用可能使更多患者获得持续深度缓解，从而为其接受 ASCT 创造机会。

3.2.2 免疫治疗在成人 ALL 患者 ASCT 中的应用

TOWER 研究[43]显示，应用双特异性 T 细胞衔接抗体贝林妥欧单抗（靶向 CD3 和 CD19）可使复发/难治性 ALL 患者获得 76% 的 MRD 转阴率。在诱导化疗阶段，贝林妥欧单抗联合化疗同样可帮助患者获得 78% 的 MRD 转阴率，且使患者达到分子生物学缓解的速度更快[44]。对于复发/难治性 Ph^+ ALL患者，贝林妥欧单抗联合 TKI 的治疗策略可使88.5% 的患者达到完全分子学缓解[45]。此外，抗体药物偶联物奥加伊妥珠单抗（靶向 CD22）相较于传统化疗，也能显著提高 B-ALL 患者的 MRD 转阴率。基于上述特异性抗体良好的 MRD 清除能力，越来越多的 B-ALL 患者有望获得早期且深度的缓解，从而为接受 ASCT 提供条件。此外，有研究[46]报道贝林妥欧单抗应用于弥漫大 B 细胞淋巴瘤患者 ASCT 后的维持治疗安全有效，且移植后复发的患者再次应用该药仍可获得缓解。这表明，免疫靶

向抗体应用于 ALL 患者 ASCT 后的维持治疗，同样可能降低复发风险，进一步改善 ASCT 的长期结局。

有研究[47]表明 CAR-T 疗法后桥接 allo-HSCT 可显著降低B-ALL患者的复发率，但由于非复发死亡率的增加，患者的 OS 率并未取得显著获益。而 CAR-T疗法后桥接 ASCT，既能在移植前帮助患者获得深度缓解，又可避免 allo-HSCT 相关的毒性，还可能降低移植后白血病复发率，从而改善患者生存结局。苏州大学附属第一医院的一项研究[48]尝试采用序贯 CD22/CD19 CAR-T 治疗、联合 ASCT、并再次序贯 CD22/CD19 CAR-T 治疗的“三明治”方案治疗B-ALL患者。中位随访 28 个月后，完成该方案的 35 例患者全部存活，其 2 年 OS 率与 DFS 率分别为 97% 和 72%，中位生存期及中位无病生存期均未达到。近期一项Ⅱ期临床试验[49]对达到 CR 且 MRD 阴性的高危 B-ALL 患者，联合输注自体造血干细胞与自体 CD19 CAR-T 细胞。中位随访7.35个月后，所有患者均维持 MRD 阴性状态，1 年 OS 率与 DFS 率均为 100%，中位值均尚未达到。且 CD19 CAR-T 细胞输注未影响造血恢复，仅 1 例患者发生 2 级细胞因子释放综合征（cytokine release syndrome，CRS），无患者出现免疫效应细胞相关神经毒性综合征（immune effector cell associated neurotoxicity syndrome，ICANS）。此外，CAR-T联合 ASCT 的治疗策略在复发/难治性弥漫大 B 细胞淋巴瘤中也展现出显著优势。一项纳入 50 例患者的前瞻性对比研究[50]显示，与单用CAR-T相比，ASCT 序贯 CD19/CD22 CAR-T 治疗组的完全缓解率（76.7% *vs.* 23.9%）及 2 年 OS 率（72.2% *vs.* 33.9%）均显著提高（$P<0.01$）。安全性方面，联合治疗组未发生致死性 CRS 或 ICANS，且造血重建良好。尽管该研究基于淋巴瘤患者，但其良好的耐受性与疗效提示，ASCT 的清淋预处理应用于 ALL 患者中同样可能有效降低肿瘤负荷并改善免疫微环境，协同提升CAR-T疗效。

基于上述临床研究取得的良好疗效，无论是应用于移植前、移植时还是移植后，免疫疗法与 ASCT 的联合方案均可充分发挥各自优势，成为治愈 B-ALL极具潜力的治疗策略。

4　小结与展望

ASCT 在血液恶性肿瘤治疗中的应用仍在不断发展，并在部分达到深度缓解的 AML 和 ALL 患者中取得良好疗效。这可归因于近年来 ASCT 中预处理方案的优化、与小分子靶向药物（如 TKI、去甲基化药物）和免疫疗法（如双特异性抗体、CAR-T 疗法）的结合发展，以及 MRD 监测的普及应用。未来，随着 ASCT 整体诊疗模式的不断发展，其应用将更加侧重于基于分子遗传学特征和 MRD 动态监测的精细化筛选，通过探索移植后联合新型免疫或靶向药物的维持治疗新范式，有望进一步清除 MRD 并降低复发风险。最终，ASCT 将在特定亚群中确立其独特优势，成为 AL 治疗中兼顾长期生存与生活质量的个体化优选方案。

