

## 临床研究

DOI:10.13406/j.cnki.cyx.003808

# 造血干细胞移植治疗对再生障碍性贫血患者淋巴细胞亚群及血细胞计数的影响

崔昭婷<sup>1</sup>, 陈帅印<sup>2</sup>, 段广才<sup>2</sup>

(1.郑州市第三人民医院中心实验室, 郑州 450001; 2.郑州大学公共卫生学院流行病与卫生统计学系, 郑州 450001)

**【摘要】目的:**分析研究造血干细胞移植治疗对再生障碍性贫血患者淋巴细胞亚群及血细胞计数的影响。**方法:**选取2019年2月至2022年4月通过造血干细胞移植治疗的获得性再生障碍性贫血患者84例。分别检测治疗前、治疗后1个月、治疗后3个月、治疗后6个月外周血淋巴细胞亚群以及血细胞变化,包括CD19<sup>+</sup>B细胞、CD3<sup>+</sup>T细胞、CD3<sup>+</sup>CD4<sup>+</sup>辅助T细胞、CD3<sup>+</sup>CD8<sup>+</sup>抑制T细胞、CD3<sup>+</sup>CD16<sup>+</sup>CD56<sup>-</sup>NK细胞、CD3<sup>+</sup>CD16<sup>+</sup>CD56<sup>-</sup>NKT细胞百分比、CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>T细胞比值、淋巴细胞占白细胞百分比、白细胞计数、红细胞计数及血小板计数等11项。**结果:**患者治疗前外周血CD3<sup>+</sup>、CD3<sup>+</sup>CD8<sup>+</sup>、CD3<sup>+</sup>CD16<sup>+</sup>CD56<sup>+</sup>、淋巴细胞占白细胞百分比均高于正常值,CD4/CD8、白细胞计数、红细胞计数、血小板计数均低于正常值。治疗前后CD19<sup>+</sup>、CD3<sup>+</sup>CD4<sup>+</sup>、CD3<sup>+</sup>CD16<sup>+</sup>CD56<sup>-</sup>均维持正常水平。CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>、血小板计数在治疗后6个月内仍低于正常值。其余均在3个月左右恢复至正常水平。**结论:**再生障碍性贫血可以导致患者免疫系统存在不同程度的紊乱,且全身血细胞减少。造血干细胞移植可以较好的治疗再生障碍性贫血,患者淋巴细胞亚群以及血细胞在3个月左右恢复正常水平。

**【关键词】**再生障碍性贫血;造血干细胞移植;淋巴细胞亚群;免疫重建

**【中图分类号】**R473.72

**【文献标志码】**A

## Effect of hematopoietic stem cell transplantation therapy on lymphocyte subsets and blood cell counts in patients with aplastic anemia

Cui Zhaoting<sup>1</sup>, Chen Shuaiyin<sup>2</sup>, Duan Guangcai<sup>2</sup>

(1. Central Laboratory, The Third People's Hospital of Zhengzhou; 2. Department of Epidemiology and Health Statistics, School of Public Health, Zhengzhou University)

