

不同异基因造血干细胞移植方案术后CMV及EBV感染差异及危险因素分析

吴旭琴, 李庆生*

安徽医科大学第一附属医院血液内科, 安徽 合肥

收稿日期: 2025年8月15日; 录用日期: 2025年9月8日; 发布日期: 2025年9月17日

摘要

本研究旨在探究异基因造血干细胞移植(allo-HCT)后不同人类白细胞抗原(HLA)配型与巨细胞病毒(CMV)及EB病毒(EBV)感染率的关联及危险因素。研究收集2019年至2023年于安徽医科大学第一附属医院造血干细胞移植中心首次行allo-HCT患者资料, 共计128例, 按HLA配型分为单相合组($n = 85$)和全相合组($n = 43$), 统计两组移植后3个月内CMV、EBV感染率及相关临床指标, 采用卡方检验、t检验及非参数检验分析危险因素。结果显示, 单相合组EBV和CMV感染率分别为49.4%和43.5%, 显著高于全相合组的30.2%和20.9% ($P < 0.05$)。单相合组中, EBV感染与诊断至移植时长相关($P < 0.05$), 而全相合组中, CMV感染与外周血CD34+细胞数、粒系及血小板植入时长相关($P < 0.05$), EBV感染仅与外周血CD34+细胞数相关($P < 0.05$)。本研究为allo-HCT术后CMV及EBV感染的早期干预提供了理论依据。

关键词

异基因造血干细胞移植, 巨细胞病毒感染, EB病毒感染

Analysis of the Differences and Risk Factors of CMV and EBV Infections after Different Allogeneic Hematopoietic Stem Cell Transplantation Regimens

Xuqin Wu, Qingsheng Li*

*通讯作者。

文章引用: 吴旭琴, 李庆生. 不同异基因造血干细胞移植方案术后 CMV 及 EBV 感染差异及危险因素分析[J]. 临床医学进展, 2025, 15(9): 984-992. DOI: 10.12677/acm.2025.1592583

Abstract

This study aimed to explore the association between different human leukocyte antigen (HLA) matching types after allogeneic hematopoietic stem cell transplantation (allo-HCT) and the infection rates of cytomegalovirus (CMV) and Epstein-Barr virus (EBV), as well as the related risk factors. Data from 128 patients who underwent their first allo-HCT at the Hematopoietic Stem Cell Transplantation Center of the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University from 2019 to 2023 were collected. The patients were divided into the single-matched group ($n = 85$) and the fully-matched group ($n = 43$) based on HLA matching. The infection rates of CMV and EBV within 3 months after transplantation and related clinical indicators were statistically analyzed. Chi-square test, t-test and non-parametric test were used to analyze the risk factors. The results showed that the infection rates of EBV and CMV in the single-matched group were 49.4% and 43.5%, respectively, which were significantly higher than those in the fully-matched group (30.2% and 20.9%, $P < 0.05$). In the single-matched group, EBV infection was related to the time from diagnosis to transplantation ($P < 0.05$), while in the fully-matched group, CMV infection was related to the number of peripheral blood CD34 + cells, the time of granulocyte and platelet engraftment ($P < 0.05$), and EBV infection was only related to the number of peripheral blood CD34 + cells ($P < 0.05$). This study provides a theoretical basis for the early intervention of CMV and EBV infections after allo-HCT.

Keywords

Allogeneic Hematopoietic Stem Cell Transplantation, Cytomegalovirus Infection, Epstein-Barr Virus Infection