参考文献

1　Chabannon C, Kuball J, Bondanza A, *et al*. Hematopoietic stem cell transplantation in its 60s: a platform for cellular therapies[J]. Sci Transl Med, 2018, 10(436): eaap9630. doi: 10.1126/scitranslmed.aap9630.

2　Dong F, Hao S, Zhang S, *et al*. Differentiation of transplanted haematopoietic stem cells tracked by single-cell transcriptomic analysis[J]. Nat Cell Biol, 2020, 22(6): 630-639. doi: 10.1038/s41556-020-0512-1.

3　Gorin NC. History and development of autologous stem cell transplantation for acute myeloid leukemia[J]. Clin Hematol Int, 2021, 3(3): 83-95. doi: 10.2991/chi.k.210703.002.

4　严文伟，徐肇明，韩明哲，等. 身骨髓移植治疗急性白血病[J]. 中华血液学杂志，1988，9(10)：578-580. doi：10.3760/cma.j.issn.0253-2727.1988.10.102.
Yan WW, Xu ZM, Han MZ, *et al*. Outcome of autologous bone marrow transplantation in 73 patients with acute leukemia[J]. Zhonghua Xue Ye Xue Za Zhi, 1988, 9(10): 578-580. doi: 10.3760/cma.j.issn.0253-2727.1988.10.102.

5　韩明哲，冯四洲，李成文，等. 自体骨髓移植治疗急性白血病73 例疗效分析[J]. 中华血液学杂志，1998，19(8)：422-424. doi：10.3760/cma.j.issn.0253-2727.1998.08.110.
Han MZ, Feng SZ, Li CW, *et al*. Outcome of autologous bone marrow transplantation in 73 patients with acute leukemia[J]. Zhonghua Xue Ye Xue Za Zhi, 1998, 19(8): 422-424. doi: 10.3760/cma.j.issn.0253-2727.1998.08.110.

6　Ge S, Wang J, He Q, *et al*. Auto-hematopoietic stem cell

transplantation or chemotherapy? *Meta*-analysis of clinical choice for AML[J]. Ann Hematol, 2024, 103(10): 3855-3866. doi: 10.1007/s00277-024-05632-z.

7 Mizutani M, Hara M, Fujita H, *et al*. Comparable outcomes between autologous and allogeneic transplant for adult acute myeloid leukemia in first CR[J]. Bone Marrow Transplant, 2016, 51(5): 645-653. doi: 10.1038/bmt.2015.349.

8 Mizutani M, Takami A, Hara M, *et al*. Comparison of autologous and unrelated transplants for cytogenetically normal acute myelogenous leukemia[J]. Biol Blood Marrow Transplant, 2017, 23(9): 1447-1454. doi: 10.1016/j.bbmt.2017.05.008.

9 Yu S, Fan Z, Ma L, *et al*. Association between measurable residual disease in patients with intermediate-risk acute myeloid leukemia and first remission, treatment, and outcomes[J]. JAMA Netw Open, 2021, 4(7): e2115991. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2021.15991.

10 Yu S, Lin T, Nie D, *et al*. Dynamic assessment of measurable residual disease in favorable-risk acute myeloid leukemia in first remission, treatment, and outcomes[J]. Blood Cancer J, 2021, 11(12): 195. doi: 10.1038/s41408-021-00591-4.

11 Venditti A, Piciocchi A, Candoni A, *et al*. GIMEMA AML1310 trial of risk-adapted, MRD-directed therapy for young adults with newly diagnosed acute myeloid leukemia[J]. Blood, 2019, 134(12): 935-945. doi: 10.1182/blood.2018886960.

12 Chen X, Cui W, Cui Q, *et al*. Safety and efficacy of VA combined with modified BuCy conditioning regimen followed by allo-HSCT for high-risk or refractory/relapsed acute lymphoblastic leukemia: a prospective, single-center, single-arm clinical trial[J]. Blood, 2024, 144(Supplement 1): 270. doi: 10.1182/blood-2024-209163.