**【Abstract】Objective:** To investigate the effect of hematopoietic stem cell transplantation therapy on lymphocyte subsets and blood cell counts in patients with aplastic anemia. **Methods:** A total of 84 patients with acquired aplastic anemia who received hematopoietic stem cell transplantation from February 2019 to April 2022 were enrolled. Peripheral blood lymphocyte subsets and blood cell counts were measured before treatment and at 1, 3, and 6 months after treatment, including the percentages of CD19<sup>+</sup> B cells, CD3<sup>+</sup> T cells, CD3<sup>+</sup>CD4<sup>+</sup> helper T cells, CD3<sup>+</sup>CD8<sup>+</sup> suppressor T cells, CD3<sup>+</sup>CD16<sup>+</sup>CD56<sup>-</sup>NK cells, and CD3<sup>+</sup>CD16<sup>+</sup>CD56<sup>-</sup>NKT cells, as well as CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup> T cell ratio, the percentage of lymphocytes in white blood cells, white blood cell count, red blood cell count, and platelet count. **Results:** Before treatment, the percentages of peripheral blood CD3<sup>+</sup>, CD3<sup>+</sup>CD8<sup>+</sup>, and CD3<sup>+</sup>CD16<sup>+</sup>CD56<sup>+</sup> cells and the percentage of lymphocytes in white blood cells were all above the normal values, while CD4/CD8 ratio, white blood cell count, red blood cell count, and platelet count were all below the normal values. CD19<sup>+</sup>, CD3<sup>+</sup>CD4<sup>+</sup>, and CD3<sup>+</sup>CD16<sup>+</sup>CD56<sup>-</sup> were maintained at normal levels before and after treatment. CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup> ratio and platelet count remained below the normal values within 6 months after treatment, while the other values returned to normal within approximately 3 months. **Conclusion:** Aplastic anemia can lead to varying degrees of immune system disorders and a reduction in systemic blood cells. Hematopoietic stem cell transplantation can be a better treatment method for aplastic anemia, with lymphocyte subsets and blood cell counts returning to normal within about 3 months.

**作者介绍:**崔昭婷, Email: zc7959@163.com,

研究方向:免疫学和血液病学。

**通信作者:**段广才, Email: Guangcai\_Duan@163.com。

**优先出版:** <https://link.cnki.net/urlid/50.1046.r.20250319.1514.002>

(2025-03-20)

**【Key words】**aplastic anemia; hematopoietic stem cell transplantation; lymphocyte subsets; immune reconstitution

再生障碍性贫血 (aplastic anemia, AA) 是 1 种罕见的骨髓衰竭疾病, 由于早期造血干细胞和干细胞祖细胞的自身免疫性破坏, 患者主要表现为全血细胞减少和骨髓低细胞性<sup>[1]</sup>。淋巴细胞亚群介导的免疫功能障碍是 AA 发生和发展的关键过程<sup>[2]</sup>, 目前已知的 AA 免疫异常包括 CD4<sup>+</sup>T 细胞向 Th1 细胞的过度极化、调节性 T 细胞 (Tregs) 的功能缺陷以及阴性造血细胞因子如干扰素- $\gamma$  (interferon- $\gamma$ , IFN- $\gamma$ ) 和肿瘤坏死因子- $\alpha$  (tumors necrosis factor- $\alpha$ , TNF- $\alpha$ ) 的过度分泌<sup>[3]</sup>, 此外, 研究发现自然杀伤 (natural killer, NK) 细胞也参与了 AA 的发病<sup>[4]</sup>。造血干细胞移植 (hematopoietic stem cell transplantation, HSCT) 是 AA 患者的有效治疗手段之一, 可通过重建造血和免疫系统来挽救患者的生命, 且研究表明有匹配相关捐赠者的 HSCT 治疗比免疫抑制治疗有更高的生存率<sup>[5]</sup>。然而由于接受者身体在获得干细胞移植和防止排斥反应风险时做出调节方案, 在 HSCT 时可以引起短暂的严重免疫缺陷<sup>[6]</sup>。HSCT 后的免疫重建 (immune reconstitution, IR) 是 1 个逐步的过程, 且多项研究表明 IR 的快慢和程度与移植并发症的发生、发展和转归密切相关, 并最终影响总生存期<sup>[7]</sup>。本研究通过分析 84 例接受 HSCT 的获得性 AA 患者治疗前后淋巴细胞亚群的变化, 探讨 HSCT 后淋巴细胞亚群及血细胞的恢复过程, 为后续研究免疫重建对 AA 患者临床预后的影响提供基础数据。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2019 年 2 月至 2022 年 4 月收入郑州市第三人民医院通过 HSCT 治疗的获得性 AA 患者 84 例, 男 54 例, 女 30 例, 年龄 10~68 岁, 平均年龄 (31.18 ± 18.07) 岁。根据第四届再障学术会议对 AA 诊断标准诊断分型, 所有患者及家属均知情同意, 且通过医院伦理委员会批准。2 组患者性别、年龄等一般资料差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 具有可比性。排除标准: ①染色体断裂试验阳性者; ②先天角化不良者; ③克隆进化患者; ④严重高血压、心脏病以及合并恶性肿瘤者 (表 1)。