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

异基因造血干细胞移植(allo-HCT)是目前被认为是许多恶性血液系统疾病以及难治性免疫性疾病最有效,也是唯一一种可以完全治愈的治疗方案[1]。然而,移植后病原体感染作为异基因造血干细胞移植(allo-HCT)最常见的并发症[2],严重限制了 allo-HCT 的疗效以及病人的生存进展[3]。目前移植后 3 月内常见的病原体主要包括:细菌、病毒、真菌等[4]。人巨细胞病毒(CMV)及 EB 病毒(EBV)是移植后病毒感染常见的病原体,严重的感染甚至可以导致 CMV 病及 EBV 病,高 EBV 血症可进一步发展为淋巴细胞增殖性疾病(PTLD) [5],严重的限制了 allo-HCT 术后患者生存期望。现有研究表明,移植后免疫功能重建障碍是病毒感染的重要诱因,但不同人类白细胞抗原(HLA)配型(如单相合、全相合)对 CMV 及 EBV 感染率的影响及相关危险因素仍需深入探究[6]。例如,HLA 配型差异是否通过影响移植物抗宿主病(GVHD)发生、免疫重建速度或抗病毒防御机制,进而改变病毒感染风险,尚未形成明确结论[7]。基于以上诸多因素,本研究通过回顾性分析安徽医科大学第一附属医院血液内科接受 allo-HCT 患者的临床数据,对比单相合与全相合移植患者的 CMV 及 EBV 感染率,探讨 HLA 配型与病毒感染的相关性及其潜在危险因素,以期临床制定个体化抗病毒预防及治疗方案提供参考。

2. 研究对象及方法

2.1. 研究对象

收集 2019 年 1 月至 2023 年 12 月于安徽医科大学第一附属医院造血干细胞移植中心首次行 allo-HCT 患者资料, 共计 128 例, 年龄范围 14~58 岁, 平均值为 35.45 岁的各项统计学资料, 如出现以下情况之一则主动排除: 1) 首次移植失败, 进行二次移植; 2) 移植前合并其他肿瘤等; 3) 处理或回输过程死亡患者, 本研究随访日期截止 2024 年 12 月。

2.2. 研究方法

收集并整理患者性别、年龄、人白细胞抗原类型(HLA-type)、预处理方案、预防性抗病毒药物使用、是否感染 EBV、CMV 等相关指标。根据患者 allo-HSCT 移植类型, 分为单相合组($n=85$), 全相合组($n=43$)。分别统计各组移植后 30 天内血常规指标、是否发生急性移植物抗宿主病(aGVHD)、受体免疫重建功能(淋巴细胞亚群、免疫球蛋白水平等)、是否感染 EBV、CMV 等资料。

2.3. 病毒感染检测

移植前检测患者 CMV、EBV 病毒核酸复制数目, 同时采用 ELISA 法检测患者血清 CMV、EBV IgG 及 IgM 抗体水平, 排除既往感染的可能性; 患者移植后每周检测 1 次血液 EBV-DNA、CMV-DNA, 若标本出现阳性, 在核实数据真实性后, 调整为每周监测 2 次, 3 个月后调整为每月监测 1 次[8]。最后根据移植后 3 个月内是否临床感染 EBV、CMV 分别将患者分为感染组和未感染组。且根据相关文献, 将 EBV-DNA、CMV-DNA 载量大于 500 拷贝/毫升分别定义为 EBV-DNA+、CMV-DNA+, 连续两次血液检测 EBV-DNA+及定义为 EBV 血症及 CMV-DNA+血症[9]。

2.4. 预处理方案及急性 GVHD 的预防

在行 allo-HSCT 术前, 所有患者均采用了以 BuCy (白消安 + 环磷酰胺)为基础的清髓性预处理方案[10], 多数患者同时联用兔抗人胸腺细胞球蛋白(ATO)及司莫司汀, 极少数患者予以加用阿糖胞苷。allo-HSCT 术后 aGVHD 的预防均以吗替麦考酚酯 + 甲氨蝶呤 + 环孢素 A 为基础方案, 部分患者予以加用其他抗排斥药物治疗。

2.5. CMV 及 EBV 感染的预防及治疗

预处理开始到回输细胞前予以更昔洛韦预防病毒感染, 待受者造血功能重建稳定后, 根据病情调整抗病毒药物使用, 若移植后检测到患者 CMV-DNA+, 则加用磷甲酸钠抗病毒治疗, 同时调整监测病毒 DNA 拷贝数一周 2 次, 直至连续两次检验阴性后, 恢复之前的检测频率, 同时调整抗病毒药物[11]。