13 Wang M, Zhang H, Zheng X, *et al*. Comparison of autologous, matched sibling, and alternative donor stem cell transplant outcomes for acute myeloid leukemia patients in first remission: a propensity score matching study[J]. Hematol Oncol, 2024, 42(1): e3230. doi: 10.1002/hon.3230.

14 Haubner S, Subklewe M, Sadelain M. Honing CAR T cells to tackle acute myeloid leukemia[J]. Blood, 2025, 145(11): 1113-1125. doi: 10.1182/blood.2024024063.

15 Sureda A, Corbacioglu S, Greco R, *et al*. The EBMT handbook: hematopoietic cell transplantation and cellular therapies[M]. 8th ed. Springer, 2024. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK608238/.

16 Dhédin N, Dombret H, Thomas X, *et al*. Autologous stem cell transplantation in adults with acute lymphoblastic leukemia in first complete remission: analysis of the LALA-85, -87 and -94 trials[J]. Leukemia, 2006, 20(2): 336-344. doi: 10.1038/sj.leu.2404065.

17 Thiebaut A, Vernant JP, Degos L, *et al*. Adult acute lymphocytic leukemia study testing chemotherapy and autologous and allogeneic transplantation: a follow-up report of the French protocol LALA 87[J]. Hematol Oncol Clin North Am, 2000, 14(6): 1353-1366. doi: 10.1016/S0889-8588(05)70190-8.

18 Lv M, Liu L, He Y, *et al*. Outcomes of allogeneic or autologous stem cell transplantation followed by maintenance chemotherapy in adult patient with B-ALL in CR1 with no detectable minimal residual disease[J]. Br J Haematol, 2023, 202(2): 369-378. doi: 10.1111/bjh.18846.

19 Wang J, Ma X, Gao H, *et al*. Timing of achieving MRD negativity for B-ALL patients with *IKZF1* alterations in CR1 may dictate transplant decision: autologous versus allogeneic HSCT[J]. Bone Marrow Transplant, 2025, 60(8): 1196-1198. doi: 10.1038/s41409-025-02631-0.

20 Giebel S, Labopin M, Potter M, *et al*. Comparable results of autologous and allogeneic haematopoietic stem cell transplantation for adults with Philadelphia-positive acute lymphoblastic leukaemia in first complete molecular remission: an analysis by the Acute Leukemia Working Party of the EBMT[J]. Eur J Cancer, 2018, 96: 73-81. doi: 10.1016/j.ejca.2018.03.018.

21 Lyu M, Jiang E, He Y, *et al*. Comparison of autologous and allogeneic stem cell transplantation for patients with Philadelphia chromosome-positive acute lymphoblastic leukemia[J]. Hematology, 2021, 26(1): 65-74. doi: 10.1080/16078454.2020.1868783.

22 Teachey DT, Hunger SP, Loh ML. Optimizing therapy in the modern age: differences in length of maintenance therapy in acute lymphoblastic leukemia[J]. Blood, 2021, 137(2): 168-177. doi: 10.1182/blood.2020007702.

23 王普, 李彩霞, 张莹, 等. 自体造血干细胞移植治疗 T 淋巴母细胞淋巴瘤 41 例临床研究[J]. 中华血液学杂志, 2020, 41(3): 198-203. doi: 10.3760/cma.j.issn.0253-

2727.2020.03.003.
Wang P, Li CX, Zhang Y, *et al*. Autologous hematopoietic stem cell transplantation treatment for T cell lymphoblastic lymphoma[J]. Zhonghua Xue Ye Xue Za Zhi, 2020, 41(3): 198-203. doi: 10.3760/cma.j.issn.0253-2727.2020.03.003.

24 Pang A, Huo Y, Shen B, *et al*. Optimizing autologous hematopoietic stem cell transplantation for acute leukemia[J]. Stem Cells Transl Med, 2021, 10(Suppl 2): S75-S84. doi: 10.1002/sctm.21-0176.

25 Nagler A, Labopin M, Gorin NC, *et al*. Intravenous busulfan for autologous stem cell transplantation in adult patients with acute myeloid leukemia: a survey of 952 patients on behalf of the Acute Leukemia Working Party of the European Group for Blood and Marrow Transplantation[J]. Haematologica, 2014, 99(8): 1380-1386. doi: 10.3324/haematol.2014.105197.

26 Lemoli RM, D'Addio A, Marotta G, *et al*. BU/melphalan and auto-SCT in AML patients in first CR: a "Gruppo Italiano Trapianto di Midollo Osseo (GITMO)" retrospective study[J]. Bone Marrow Transplant, 2010, 45(4): 640-646. doi: 10.1038/bmt.2009.235.