表 1 患者一般资料 ( $n, \%, \bar{x} \pm s$ )

项目	所有患者 ( $n=84$ )
性别	
男性	54 (64.29)
女性	30 (35.71)
年龄 (岁)	31.18 ± 18.07
诊断	
NSAA (非重型)	51 (60.72)
SAA (重型)	27 (32.14)
VSAA (极重型)	6 (7.14)

### 1.2 治疗方法

1.2.1 调理方案 患者移植前 2~5 d 采用 50 mg/(kg·d) 环磷酰胺 (cyclophosphamide, Cy)+3 mg/kg 抗胸腺细胞球蛋白 (antithymocyte globulin, ATG) 或 Cy+5 mg/kg 抗淋巴细胞球蛋白 (antilymphocyte globulin, ALG) 基础方案治疗, 在移植前 2~6 d 接受 25 mg/(m<sup>2</sup>·d) 氟达拉滨 (Flu) 治疗, 以增强免疫抑制作用。

1.2.2 造血干细胞的动员、采集和回输 为动员供体干细胞, 连续 5 d 使用 5~10  $\mu$ g/kg 的粒细胞集落刺激因子。第 4 天采集供体骨髓, 第 5 天采集外周血干细胞。若第 5 天单个核细胞总数和 CD34<sup>+</sup> 细胞数均不符合移植标准, 则在第 6 天重复收集。如果供体和受体的主要 ABO 血型不相容, 则使用羟乙基淀粉去除红细胞, 如果供体和受体的次要 ABO 血型不相容, 则使用密度梯度离心去除血浆。

1.2.3 预防移植物抗宿主病 (graft-versus-host disease, GVHD) 急性和慢性 GVHD 分别通过改良的 Glucksberg 分级系统<sup>[8]</sup>和中国慢性移植物抗宿主病诊治共识 (2021)<sup>[9]</sup> 的诊断和管理共识进行评估。基本的 GVHD 预防方案包括环孢菌素 A (cyclosporine A, CSA) 或 CsA+短期甲氨蝶呤 (short-term methotrexate, siMTX) 或 CsA+stMTX+霉酚酸甲酯 (mycophenolate mofetil, MMF)。发生 II~IV<sup>o</sup> aGVHD 的患者接受甲基强的松龙 (共 1~2 mg/kg) 或抗 CD25 单克隆抗体治疗。如果患者有稳定的供体嵌合体并且没有明显的 GVHD, 则在 6 个月内逐渐减少 CsA 和 MMF。

### 1.3 观察指标

通过流式细胞术检测患者治疗前、治疗后 1 个月、治疗后 3 个月、治疗后 6 个月外周血淋巴细胞亚群的变化, 包括: CD19<sup>+</sup>B 细胞、CD3<sup>+</sup>T 细胞、CD3<sup>+</sup>CD4<sup>+</sup>辅助 T 细胞、CD3<sup>+</sup>CD8<sup>+</sup>抑制 T 细胞、CD3<sup>+</sup>CD16<sup>+</sup>CD56<sup>+</sup>NK 细胞、CD3<sup>+</sup>CD16<sup>+</sup>CD56<sup>+</sup>NKT 细胞百分比及 CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>T 细胞比值。血常规检测患者治疗前后淋巴细胞占白细胞百分比、白细胞计数、红细胞计数及血小板计数。

### 1.4 统计学方法

使用 SPSS 22.0 软件对数据进行统计分析, 计量资料以均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 计数资料以百分比 (%) 表示。使用 GraphPad Prism 8 软件绘制折线图。检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 患者移植前淋巴细胞亚群情况