2.6. 统计方法

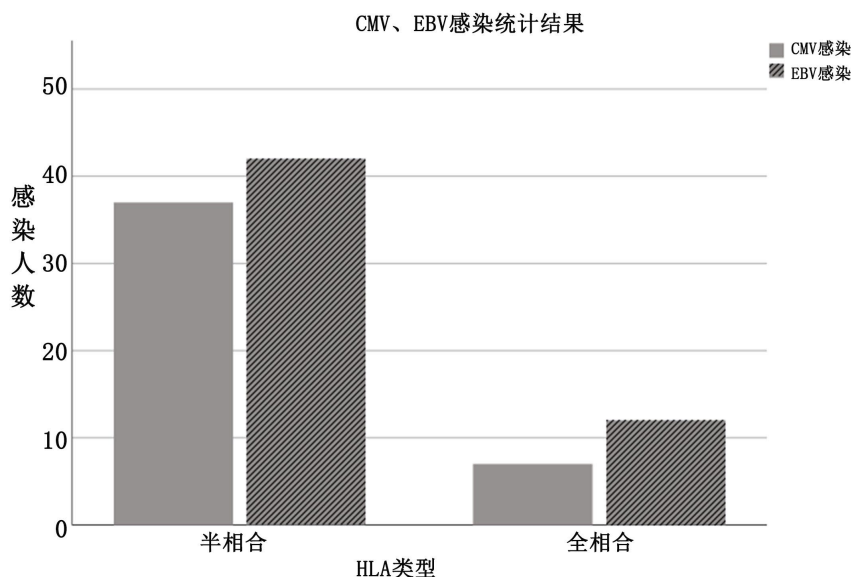
所有数据经统一整理后均采用 IBM SPSS 27.0 数据分析软件进行统计学分析。计数资料组间比较采用卡方检验, 计量资料均先进行正态分布性检验, 符合正态分布的计量资料采用 t 检验方法, 不符合正态分布的计量资料采用非参数检验方法, 以 $P < 0.05$ 定义为具有统计学差异。

3. 结果

3.1. 临床特征

本研究共统计了 allo-HSCT 患者 128 例, 移植前, 所有供体、受体检测 EBV-DNA、CMV-DNA 均为

阴性。在单相合移植组($n = 85$)中, 移植后 3 月内发生 EBV 感染患者 42 人, EBV 感染阳性率为 49.4% (42/85), 移植后 3 月内发生 CMV 感染患者 37 人, CMV 感染阳性率为 43.5% (37/85); 而在全相合移植组($n = 43$)中, 移植后 3 月内发生 EBV 感染患者 13 人, EBV 感染阳性率为 30.2% (13/43), 移植后 3 月内发生 CMV 感染患者 9 人, CMV 感染阳性率为 20.9% (9/43), 由此可见, 感染组与未感染组在 HLA 配型上两种病毒均具有统计学意义的差异(均 $P < 0.05$), 详见图 1。



注: 纵轴: 感染人数; 横轴: HLA 类型; 标题: CMV、EBV 感染统计结果。

Figure 1. Shows the statistical results related to CMV and EBV infections

图 1. CMV 及 EBV 感染相关统计结果

3.2. 单相合组中 CMV、EBV 感染的危险因素分析

我们分别统计了单相合组中 CMV、EBV 是否感染与外周血 CD34+细胞数、急性 GVHD 的发生、粒系植入、血小板植入、供体年龄、患者年龄以及从诊断到移植时长等因素之间的相关性, 结果提示, CMV 感染与无 CMV 感染在外周血 CD34+细胞数、急性 GVHD 的发生、粒系植入、血小板植入、供体年龄、患者年龄以及从诊断到移植时长等方面差异无统计学意义($P > 0.05$), 见表 1, 而 EBV 感染与无 EBV 感染在从诊断到移植时长方面差异具有统计学意义($P < 0.05$), 见表 2。

