

颅内生殖细胞瘤放疗的研究进展

张巍¹ 赵伟伟¹ 高丽¹ 南贤秀¹ 李险峰²

¹山西医科大学第一临床医学院, 太原 030001; ²山西医科大学第一医院放疗科, 太原 030001

通信作者: 李险峰, Email: lixianfeng-lxf@263.net

【摘要】 近几十年以来, 颅内生殖细胞瘤的放疗方案基本都是基于全脑全脊髓或全脑室放疗, 因此, 患者具有较高的生存率。近年来对于放疗的研究主要集中于在保证疗效的情况下, 尝试减少照射体积或强度, 以求进一步减少放疗所带来的并发症。笔者回顾性总结了部分国内外学者在颅内生殖细胞瘤放疗方案的选择上所做的积极的探索与研究, 以期今后的临床工作提供一些思路与参考。

【关键词】 脑肿瘤; 生殖细胞瘤; 放射疗法; 研究进展

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-201902025-00016](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-201902025-00016)

Progress in radiotherapy of intracranial germinoma

Zhang Wei¹, Zhao Weiwei¹, Gao Li¹, Nan Xianxiu¹, Li Xianfeng²

¹The First Clinical Medical College of Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China;

²Department of Radiation Oncology, the First Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China

Corresponding author: Li Xianfeng, Email: lixianfeng-lxf@263.net

【Abstract】 Over the past decades, radiotherapy for intracranial germinoma has been based on craniospinal irradiation or whole ventricle radiotherapy, with either approach resulting in a high survival rate. In recent years, the research on radiotherapy has mainly focused on reducing the volume or intensity of radiation to further reduce the complications. This paper reviews the active exploration and research on the choice of radiotherapy schemes conducted by domestic and foreign scholars in order to provide some ideas and references for future clinical works.

【Key words】 Brain neoplasms; Germinoma; Radiotherapy; Research progress

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-201902025-00016](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-201902025-00016)

颅内生殖细胞瘤是一种起源于生殖细胞的颅内肿瘤, 其发病率低, 具有种族差异性, 男性患者明显多于女性, 发病部位多见于松果体及鞍上区, 临床表现无特异性, 影像学与肿瘤标志物检查可以提供诊断帮助。目前治疗颅内生殖细胞瘤的手段包括手术治疗、化疗和放疗等, 其中放疗已经成为主要治疗手段, 并且其良好的治疗效果已经得到了多方证实。

1 概述

近几十年以来, 颅内生殖细胞瘤的放疗方案基

本都是基于全脑全脊髓放疗(craniospinal irradiation, CSI)或全脑室放疗, 剂量为 25~35 Gy, 瘤床加量后, 总剂量在 45~50 Gy 以上。前瞻性与回顾性研究结果均显示, 放疗的 5 年生存率还是令人满意的^[1-2], 也正是因为放疗后的患者具有较高的生存率, 近年来对于放疗的研究主要集中在如何在减少照射体积或强度以保证疗效的情况下, 进一步减少放疗所带来的并发症。研究主要包括以下几个方面: ①降低总放疗剂量, 但保持照射体积不变, 常用于 CSI 后给予瘤床加量; ②放疗剂量不变, 减少照射体积, 并用全身化疗代替大范围的放疗; ③在使用化

疗药物的前提下减少放疗的剂量与体积；④在不使用化疗的前提下减少放疗的剂量与体积；⑤运用调强放疗(intensity modulated radiation therapy, IMRT)技术将放疗剂量更多地集中于瘤床,以减少对正常脑组织的照射。