AA 患者移植治疗前淋巴细胞亚群、血细胞情况及其对应正常参考区间见表 2。患者外周血 CD3<sup>+</sup>、CD3<sup>+</sup>CD8<sup>+</sup>、CD3<sup>+</sup>CD16<sup>+</sup>CD56<sup>+</sup>、淋巴细胞占白细胞百分比均高于正常值, CD4/CD8、白细胞计数、红细胞计数、血小板计数均低于正常值。

### 2.2 患者治疗前后淋巴细胞亚群情况

检测并记录患者移植治疗前、移植治疗后 1、3、6 个月淋巴细胞亚群变化情况。HSCT 后 CD3<sup>+</sup>T 细胞占比逐渐降低, 在第 3 个月接近正常水平, 并保持在正常范围内 (图 1A)。CD19<sup>+</sup>B 细胞移植前后均保持在正常范围内, 但移植前接近

表2 AA患者移植治疗前淋巴细胞亚群情况及正常参考区间( $\bar{x}\pm s$ )

项目	移植前	参考区间
CD19 <sup>+</sup> (%)	9.45 ± 0.35	7.50~15.55
CD3 <sup>+</sup> (%)	78.01 ± 4.83	↑ 62.70~72.00
CD3 <sup>+</sup> CD4 <sup>+</sup> (%)	34.07 ± 4.61	31.47~43.83
CD3 <sup>+</sup> CD8 <sup>+</sup> (%)	39.71 ± 7.54	↑ 19.22~34.90
CD4/CD8	1.09 ± 0.18	↓ 1.40~2.00
CD3 <sup>+</sup> CD16 <sup>+</sup> CD56 <sup>+</sup> (%)	10.76 ± 4.41	9.15~21.50
CD3 <sup>+</sup> CD16 <sup>+</sup> CD56 <sup>+</sup> (%)	6.36 ± 2.71	↑ 1.05~6.05
淋巴细胞占白细胞百分比(%)	48.89 ± 8.21	↑ 20~40
白细胞计数( $10^9/L$ )	3.14 ± 0.95	↓ 3.90~9.50
红细胞计数( $10^{12}/L$ )	2.72 ± 0.93	↓ 4.09~5.74
血小板计数( $10^9/L$ )	65.13 ± 10.99	↓ 125~350

正常水平最低值;移植后1~3个月迅速升高,但3个月后呈下降趋势(图1B)。淋巴细胞占白细胞百分比在移植后1个月仍高于正常水平,而后逐渐接近正常范围,且下降趋势趋于平缓(图1C)。CD3<sup>+</sup>CD4<sup>+</sup>辅助T细胞在移植前后均维持在

正常范围内,但数值在3个月后略有下降(图1D)。CD3<sup>+</sup>CD8<sup>+</sup>抑制T细胞在移植后3个月仍高于正常水平,3个月后迅速降低至正常水平(图1E)。CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>T细胞比值在移植前至移植后6个月内仍低于正常水平,但在移植后3个月时有所升高,随后降低至移植前水平(图1F)。CD3<sup>+</sup>CD16<sup>+</sup>CD56<sup>+</sup>NK细胞在移植前后虽有所波动,但均维持在正常水平(图1G),CD3<sup>+</sup>CD16<sup>+</sup>CD56<sup>+</sup>NKT细胞在移植后即恢复正常水平(图1H)。

2.3 患者治疗前后血细胞情况

检测并记录患者移植治疗前、移植治疗后1、3、6个月外周血白细胞、红细胞、血小板数量。白细胞在移植后6个月内呈现升高趋势,在第3个月恢复到正常水平,并保持在正常范围内(图2A)。红细胞的变化曲线与白细胞相似,但升高程度逐渐趋于平稳(图2B)。血小板在移植后6个月内虽有波动但整体呈现上升趋势,且移植后3个月仍低于正常水平,移植后第6个月达到正常水平但仍接近区间最低值(图2C)。