Table 1. Statistical results of each statistical factor and CMV infection in the single-phase combination group

表 1. 单相合组中各统计因素与 CMV 感染之间统计结果

指标	感染组(CMV)	无感染组	χ^2	P
患者年龄	>40	13	1.398	0.237
	<40	24		
移植前时长	17.24	19.90		0.802
供体年龄	34	32.09		0.493
血小板植入时长	15.97	12.67		0.099
粒系植入时长	12.62	11.17		0.238

续表

aGVHD	有	11 (13)	15 (13)	0.844	0.358
	无	37 (35)	33 (35)		
移植后合并真菌感染	有	2	4 (3)	0.711	0.399
	无	46	44 (45)		
移植后合并细菌感染	有	15	13 (14)	0.202	0.653
	无	33	35 (34)		
ATG	有	39	33	2.000	0.157
	无	9	15		
外周血 CD34 细胞计数		3.7036	3.1970	0.294	

Table 2. Statistical results between each statistical factor and EBV infection in the single-phase combination group

表 2. 单相合组中各统计因素与 EBV 感染之间统计结果

指标		感染组(EBV)	无感染组	χ^2	P
患者年龄	>40	15 (17.8)	21 (18.2)	1.499	0.221
	<40	27 (24.2)	22 (24.8)		
移植前时长		11.36	27.14		0.016
供体年龄		34.35	31.52		0.414
血小板植入时长		13.31	14.85		0.702
粒系植入时长		11.57	12.05		0.165
aGVHD	有	13 (12.8)	13 (13.2)	0.005	0.943
	无	29 (29.2)	30 (29.8)		
移植后合并真菌感染	有	2 (3.0)	4 (3.0)	0.668	0.414
	无	40 (39.0)	39 (40.0)		
移植后合并细菌感染	有	13 (13.8)	15 (14.2)	0.149	0.700
	无	29 (28.2)	28 (28.8)		
ATG	有	29 (30.1)	32 (30.9)	0.302	0.582
	无	13 (11.9)	11 (12.1)		
外周血 CD34 细胞计数		3.4546	3.3755		0.508

3.3. 全相合组中 CMV、EBV 感染的危险因素分析

同样我们也统计了全相合组中 CMV、EBV 是否感染与上述因素之间是否具有统计学差异,然而与单相合组不同的是,CMV 是否感染与外周血 CD34 细胞数、粒系及血小板术后植入时长相关($P < 0.05$),见表 3; EBV 是否感染只与外周血 CD34 细胞数有关($P < 0.05$),见表 4。

Table 3. Statistical results of each statistical factor and CMV infection in the fully matched group**表 3.** 全相合组中各统计因素与 CMV 感染之间统计结果

指标		感染组(CMV)	无感染组	χ^2	P
患者年龄	>40	2	12	1.398	0.237
	<40	5	19		
移植前时长		12.29	9.55		0.825
供体年龄		46.37	34.07		0.232
血小板植入时长		23.71	13.29		0.040
粒系植入时长		17.71	11.39		0.040
aGVHD	有	3 (1.8)	7 (8.2)	1.211	0.271
	无	4 (5.2)	24 (22.8)		
移植后合并真菌感染	有	0 (0.6)	3 (2.4)	0.735	0.391
	无	7 (6.4)	28 (28.6)		
移植后合并细菌感染	有	5 (3.0)	7 (9.0)	6.306	0.012
	无	2 (4.0)	24 (22.0)		
ATG	有	2 (1.7)	7 (7.3)	0.113	0.736
	无	5 (5.3)	24 (23.7)		
外周血 CD34 细胞计数		5.9963	3.6461		0.235

Table 4. Statistical results between each statistical factor and EBV infection in the fully matched group**表 4.** 全相合组中各统计因素与 EBV 感染之间统计结果