2 单纯放疗

单纯放疗对颅内生殖细胞瘤是有效的,有研究发现,即使采取不同的治疗方案,比如肿瘤局部放疗、全脑室加肿瘤局部放疗、全脑室及CSI加肿瘤局部放疗,其5年总生存率均可达97%^[1]。对于尝试行CSI减量放疗且未给予新辅助化疗的患者,有学者进行了相关研究,他们对81例生殖细胞瘤患者行单纯放疗,并进行了中位时间为120个月的随访,结果发现,行单纯放疗后的患者,其5年和10年无复发生存率分别为98.8%和94.1%;该研究还尝试对患者行减低剂量的CSI方案,即原发肿瘤部位放射剂量从59.0 Gy减低至39.3 Gy,脊髓受照剂量从34.2 Gy减低至19.5 Gy,减量后的方案在有效控制病情的情况下未见复发率升高,同时也降低了脊髓的照射剂量^[2]。Bamberg等^[3]也对减少剂量的CSI应用于生殖细胞瘤进行了前瞻性剂量对比临床研究,试验共分为2组,在MAKEI82/86试验中,给予剂量为36 Gy,随后给予瘤床加量14 Gy,在MAKEI89试验中,给予剂量为30 Gy,随后给予瘤床加量15 Gy,前者试验后随访结果显示,其5年总生存率、无事件生存率和无复发生存率分别为100%,90.9%±8.6%、100%,后者的则分别为92%±4.6%、87.0%±5.1%、88.8%±4.7%。该研究结果表明,经过不断尝试,可能会寻找到最佳的剂量方案。为了保证治疗效果,行单纯放疗时给予的照射剂量往往相对较高,但较高剂量的照射可能造成第二肿瘤的发生,而放疗联合化疗可减少照射剂量,进而降低第二肿瘤的发生率^[4]。

3 放疗联合其他治疗

2014年,加拿大阿尔伯塔卫生与健康政府在综合了Bromberg等^[5]的研究后给予的建议:对单纯生殖细胞瘤局部肿瘤患者行放疗的标准为全脑室及瘤床放疗剂量24 Gy、瘤床加量16 Gy、瘤床总剂量40 Gy;对颅内或脑脊液转移者行放疗的标准为CSI剂量24 Gy、瘤床与转移灶剂量16 Gy、肿

瘤与转移灶总剂量40 Gy。对单纯生殖细胞瘤患者可在放疗前先给予博来霉素、依托泊苷和卡铂等,同时减少放疗剂量与体积。

周珍贵等^[6]对125例不同年龄组的原发性颅内生殖细胞瘤患者的资料进行统计分析,结果发现,放疗联合化疗后的5年总生存率为74.4%,且年龄小于12岁的患者的生存率比12岁以上患者的生存率高5%左右。

3.1 CSI减量联合化疗

虽然颅内生殖细胞瘤对于放疗十分敏感,其总体治愈率可超过90%^[3],但这种治疗方式也会带来难以承受的长期不良反应,比如神经认知功能障碍和内分泌相关疾病等^[7],通过对CSI后不良反应的研究发现,放射性脑水肿的发生率在行CSI的患者中较高,手术治疗可降低放射性脑水肿的发生率,但仍需要联合应用渗透性脱水剂^[8]。此外,孕酮可以抑制局部炎症反应,调节相关受体的表达等^[9],从而减轻放疗带来的神经系统功能损伤。但减少放射剂量能更加直接地降低相关并发症及不良反应的发生率,从而促进了对于CSI减少剂量的研究,以减少其行晚期治疗时引起的神经和内分泌系统的不良反应,并且其对良好的预后不会造成影响。

Calaminus等^[10]对190例局限性生殖细胞瘤患者采用CSI及其联合化疗的两种治疗方案进行前瞻性对比研究,比较了给予24 Gy减少剂量的CSI后瘤床加量16 Gy与新辅助化疗(卡铂+依托泊苷2周期与依托泊苷+环磷酰胺2周期交替治疗)后给予40 Gy的CSI治疗,结果发现,两者5年的无事件生存期和总生存期没有差别,但是在无进展生存期方面存在差异,两种治疗方式均可取得良好的治疗效果,不同的是,放化疗联合的方案对控制脑室区域室管膜下肿瘤的生长情况仍欠佳,最常见的不良反应为骨髓毒性与呕吐。该研究结果表明,对于只存在局部病灶的生殖细胞瘤,减少剂量的CSI治疗是可以接受的。

Aoyama等^[11]的研究则纳入了30例生殖细胞瘤患者,给予单纯生殖细胞瘤患者依托泊苷与顺铂的化疗后,再给予24 Gy的CSI,在随后平均58个月的随访过程中发现,患者的疾病缓解率、总生存率和无复发生存率分别为100%、93%和69%。该方案同样适用于某些分泌人绒毛膜促性腺激素的生殖细胞肿瘤亚型,不过对于未成熟畸胎瘤部分切