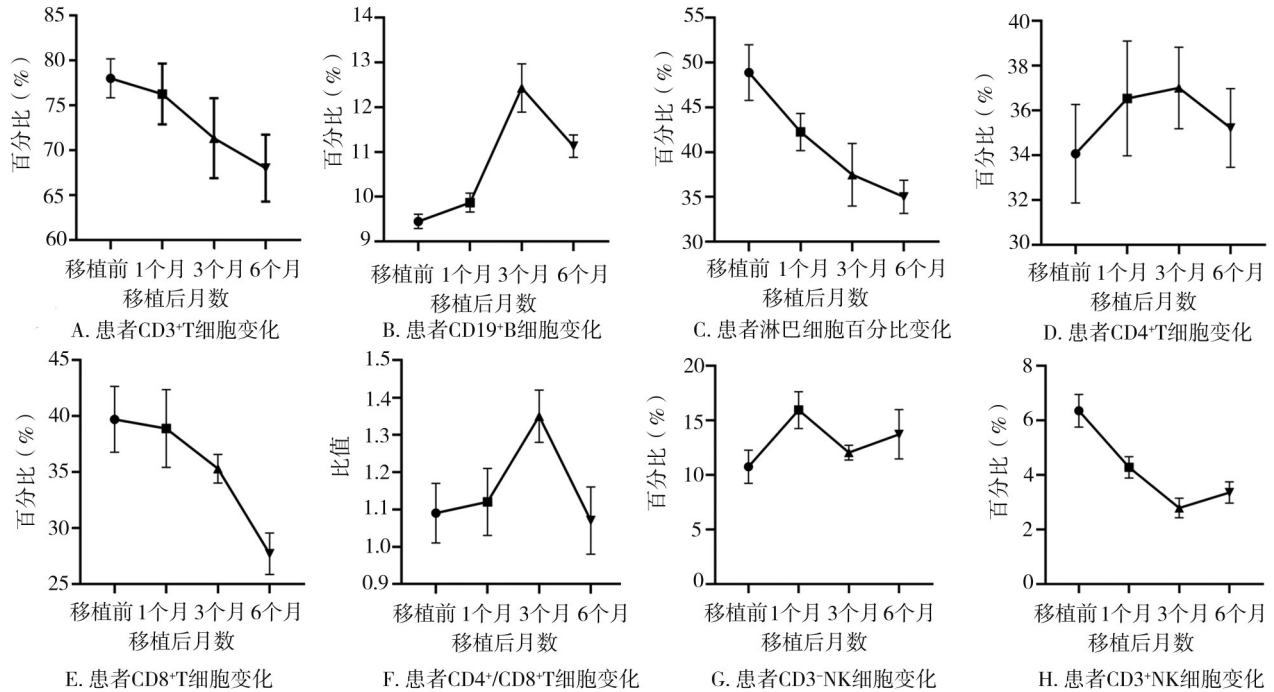


图1 AA患者移植前后淋巴细胞亚群变化折线图

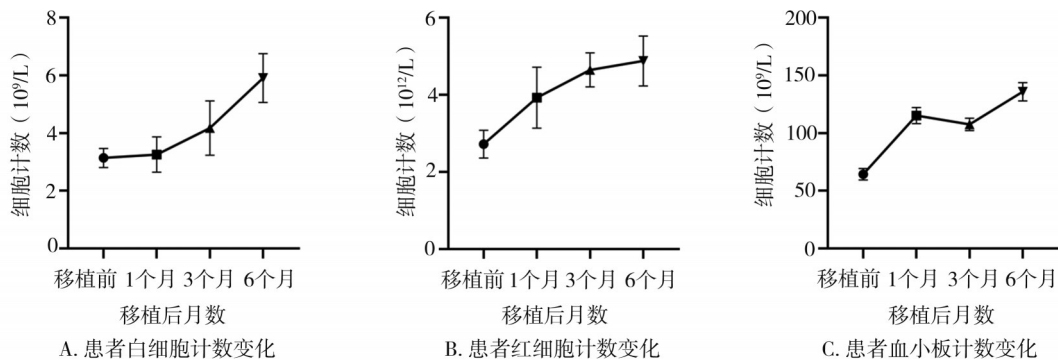


图2 AA患者移植前后血细胞变化折线图

### 3 讨论

AA 特征是继发于免疫介导的骨髓损伤后造血功能障碍,可分为免疫性/获得性和遗传性<sup>[10]</sup>。淋巴细胞亚群是反映人体免疫功能的重要指标,外周血淋巴细胞主要分为 T 淋巴细胞、B 淋巴细胞以及 NK 淋巴细胞 3 部分,并根据细胞表面标志进一步划分。造血干细胞(hematopoietic stem cell, HSC)是具有自我更新能力并可以分化为各种血细胞前体细胞的干细胞,最终形成各种血细胞成分,包括白细胞、红细胞和血小板,此外也可分化为各种其他细胞。HSC 研究在 1950 年代兴起,证明正常成年小鼠骨髓细胞的静脉内移植可以保护接受者免受致死剂量的辐射<sup>[11]</sup>。这一研究确定了具有长期造血再生活性的细胞在成年小鼠骨髓中的存在,同时为 HSC 及其后代的特性以及移植重建奠定了研究基础。HSCT 是治疗 AA 的最有效方法之一,但 HSCT 后的免疫重建是 1 个循序渐进的过程,免疫细胞的恢复和免疫系统的重建与患者移植后感染、GVHD 等并发症密切相关,最终影响患者的预后<sup>[12]</sup>。

本研究首先分析了再障患者治疗前的淋巴细胞亚群情况。结果表明 CD3<sup>+</sup>T 细胞百分比高于正常水平,CD3<sup>+</sup>CD8<sup>+</sup>T 细胞百分比高于正常水平,虽然 CD3<sup>+</sup>CD4<sup>+</sup>T 细胞百分比在正常范围内,但 CD4/CD8 的比值低于正常水平,即 CD4/CD8 比率倒置。研究表明获得性 AA 可能由于免疫失调导致造血干细胞和 HSPC 受自身免疫性 T 细胞调节破坏<sup>[13]</sup>。因此本实验研究进一步证实了异常 T 细胞免疫在 AA 发病机制中的关键作用。