指标		感染组(EBV)	无感染组	χ^2	P
患者年龄	>40	5 (4.4)	9 (9.6)	0.175	0.675
	<40	7 (7.6)	17 (16.4)		
移植前时长		10.33	9.92		0.525
供体年龄		33.67	35.75		0.578
血小板植入时长		11.83	16.77		0.012
粒系植入时长		9.83	13.81		0.003
aGVHD	有	4 (3.2)	6 (6.8)	0.445	0.505
	无	8 (8.8)	20 (19.2)		
移植后合并真菌感染	有	0 (0.9)	3 (2.1)	1.503	0.220
	无	12 (11.1)	23 (23.9)		
移植后合并细菌感染	有	2 (3.5)	9 (7.5)	1.286	0.257
	无	10 (8.5)	17 (18.5)		
ATG	有	6 (2.8)	3 (6.2)	6.720	0.010
	无	6 (9.2)	23 (19.8)		
外周血 CD34 细胞计数		5.1233	3.1378		0.005

3.4. CMV、EBV 感染与临床预后的关系

对于 CMV 感染, 在全相合组中, CMV 是否感染与移植后合并细菌感染差异具有统计学差异($P < 0.05$), 见表 5, 与移植后合并真菌感染及急性 GVHD 等方面差异不具有统计学意义($P > 0.05$), 单相合组中未见统计学差异数据; 对于 EBV 感染, 在单相合组和全相合组中, EBV 是否感染与移植后合并细菌感染、真菌感染、急性 GVHD 差异不具有统计学差异($P > 0.05$)。

Table 5. Statistical results of CMV infection and combined bacterial infection after transplantation in the fully compatible group

表 5. 全相合组中 CMV 感染与移植后合并细菌感染之间统计结果

指标		感染组	未感染组	χ^2	P
移植后合并细菌感染	感染	5	7	6.306	0.012
	未感染	2	24		

3.5. 多因素 Logistic 分析

在全相合组中, 将上述单因素统计分析中具有统计学意义($P > 0.05$)指标作为自变量, 是否发生病毒感染作为因变量, 分别行多因素二元 Logistic 分析, 结果提示血小板植入时长为行全相合造血干细胞移植术后 CMV 感染的危险因素($P > 0.05$), 见表 6; 外周血 CD34 细胞数为行全相合造血干细胞移植术后 EBV 感染的危险因素($P > 0.05$), 见表 7。

Table 6. Multivariate analysis of CMV infection in the fully matched group

表 6. 全相合组中 CMV 感染的多因素分析

因素	回归系数	标准误差	Wald 值	P	OR	95% CI
移植后细菌感染	1.642	1.112	2.178	0.140	5.165	0.584~45.712
血小板植入时长	0.184	0.077	5.722	0.017	1.202	1.034~1.397

Table 7. Multivariate analysis of EBV infection in the fully matched group

表 7. 全相合组中 EBV 感染的多因素分析

因素	回归系数	标准误差	Wald 值	P	OR	95% CI
粒系植入时长	-0.121	0.188	0.416	0.519	0.886	0.612~1.281
血小板植入时长	0.064	0.143	0.200	0.654	1.066	0.806~1.411
外周血 CD34 细胞数	0.682	0.323	4.460	0.035	1.978	1.050~3.726

4. 讨论

异基因造血干细胞移植(allo-HCT)是目前被认为是许多恶性血液系统疾病以及难治性免疫性疾病最有效, 也是唯一一种可以完全治愈的治疗方案, 然而, 接受 HSCT 的患者具有较高病毒感染的风险, 特别是 CMV 及 EBV, 严重影响了患者的预后及生活质量[12]。CMV 是一种双链 DNA 病毒, 可潜伏在宿主细胞中较长时间, 当 allo-HSCT 术后, 患者免疫功能缺陷时, CMV 可能被重新激活导致多器官功能受损[13], 严重的甚至引发 CMV 血症及 GVHD, 严重影响患者预后。而 EBV 是一种双链 DNA 病毒, 是 γ -疱疹病毒中唯一能够感染人的病毒, 据报道, 全世界约 90%以上的成年人既往有 EBV 感染病史[14], 少数患者在接受 allo-HSCT 前存在无症状 EBV 血症。既往的研究已经表明, 在患者免疫功能失衡时, 病毒