除的患者可将放疗剂量增加至 40 Gy, 对于高度恶性的生殖细胞瘤患者的剂量可以累计增加至 50~54 Gy, 对于混合性的生殖细胞瘤患者则需根据恶性程度的亚型确定剂量与体积。

3.2 全脑室放疗加瘤床加量治疗

全脑室放疗加瘤床加量治疗是目前采用较多的放疗方案, 尤其是对未发生转移的局部生殖细胞瘤患者来说。Khatua 等^[12]选取 20 例经病理结果证实为生殖细胞瘤并且未发生转移的患者进行每隔 3 周一次的卡铂与依托泊苷的化疗, 完成 4 周期化疗后, 给予全脑室剂量为 21.6~25.5 Gy 的放疗, 瘤床同步或贯序加量至 30.0~30.6 Gy。随访 3 年的总生存率和无事件生存率分别为 100% 和 89.5%±7.1%。以上结果表明, 全脑室放疗加局部瘤床加量治疗对于治疗局限性颅内生殖细胞瘤的效果是可以接受的, 同时在治疗的过程中, 患者的神经认知功能未受到辐射影响, 保护了中枢神经系统的神经认知功能。

而近期另一项较大样本量的回顾性研究对 CSI 方案减量进行了尝试^[13], 对于原发性的病灶, 给予照射剂量的中位数为 45 Gy, 全脑室、全脑以及脊髓预防性的照射剂量的中位数为 25 Gy; 而采取联合化疗的患者, 原发灶的剂量中位数可以减至 36 Gy; 先行化疗后获得完全缓解的患者, 原发灶与预防性照射的剂量中位数为 20 Gy。以上入组患者的 10 年生存率均达到了 90% 以上, 这也再次印证了 CSI 减量方案应用于原发病灶, 尤其是对只进行单纯放疗患者的效果是十分令人满意的, 同时也更加推荐联合化疗的方案。

Baranzelli 等^[14]研究发现, 照射体积也是影响患者预后的一个重要因素, 当采用局限于瘤床范围的局部放疗(剂量为 40 Gy)合并化疗时, 会增加脑室周围与照射野外的肿瘤复发情况。故采用全脑室照射体积大小的照射野是避免复发的关键, 也是对单发的生殖细胞瘤照射所应采用的最小的照射野体积。Chen 等^[15]对 31 例患者采用全脑室 20~24 Gy 放疗加瘤床加量 30~36 Gy 的方案进行治疗后发现, 患者的 5 年无复发生存率和总生存率均达 100%, 取得了令人满意的效果。Yen 等^[16]将 38 例患者分为 2 组, 一组(26 例)给予全脑室 30 Gy 单独减量放疗, 另一组(12 例)给予全脑室 30 Gy 剂量后联合化疗, 结果显示两组生存率差异无统计

学意义。因此, 对于没有高危因素、脊髓转移以及人绒毛膜促性腺激素水平升高的患者可以行单纯放疗, 扩大照射野的治疗或化疗对于该类患者并不是必要的治疗手段。

4 复发后的生殖细胞瘤治疗

复发后的颅内生殖细胞瘤同初次发病的生殖细胞瘤一样, 对放疗与化疗具有同样的高度敏感性^[17], 低剂量的 CSI 补救性放疗对于复发后的疾病控制是持久并且有效的方式, 并且其急性与晚期不良反应在可以接受的范围内。化疗结合扩大放射野的 CSI 是一种可行的选择, 但剂量的调整仍需要进一步探究。颅内生殖细胞瘤复发患者经过高剂量的化疗, 短期内均可以得到完全缓解, 但随访发现, 化疗对于控制远期复发率的效果却不令人满意, 而复发后单纯使用放疗, 因剂量较高, 可能导致放射性的脑疾病^[18]。故行单纯放疗或单纯化疗治疗复发性的生殖细胞瘤的效果还需要进一步地探索。有学者对 5 例行单纯化疗复发后的患者给予补救放疗, 所有患者给予剂量为 39.6~47.0 Gy 的原发肿瘤灶与全脊髓常规放疗, 治疗结果显示, 所有肿瘤对于放疗的作用反应良好, 且在给予 24 Gy 剂量后均可在影像学检查时发现肿瘤消失, 随访结果发现, 其无瘤生存期为 5~10 年^[19], 这说明对于只行化疗的患者在肿瘤复发后再行放疗的效果同样值得肯定。