HSCT 后的免疫重建是复杂且长期的,并且免疫功能的状态对 AA 的预后至关重要<sup>[14]</sup>,因此移植后的免疫重建越来越受到重视。本研究对比分析了 AA 患者 HSCT 治疗前、治疗后 1、3、6 个月不同时间点的淋巴细胞亚群变化情况。结果显示 NKT 细胞(1 个月内)最先恢复到正常水平,其次为 T 细胞(3 个月)。NK 细胞具有很大的表型和功能异质性,是先天免疫细胞的重要组成部分,研究发现复杂的 NK 细胞中只有小部分具有杀伤功能<sup>[15]</sup>。此外 NK 细胞还被证实以直接或间接的方式在调节适应性

免疫反应中起关键作用,以抑制或促进不同条件下的 T 细胞反应<sup>[16]</sup>。NKT 细胞是兼有 NK 与 T 细胞 2 种受体的特殊 T 细胞亚群,活化后具有 NK 细胞毒性,AA 患者血液中可见升高<sup>[17]</sup>,本研究结果与其一致。因此,推测 T 细胞较晚恢复正常水平可能由于 NKT 细胞对 T 细胞的调节作用。T 细胞是人体内非常重要的免疫细胞,可以直接产生免疫效应功能,同时通过产生多种细胞因子等于其他免疫细胞直接/间接接触来发挥免疫功能。研究认为 AA 是由异常的 T 细胞免疫反应引起的自身免疫性疾病<sup>[18]</sup>。Wang JY 等<sup>[19]</sup>分析异基因 HSCT 后免疫细胞的变化发现,CD3<sup>+</sup>T 细胞亚群中,CD8<sup>+</sup>T 细胞在移植后第 2 个月迅速恢复并达到正常水平。在接受 HSCT 后,患者体内 T 细胞开始体现免疫重建的潜能,因此在本研究中 3 个月内 T 细胞已经逐渐恢复至正常水平,与前人研究结果相似。