感染严重影响了 HSCT 患者预后[15]-[18]。

作为目前主流的移植方案, 单相合和全相合方案各有优劣, 本研究通过随访收集过去 9 年内于我中心行 HSCT 患者, 分为单相合组以及全相合组, 回顾性的分析两组之间的 CMV 及 EBV 感染之间的差异以及 CMV、EBV 各自的影响因素, 结果表明: EBV 感染和 CMV 感染在两组间的差异均具有统计学意义($P < 0.05$), 进一步在组内分别分析两种病毒的危险因素, 结果提示, 在单相合组个统计指标中, CMV 感染组与无 CMV 感染组均无统计学差异, 而在 EBV 感染组中, 从诊断到移植时长越长, 发生移植后 EBV 感染的风险则越高。在全相合组中, 外周血 CD34 细胞数减少、粒系及血小板术后植入延长均可能会显著增加移植后病毒感染; 而粒系及血小板术后植入延长并不会增加 EBV 的感染风险, 不同的研究中心之间结论可能存在差异, 我们分析其数据是发现与 EBV 病毒的检测水平、护理、环境因素及药物治疗水平均有所差异, 统计结果存在部分局限性, 仍需要多中心、大样本量的分析来验证。

随着移植后患者规范及更加精准的管理体系以及移植后病毒感染治疗方案的持续更新发展, 使得移植后 CMV、EBV 感染患者预后得到了很大的改善。本研究主要关注于 CMV、EBV 在不同移植方式之间的差异, 为不同移植方案中更早进行病毒预防及抢先治疗提供更多的参考。

参考文献

- [1] Blazar, B.R., Hill, G.R. and Murphy, W.J. (2020) Dissecting the Biology of Allogeneic HSCT to Enhance the GvT Effect Whilst Minimizing GvHD. *Nature Reviews Clinical Oncology*, **17**, 475-492. <https://doi.org/10.1038/s41571-020-0356-4>
- [2] Mhandire, K., Saggu, K. and Buxbaum, N.P. (2021) Immunometabolic Therapeutic Targets of Graft-versus-Host Disease (GvHD). *Metabolites*, **11**, Article No. 736. <https://doi.org/10.3390/metabo11110736>
- [3] Demosthenous, C., Sakellari, I., Douka, V., Papayanni, P.G., Anagnostopoulos, A. and Gavrilaki, E. (2021) The Role of Myeloid-Derived Suppressor Cells (MDSCs) in Graft-versus-Host Disease (GvHD). *Journal of Clinical Medicine*, **10**, Article No. 2050. <https://doi.org/10.3390/jcm10102050>
- [4] Alexander, T. and Greco, R. (2022) Hematopoietic Stem Cell Transplantation and Cellular Therapies for Autoimmune Diseases: Overview and Future Considerations from the Autoimmune Diseases Working Party (ADWP) of the European Society for Blood and Marrow Transplantation (EBMT). *Bone Marrow Transplantation*, **57**, 1055-1062. <https://doi.org/10.1038/s41409-022-01702-w>
- [5] Law, N., Logan, C. and Taplitz, R. (2024) EBV Reactivation and Disease in Allogeneic Hematopoietic Stem Cell Transplant (HSCT) Recipients and Its Impact on HSCT Outcomes. *Viruses*, **16**, Article No. 1294. <https://doi.org/10.3390/v16081294>
- [6] Pociupany, M., Gillemot, S., Georgala, A., Snoeck, R. and Andrei, G. (2025) Dynamics of Dual CMV and EBV Co-Reactivation and Emergence of Resistance in an HSCT Recipient. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, **80**, 2474-2483. <https://doi.org/10.1093/jac/dkaf243>
- [7] Jang, J.E., Kim, S.J., Cheong, J., Hyun, S.Y., Kim, Y.D., Kim, Y.R., *et al.* (2014) Early CMV Replication and Subsequent Chronic GVHD Have a Significant Anti-Leukemic Effect after Allogeneic HSCT in Acute Myeloid Leukemia. *Annals of Hematology*, **94**, 275-282. <https://doi.org/10.1007/s00277-014-2190-1>
- [8] 龚珠, 金米聪. 异基因造血干细胞移植术后巨细胞病毒感染的危险因素分析[J]. 现代实用医学, 2024, 36(5): 603-605.
- [9] Fan, Z., Han, T., Zuo, W., Zhao, X., Chang, Y., Lv, M., *et al.* (2022) CMV Infection Combined with Acute GVHD Associated with Poor CD8+ T-Cell Immune Reconstitution and Poor Prognosis Post-HLA-Matched Allo-HSCT. *Clinical and Experimental Immunology*, **208**, 332-339. <https://doi.org/10.1093/cei/uxac047>
- [10] Gooptu, M. and Antin, J.H. (2021) GVHD Prophylaxis 2020. *Frontiers in Immunology*, **12**, Article ID: 605726. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.605726>
- [11] Eberhardt, K.A., Jung, V., Knops, E., Heger, E., Wirtz, M., Steger, G., *et al.* (2023) CMV-IgG Pre-Allogeneic Hematopoietic Stem Cell Transplantation and the Risk for CMV Reactivation and Mortality. *Bone Marrow Transplantation*, **58**, 639-646. <https://doi.org/10.1038/s41409-023-01944-2>
- [12] Giménez, E., Torres, I., Albert, E., Piñana, J., Hernández-Boluda, J., Solano, C., *et al.* (2019) Cytomegalovirus (CMV) Infection and Risk of Mortality in Allogeneic Hematopoietic Stem Cell Transplantation (Allo-HSCT): A Systematic Review, Meta-Analysis, and Meta-Regression Analysis. *American Journal of Transplantation*, **19**, 2479-2494.