5 诊断性放疗

放疗不仅可用于生殖细胞瘤的治疗, 还可根据生殖细胞瘤对于射线的敏感性, 使用低剂量放射线来进行诊断, 尤其适用于某些手术难度高、无法取得病理诊断且肿瘤标志物检测阴性的患者。以往多采用的剂量为 10 Gy, 对于使用 3.4 Gy(1.7 Gy/2 次)的剂量来评估生殖细胞瘤患者是否达到完全缓解的尝试, 也取得了不错的效果, 尤其适用于某些无法取得组织病理以明确诊断或拒绝活检的患者, 同时也降低了手术带来的风险及并发症的发生率^[20]。

6 对放疗技术的进一步探索

虽然放疗对颅内生殖细胞瘤的治疗能取得良好的效果, 患者的生存率显著提高, 但放疗的并发症一直制约着治疗方案的选择与疗效的评估, 近年

来,国内外学者一直致力于改进放疗方法来减少危及器官受照剂量的问题。在评估使用全脑室放疗对于危及器官的保护情况时,IMRT在7野调强照射情况下是最合适的,其中对于垂体的平均照射剂量可以减少1 Gy左右^[21],而其他危及器官未取得统计学意义,可能是限于样本量的不足,不同治疗方案之间的剂量-体积差异无统计学意义。在缺乏前瞻性临床研究的情况下,在全脑室放疗中采用横向对穿野仍然是年龄较长患者较好的选择。通过对12例给予诱导化疗后放疗的局限性生殖细胞瘤患者进行追踪发现,与三维适形放疗相比,全脑室IMRT可提高靶向覆盖率,降低对颅内生殖细胞瘤诱导化疗患者正常脑的照射剂量,在不影响肿瘤控制的前提下减少颅骨照射后的不良反应^[22]。

7 小结及展望

颅内生殖细胞瘤作为一种少见的颅内肿瘤,其临床表现不典型,极易出现误诊,而诊断性放疗是一种相对无创、安全的方法。无论初发患者还是复发患者,应以放疗联合化疗为主,手术治疗主要以明确病变性质为目的,IMRT是颅内生殖细胞瘤治疗的首选。虽然颅内生殖细胞瘤的放疗效果很好,但全球各地的临床工作者在选择治疗方案时仍存在差异,在保证治疗效果的前提下降低放疗的剂量是可行的,但放疗剂量与保证远期治疗效果的评价还需要进行多中心、多样本量的研究。