B 细胞在体液免疫和激活 T 细胞中起着至关重要的作用,研究证实 B 细胞同样参与了 AA 的发病机制<sup>[20]</sup>。本研究结果显示患者接受移植治疗后 1~3 个月 CD19<sup>+</sup>B 细胞有明显升高,但治疗前后均在正常范围内,具体原因还需更多研究进一步探讨。AA 的典型表现为全血细胞减少<sup>[21]</sup>,因此本研究结果中患者移植治疗前白细胞、红细胞与血小板数量均低于正常水平,移植治疗后白细胞和红细胞均在 3 个月内恢复正常水平,但血小板数量虽然总体呈上升趋势在 6 个月左右才达到正常范围最低值。研究表明 AA 患者接受 HSCT 后可能由于移植排斥、感染等原因出现血小板降低等问题,降低预后水平并带来沉重的经济负担<sup>[22]</sup>。本研究由于并未发现患者移植后出现血小板减少症等并发症的存在,因此血小板较长时间未恢复正常水平的原因还需进一步研究。

本研究结果显示,AA 患者移植前 CD3<sup>+</sup>T 细胞和 CD3<sup>+</sup>CD8<sup>+</sup>T 细胞百分比升高,CD4/CD8 比值降低,与 AA 的免疫病理机制相符。AA 患者体内存在 Treg 细胞功能异常,导致效应 T 细胞过度活化。移植后,异常 T 细胞亚群逐渐恢复正常水平,表明 HSCT 逆转了 AA 的原发病理机制。长期记忆 T 细胞、CD4/CD8 比值、衰老 T 细胞和衰竭 T 细胞等指标,可反映移植免疫功能的恢复情况。本研究发现 CD4/CD8 比

值在移植 6 个月后仍低于正常水平,提示供者 T 细胞亚群的恢复需要更长时间。未来研究中,将进一步监测上述指标,全面评估供者来源免疫功能的重建过程。

综上所述,再生障碍性贫血可以导致患者免疫系统存在不同程度的紊乱,且全身血细胞减少。HSCT 可以较好的治疗 AA,患者淋巴细胞亚群以及血细胞普遍在 3 个月左右恢复正常水平。本研究的主要局限在于患者移植后观察时间较短,6 个月后的变化需要进一步研究得出结论,且暂未区分不同程度 AA 患者移植治疗前后的淋巴细胞亚群变化。未来研究中,将考虑延长随访时间至 1 年或更长,以更全面地评估免疫重建过程。并将针对不同分型的 AA 患者,分析其免疫重建进程与感染发生率之间的相关性,为临床防治提供依据。