27 Gorin NC, Najman A, Duhamel G. Autologous bone-marrow transplantation in acute myelocytic leukaemia[J]. Lancet, 1977, 1(8020): 1050. doi: 10.1016/s0140-6736(77)91275-2.

28 Gorin NC, Labopin M, Blaise D, *et al*. Optimizing the pretransplant regimen for autologous stem cell transplantation in acute myelogenous leukemia: better outcomes with busulfan and melphalan compared with busulfan and cyclophosphamide in high risk patients autografted in first complete remission: a study from the acute leukemia working party of the EBMT[J]. Am J Hematol, 2018, 93(7): 859-866. doi: 10.1002/ajh.25105.

29 施圆圆,姜尔烈. 预处理方案含克拉屈滨自体造血干细胞移植巩固治疗急性白血病31例临床观察[J]. 中华血液学杂志, 2021, 42(9): 763-767. doi: 10.3760/cma.j.issn.0253-2727.2021.09.009.
Shi YY, Jiang EL. Clinical outcomes of 31 patients with acute leukemia receiving modified conditioning regimen incorporating cladribine for autologous hematopoietic stem cell transplantation[J]. Zhonghua Xue Ye Xue Za Zhi, 2021, 42(9): 763-767. doi: 10.3760/cma.j.issn.0253-2727.2021.09.009.

30 蔡小矜,马巧玲,王玫,等. 用Flu和Ara-c的改良方案预处理后自体造血干细胞移植治疗急性白血病临床观察[J]. 生物医学工程与临床, 2010, 14(2): 146-150. doi: 10.3969/j.issn.1009-7090.2010.02.015.
Cai XJ, Ma QL, Wang M, *et al*. Clinical study on autologous hematopoietic stem cells transplantation in acute leukemia after pretreated by modified regimen with fludarabine and cytarabine[J]. Shengwu Yixue Gongcheng Yu Linchuang, 2010, 14(2): 146-150. doi: 10.3969/j.issn.1009-7090.2010.02.015.

31 Lv M, Yan CH, Ma R, *et al*. Mega-dose decitabine conditioning and prophylactic donor lymphocyte infusion for patients with relapsed/refractory AML with active disease at the time of allogeneic haematopoietic cell transplantation: a multicenter prospective phase II study[J]. Br J Haematol, 2024, 205(5): 1910-1920. doi: 10.1111/bjh.19781.

32 Wu YX, Wan CL, Tan KW, *et al*. Phase II study of dual epigenetic targeting with chidamide and azacitidine in patients with high-risk acute myeloid leukemia after allo-HSCT[J]. Clin Epigenetics, 2025, 17(1): 171. doi: 10.1186/s13148-025-01987-w.

33 Bewersdorf JP, Allen C, Mirza AS, *et al*. Hypomethylating agents and FLT3 inhibitors as maintenance treatment for acute myeloid leukemia and myelodysplastic syndrome after allogeneic hematopoietic stem cell transplantation - a systematic review and *meta*-analysis[J]. Transplant Cell Ther, 2021, 27(12): 997.e1-997.e11. doi: 10.1016/j.jtct.2021.09.005.

34 Burchert A, Bug G, Fritz LV, *et al*. Sorafenib maintenance after allogeneic hematopoietic stem cell transplantation for acute myeloid leukemia with FLT3-Internal Tandem Duplication Mutation (SORMAIN)[J]. J Clin Oncol, 2020, 38(26): 2993-3002. doi: 10.1200/JCO.19.03345.

35 Perez Melendez Y, Medawar G, McGann M, *et al*. Outcomes of post-allogeneic hematopoietic stem cell transplant (HSCT) maintenance therapy in *FLT3*-mutated, *IDH*-mutated, or high relapse-risk myeloid malignancies: a single-center experience[J]. J Clin Oncol, 2025, 43(16_suppl): e18559-e18559. doi: 10.1200/JCO.2025.43.16_suppl.e18559.

36 Solomon SR, Solh M, Morris LE, *et al.* Phase 2 study of PD-1 blockade following autologous transplantation for patients with AML ineligible for allogeneic transplant[J]. Blood Adv, 2023, 7(18): 5215-5224. doi: 10.1182/bloodadvances.2023010477.