利益冲突 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展,不涉及任何利益冲突。

作者贡献声明 张巍负责文献的检索和论文的撰写;赵伟伟、高丽、南贤秀负责文献的检索和论文的校对;李险峰负责论文的审阅和修改。

参 考 文 献

- [1] 连欣,张福泉,胡克,等. 74例颅内生殖细胞瘤放疗疗效分析[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2009, 18(3): 173-175. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2009.03.173.
Lian X, Zhang FQ, Hu K, et al. Radiotherapy for seventy-four patients with intracranial germinoma[J]. *Chin J Radiat Oncol*, 2009, 18(3): 173-175. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2009.03.173.
- [2] Cho J, Choi JU, Kim DS, et al. Low-dose craniospinal irradiation as a definitive treatment for intracranial germinoma[J]. *Radiother Oncol*, 2009, 91(1): 75-79. DOI: 10.1016/j.radonc.2008.10.012.
- [3] Bamberg M, Kortmann RD, Calaminus G, et al. Radiation Therapy for Intracranial Germinoma: Results of the German Cooperative Prospective Trials MAKEI 83/86/89[J]. *J Clin Oncol*, 1999, 17(8): 2585-2592. DOI: 10.1200/JCO.1999.17.8.2585.
- [4] Hwang K, Lee KS, Choe G, et al. Secondary glioblastoma after treatment of intracranial germinoma-would radiation-only therapy still be safe? Case report[J/OL]. *BMC Cancer*, 2018, 18(1): 1119[2019-02-15]. <https://bmccancer.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12885-018-5073-3>. DOI: 10.1186/s12885-018-5073-3.
- [5] Bromberg JEC, Baumert BG, Filip de Vos, et al. Primary intracranial germ-cell tumors in adults: a practical review[J]. *J Neurooncol*, 2013, 113(2):175-183. DOI: 10.1007/s11060-013-1114-6.
- [6] 周珍贵,严红玲,陈保国,等. 原发性颅内生殖细胞肿瘤125例临床诊治分析[J]. *临床外科杂志*, 2017, 25(9): 658-660. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6483.2017.09.006.
Zhou ZG, Yan HL, Chen BG, et al. 125 cases of diagnostic evaluation of primary intracranial germ cell tumors[J]. *J Clin Surg*, 2017, 25(9): 658-660. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6483.2017.09.006.
- [7] Greenfield BJ, Jaramillo S, Abboud M, et al. Outcomes for pediatric patients with central nervous system germ cell tumors treated with proton therapy[J]. *Clin Transl Radiat Oncol*, 2016, 1: 9-14. DOI: 10.1016/j.ctro.2016.08.002.
- [8] 孔瑜,黄颖,白永瑞,等. 全中枢放射治疗所致放射性脑水肿的影响因素[J]. *实用癌症杂志*, 2018, 33(11): 1850-1852. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5930.2018.11.032.
Kong Y, Huang Y, Bai YR, et al. The Risk Factors of Radiative Cerebraledeema after the Central System Radiotherapy[J]. *Pract J Cancer*, 2018, 33(11): 1850-1852. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5930.2018.11.032.
- [9] 李卓,张海三,李新娟,等. 孕酮对小鼠放射性脑损伤的神经保护作用及分子机制[J]. *安徽医科大学学报*, 2018, 53(2): 204-209. DOI: 10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2018.02.009.
Li Z, Zhang HS, Li XJ, et al. Protective effect of progesterone on brain injury induced by radiation in mice and its molecular mechanism[J]. *Acta Univ Med Anhui*, 2018, 53(2): 204-209. DOI: 10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2018.02.009.
- [10] Calaminus G, Kortmann R, Worch J, et al. SIOP CNS GCT 96: final report of outcome of a prospective, multinational nonrandomized trial for children and adults with intracranial germinoma, comparing craniospinal irradiation alone with chemotherapy followed by focal primary site irradiation for patients with localized disease[J]. *Neuro Oncol*, 2013, 15(6): 788-796. DOI: 10.1093/neuonc/not019.
- [11] Aoyama H, Shirato H, Ikeda J, et al. Induction Chemotherapy Followed By Low-Dose Involved-Field Radiotherapy for