-
- <https://doi.org/10.1111/ajt.15515>
- [13] Öksüz, L., Hindilerden, İ.Y., Erciyestepe, M., *et al.* (2022) The Association of CMV Infection with Bacterial and Fungal Infections in Hematopoietic Stem Cell Transplant Recipients: A Retrospective Single-Center Study. *The New Microbiologica*, **45**, 40-50.
 - [14] Wang, J., Su, M., Wei, N., Yan, H., Zhang, J., Gong, Y., *et al.* (2024) Chronic Active Epstein-Barr Virus Disease Originates from Infected Hematopoietic Stem Cells. *Blood*, **143**, 32-41. <https://doi.org/10.1182/blood.2023021074>
 - [15] Martinez-Cibrian, N., Zeiser, R. and Perez-Simon, J.A. (2021) Graft-versus-Host Disease Prophylaxis: Pathophysiology-Based Review on Current Approaches and Future Directions. *Blood Reviews*, **48**, Article ID: 100792. <https://doi.org/10.1016/j.blre.2020.100792>
 - [16] Lia, G., Di Vito, C., Cerrano, M., Brunello, L., Calcaterra, F., Tapparo, M., *et al.* (2020) Extracellular Vesicles after Allogeneic Hematopoietic Cell Transplantation: Emerging Role in Post-Transplant Complications. *Frontiers in Immunology*, **11**, Article No. 422. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.00422>
 - [17] Toubai, T. and Magenau, J. (2020) Immunopathology and Biology-Based Treatment of Steroid-Refractory Graft-versus-Host Disease. *Blood*, **136**, 429-440. <https://doi.org/10.1182/blood.2019000953>
 - [18] Karami, S., Roshandel, E., Ghaffari Nazari, H., Hajifathali, A., Tavakoli, F. and Parkhideh, S. (2021) In-Depth Summary over Cytomegalovirus Infection in Allogeneic Hematopoietic Stem Cell Transplantation Recipients. *VirusDisease*, **32**, 422-434. <https://doi.org/10.1007/s13337-021-00728-w>