**利益冲突** 所有作者声明不存在利益冲突

**作者贡献声明** 崔昭婷:研究方案设计、实施研究、数据收集、分析数据、论文撰写;陈帅印:实验技术指导、论文修改;段广才:实验技术指导、研究方案设计、论文修改

## 参 考 文 献

- [1] Brzeźniakiewicz-Janus K, Rupa-Matysek J, Gil L. Acquired aplastic Anemia as a clonal disorder of hematopoietic stem cells[J]. Stem Cell Rev Rep, 2020, 16(3):472-481.
- [2] Kulasekararaj A, Cavenagh J, Dokal I, et al. Guidelines for the diagnosis and management of adult aplastic anaemia: a British Society for Haematology Guideline[J]. Br J Haematol, 2024, 204(3):784-804.
- [3] Yu W, Wang QQ, Ge ML, et al. Cluster analysis of lymphocyte subset from peripheral blood in newly diagnosed idiopathic aplastic anaemia patients[J]. Ann Med, 2022, 54(1):2431-2439.
- [4] Zhang Y, Zhang Q, Ha XQ, et al. Research progress in treatment of aplastic anemia[J]. Journal of Clinical Medicine in Practice, 2023, 27(23):144-148.
- [5] Zhang YF, Huo JL, Liu L, et al. Comparison of hematopoietic stem cell transplantation outcomes using matched sibling donors, haploidentical donors, and immunosuppressive therapy for patients with acquired aplastic Anemia[J]. Front Immunol, 2022, 13:837335.
- [6] Gennery AR. Hematopoietic stem cell transplantation for primary immune deficiencies[M]//Stiehm's Immune Deficiencies. Amsterdam: Elsevier, 2020:1175-1214.
- [7] Wang L, Liu H. Pathogenesis of aplastic anemia[J]. Hematology, 2019, 24(1):559-566.
- [8] Malard F, Holler E, Sandmaier BM, et al. Acute graft-versus-host disease[J]. Nat Rev Dis Primers, 2023, 9(1):27.
- [9] Hematopoietic Stem Cell Application Group CSOH, China Association for the Prevention of Hematology Diseases. Chinese consensus on the diagnosis and management of chronic graft-versus-host disease (2021)[J]. Zhonghua Xue Ye Xue Za Zhi, 2021, 42(4):265-275.
- [10] Giudice V, Selleri C. Aplastic anemia: pathophysiology[J]. Semin Hematol, 2022, 59(1):13-20.
- [11] Jacobson LO, Simmons EL, Marks EK, et al. Recovery from radiation injury[J]. Science, 1951, 113(2940):510-511.
- [12] Bhatt ST, Bednarski JJ. Immune reconstitution in pediatric patients following hematopoietic cell transplant for non-malignant disorders[J]. Front Immunol, 2020, 11:1988.
- [13] Patel BA, Giudice V, Young NS. Immunologic effects on the haematopoietic stem cell in marrow failure[J]. Best Pract Res Clin Haematol, 2021, 34(2):101276.
- [14] Belinovski AR, Pelegrina PD, Lima ACM, et al. Immune reconstitution after allogeneic stem cell transplantation: an observational study in pediatric patients[J]. Hematol Transfus Cell Ther, 2023, 45(2):235-244.
- [15] Subedi N, Verhagen LP, Bosman EM, et al. Understanding natural killer cell biology from a single cell perspective[J]. Cell Immunol, 2022, 373:104497.
- [16] Quatrini L, Della Chiesa M, Sivori S, et al. Human NK cells, their receptors and function[J]. Eur J Immunol, 2021, 51(7):1566-1579.
- [17] Li Y, Ding SX, Liu CY, et al. Abnormalities of quantities and functions of CD56bright natural killer cells in non-severe aplastic Anemia[J]. Hematology, 2019, 24(1):405-412.
- [18] Tjon JM, Langemeijer SMC, Halkes CJM. Anti thymocyte globulin-based treatment for acquired bone marrow failure in adults[J]. Cells, 2021, 10(11):2905.
- [19] Wang JY, Yuan M, Zhu GH, et al. Immune reconstitution in pediatric aplastic Anemia after allogeneic hematopoietic stem-cell transplantation[J]. Int J Med Sci, 2022, 19(5):821-828.
- [20] Yu W, Wang QQ, Ge ML, et al. Cluster analysis of lymphocyte subset from peripheral blood in newly diagnosed idiopathic aplastic anaemia patients[J]. Ann Med, 2022, 54(1):2431-2439.
- [21] DeZern AE, Churpek JE. Approach to the diagnosis of aplastic anemia[J]. Blood Adv, 2021, 5(12):2660-2671.
- [22] Bento L, Canaro M, Bastida JM, et al. Thrombocytopenia and therapeutic strategies after allogeneic hematopoietic stem cell transplantation[J]. J Clin Med, 2022, 11(5):1364.

(收稿:2024-07-15;修回:2025-01-01;录用:2025-02-11)

(责任编辑:周一青)

本文引用格式:

崔昭婷,陈帅印,段广才.造血干细胞移植治疗对再生障碍性贫血患者淋巴细胞亚群及血细胞计数的影响[J].重庆医科大学学报,2026,51(1):146-150.