37 Yang L, Lai X, Yang T, *et al.* Prophylactic versus preemptive modified donor lymphocyte infusion for high-risk acute leukemia after allogeneic hematopoietic stem cell transplantation: a multicenter retrospective study[J]. Bone Marrow Transplant, 2024, 59(1): 85-92. doi: 10.1038/s41409-023-02137-7.

38 Wei H, Mi Y, Wang Y, *et al.* CACA guidelines for holistic integrative management of adult acute myeloid leukemia[J]. Holist Integ Oncol, 2024, 3(1): 12. doi: 10.1007/s44178-024-00078-9.

39 Hills RK, Castaigne S, Appelbaum FR, *et al.* Addition of gemtuzumab ozogamicin to induction chemotherapy in adult patients with acute myeloid leukaemia: a *meta*-analysis of individual patient data from randomised controlled trials[J]. Lancet Oncol, 2014, 15(9): 986-996. doi: 10.1016/S1470-2045(14)70281-5.

40 Tettamanti S, Pievani A, Biondi A, *et al.* Catch me if you can: how AML and its niche escape immunotherapy[J]. Leukemia, 2022, 36(1): 13-22. doi: 10.1038/s41375-021-01350-x.

41 Chalandon Y, Thomas X, Hayette S, *et al.* Randomized study of reduced-intensity chemotherapy combined with imatinib in adults with Ph-positive acute lymphoblastic leukemia[J]. Blood, 2015, 125(24): 3711-3719. doi: 10.1182/blood-2015-02-627935.

42 Zhang X, Cao Y, Wei J, *et al.* Efficacy and safety of the third-generation tyrosine kinase inhibitor olverembatinib in combination with inotuzumab ozogamicin for the treatment of adult philadelphia chromosome-positive acute lymphoblastic leukemia patients with refractory/relapsed disease or persistent minimal residual disease bridging to hematopoietic stem cell transplantation[J]. Am J Hematol, 2025, 100(10): 1924-1928. doi: 10.1002/ajh.70026.

43 Kantarjian H, Stein A, Gokbuget N, *et al.* Blinatumomab versus chemotherapy for advanced acute lymphoblastic leukemia[J]. N Engl J Med, 2017, 376(9): 836-847. doi: 10.1056/NEJMoa1609783.

44 Gökbuget N, Dombret H, Bonifacio M, *et al.* Blinatumomab for minimal residual disease in adults with B-cell precursor acute lymphoblastic leukemia[J]. Blood, 2018, 131(14): 1522-1531. doi: 10.1182/blood-2017-08-798322.

45 Couturier MA, Thomas X, Raffoux E, *et al.* Blinatumomab+ponatinib for relapsed/refractory Philadelphia chromosome-positive acute lymphoblastic leukemia in adults[J]. Leuk Lymphoma, 2021, 62(3): 620-629. doi: 10.1080/10428194.2020.1844198.

46 Ghobadi A, Foley NC, Cohen J, *et al.* Blinatumomab consolidation post-autologous stem cell transplantation in patients with diffuse large B-cell lymphoma[J]. Blood Adv, 2024, 8(3): 513-522. doi: 10.1182/bloodadvances.2023011130.

47 Park JH, Rivière I, Gonen M, *et al.* Long-term follow-up of CD19 CAR therapy in acute lymphoblastic leukemia[J]. N Engl J Med, 2018, 378(5): 449-459. doi: 10.1056/NEJMoa1709919.

48 Qian CS, Wang ZH, Li Z, *et al.* A phase 2 trial of a "sandwich" strategy: sequential CD22/CD19 chimeric antigen receptor T-cells therapy combined with autologous hematopoietic stem cell transplantation in patients with Philadelphia chromosome-negative B-cell acute lymphoblastic leukemia[J]. Cancer, 2025, 131(22): e70168. doi: 10.1002/cncr.70168.

49 Jiang E, Zhang R, Pang A, *et al.* Autologous hematopoietic stem cell transplantation combined with inaticabtagene autoleucel in adults with high-risk B-cell acute lymphoblastic leukemia: interim analysis of a phase II study[J]. Blood, 2025, 146(Supplement 1): 5929. doi: 10.1182/blood-2025-5929.

50 Li J, Feng S, Zhang Y, *et al.* Sequential CD19/CD22 CAR-T cell therapy following ASCT shows improved efficacy versus CAR-T alone in relapsed/refractory large B-cell lymphoma[J]. Blood, 2025, 146(Supplement 1): 1933. doi: 10.1182/blood-2025-1933.

(责任编辑:马妍吉)