- Intracranial Germ Cell Tumors[J]. *J Clin Oncol*, 2002, 20(3): 857–865. DOI: [10.1200/JCO.2002.20.3.857](https://doi.org/10.1200/JCO.2002.20.3.857).
- [12] Khatua S, Dhall G, O'Neil S, et al. Treatment of primary CNS germinomatous germ cell tumors with chemotherapy prior to reduced dose whole ventricular and local boost irradiation[J]. *Pediatr Blood Cancer*, 2010, 55(1): 42–46. DOI: [10.1002/pbc.22468](https://doi.org/10.1002/pbc.22468).
- [13] Lian X, Hou XR, Yan JF, et al. Treatment outcomes of intracranial germinoma: a retrospective analysis of 170 patients from a single institution[J]. *J Cancer Res Clin Oncol*, 2019, 145(3): 709–715. DOI: [10.1007/s00432-018-2743-0](https://doi.org/10.1007/s00432-018-2743-0).
- [14] Baranzelli MC, Patte C, Bouffet E, et al. Nonmetastatic intracranial germinoma: The experience of the French Society of Pediatric Oncology[J]. *Cancer*, 1997, 80(9): 1792–1797. DOI: [10.1002/\(sici\)1097-0142\(19971101\)80:9<1792::aid-cnrcr14>3.0.co;2-0](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0142(19971101)80:9<1792::aid-cnrcr14>3.0.co;2-0).
- [15] Chen YW, Huang PI, Ho DMT, et al. Change in treatment strategy for intracranial germinoma: Long-term follow-up experience at a single institute[J]. *Cancer*, 2011, 118(10): 2752–2762. DOI: [10.1002/cncr.26564](https://doi.org/10.1002/cncr.26564).
- [16] Yen SH, Chen YW, Huang PI, et al. Optimal Treatment for Intracranial Germinoma: Can We Lower Radiation Dose Without Chemotherapy?[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2010, 77(4): 980–987. DOI: [10.1016/j.ijrobp.2009.06.035](https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2009.06.035).
- [17] Hu YW, Huang PI, Wong TT, et al. Salvage Treatment for Recurrent Intracranial Germinoma After Reduced-Volume Radiotherapy: A Single-Institution Experience and Review of the Literature[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2012, 84(3): 639–647. DOI: [10.1016/j.ijrobp.2011.12.052](https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2011.12.052).
- [18] Zhou H, Liu Z, Liu J, et al. Fractionated Radiation-Induced Acute Encephalopathy in a Young Rat Model: Cognitive Dysfunction and Histologic Findings[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2011, 32(10): 1795–1800. DOI: [10.3174/ajnr.A2643](https://doi.org/10.3174/ajnr.A2643).
- [19] Shibamoto Y, Sasai K, Kokubo M, et al. Salvage Radiation Therapy for Intracranial Germinoma Recurring After Primary Chemotherapy[J]. *J Neurooncol*, 1999, 44(2): 181–185. DOI: [10.1023/a:1006367316168](https://doi.org/10.1023/a:1006367316168).
- [20] 黄立敏, 雷竹, 曹雪, 等. 低剂量诊断性放疗联合化疗在诊治颅内生殖细胞肿瘤中的价值[J]. *中国癌症杂志*, 2018, 28(4): 270–275. DOI: [10.19401/j.cnki.1007-3639.2018.04.005](https://doi.org/10.19401/j.cnki.1007-3639.2018.04.005).
Huang LM, Lei Z, Cao X, et al. Significance of diagnostic low-dose radiotherapy plus chemotherapy in the treatment of intracranial germ cell tumors without biopsy confirmation[J]. *China Oncol*, 2018, 28(4): 270–275. DOI: [10.19401/j.cnki.1007-3639.2018.04.005](https://doi.org/10.19401/j.cnki.1007-3639.2018.04.005).
- [21] Raggi E, Mosleh-Shirazi MA, Saran FH. An Evaluation of Conformal and Intensity-Modulated Radiotherapy in Whole Ventricular Radiotherapy for Localised Primary Intracranial Germinomas[J]. *Clin Oncol*, 2008, 20(3): 253–260. DOI: [10.1016/j.clon.2007.12.011](https://doi.org/10.1016/j.clon.2007.12.011).
- [22] Sakanaka K, Mizowaki T, Hiraoka M. Dosimetric Advantage of Intensity-Modulated Radiotherapy for Whole Ventricles in the Treatment of Localized Intracranial Germinoma[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2012, 82(2): e273–e280. DOI: [10.1016/j.ijrobp.2011.04.007](https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2011.04.007).

(收稿日期: 2019-02-16)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

常见基金项目的英文名称 (二)

国家教育部科学基金资助: Science Foundation of Ministry of Education of China

教育部科学技术研究重点(重大)项目资助: Key(Key grant) Project of Chinese Ministry of Education

国家教育部博士点基金资助项目: Ph.D. Programs Foundation of Ministry of Education of China

高等学校博士学科点专项科研基金: Research Fund for the Doctoral Program of Higher Education of China
(缩写 RFDP)

国家教育部博士点专项基金资助: Doctoral Fund of Ministry of Education of China

国家教育部回国人员科研启动基金资助: Scientific Research Foundation for Returned Scholars, Ministry of Education of China

国家教育部留学回国人员科研启动金: Scientific Research Foundation for the Returned Overseas Chinese Scholars, State Education Ministry(SRF for ROCS, SEM)

中国博士后科学基金: China Postdoctoral Science Foundation

本刊编辑部