

睾丸精原细胞瘤的诊疗进展

钟鹏伟¹, 廖 扬¹, 范诗秋^{2*}

¹吉首大学医学院, 湖南 吉首

²吉首大学第一附属医院泌尿外科, 湖南 吉首

收稿日期: 2025年12月27日; 录用日期: 2026年1月21日; 发布日期: 2026年1月30日

摘 要

睾丸精原细胞瘤(Testicular Seminoma)是睾丸生殖细胞肿瘤(Testicular Germ Cell Tumor, TGCT)最常见的组织学亚型, 约占所有TGCT的55%。该病好发于年轻男性, 但得益于其对放疗和化疗的高度敏感性, 总体预后极佳。近年来, 随着影像诊断技术、分子生物学研究、治疗理念的不断革新以及对患者长期生活质量关注的提升, 睾丸精原细胞瘤的诊疗模式正在经历深刻的演变。文章总结了睾丸精原细胞瘤当前在诊断影像学、分子标志物、外科手术、放射治疗、化学治疗、靶向与免疫治疗、生育力保护等方面的最新进展, 旨在为临床实践提供理论依据和指导, 促进睾丸精原细胞瘤的诊疗水平提升。

关键词

睾丸精原细胞瘤, 诊断, 治疗

Advances in the Diagnosis and Treatment of Testicular Seminoma

Pengwei Zhong¹, Yang Liao¹, Shiqiu Fan^{2*}

¹School of Medicine, Jishou University, Jishou Hunan

²Department of Urology, The First Affiliated Hospital of Jishou University, Jishou Hunan

Received: December 27, 2025; accepted: January 21, 2026; published: January 30, 2026

Abstract

Testicular Seminoma is the most common histological subtype of Testicular Germ Cell Tumor (TGCT), accounting for approximately 55% of all TGCT cases. The disease predominantly affects young males, and its overall prognosis is excellent due to high sensitivity to radiotherapy and chemotherapy. In recent years, with continuous innovations in imaging diagnostic techniques, molecular biology research, and treatment concepts, as well as increased attention to patients' long-term quality of life, the

*通讯作者。

文章引用: 钟鹏伟, 廖扬, 范诗秋. 睾丸精原细胞瘤的诊疗进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(2): 322-329.
DOI: 10.12677/acm.2026.162396

diagnosis and treatment model of testicular seminoma has undergone profound evolution. This review summarizes the latest advances in the diagnosis (imaging and molecular markers), surgical treatment, radiotherapy, chemotherapy, targeted therapy, immunotherapy, and fertility preservation for testicular seminoma. It aims to provide a theoretical basis and guidance for clinical practice, and promote the improvement of diagnosis and treatment levels for this disease.

Keywords

Testicular Seminoma, Diagnosis, Treatment

Copyright © 2026 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

睾丸癌是 15~45 岁青年男性常见的恶性肿瘤之一[1]，其中精原细胞瘤和非精原细胞瘤是其主要的组织学类型[2]。精原细胞瘤通常生长较为缓慢，转移风险相对较低，因此其治疗策略和预后与非精原细胞瘤存在显著差异[3]。传统的诊疗模式依赖于体格检查、血清肿瘤标志物(如 AFP、 β -hCG、LDH)和影像学检查，治疗以根治性睾丸切除术为基础，并根据分期选择术后辅助治疗或密切监测。然而，随着精准医疗时代的到来，诊疗策略正朝着更加个体化、低毒化和高效化的方向发展。减少治疗相关的长期毒副作用，已成为当前研究和临床实践的焦点。本文将详细阐述这些领域的最新进展。

2. 临床表现

睾丸精原细胞瘤在年轻男性中较为常见，其临床症状和体征多样。许多患者在早期可能没有明显的症状，但随着肿瘤的发展，多表现为睾丸肿块和阴囊疼痛[4]。根据研究，约有 72% 的患者以睾丸无痛性肿大或隐痛就诊[5]。此外，肿瘤的转移表现也是临床评估的重要内容。转移可发生在淋巴结、肺、肝等多个部位，患者可能会出现咳嗽、呼吸困难或肝区疼痛等症状。在一些罕见的病例中，睾丸精原细胞瘤也可能导致胃肠道出血[6]。相关文献中提到，一例男性患者因睾丸肿块接受了进一步检查，最终发现其肿瘤已转移至胃肠道，造成了胃肠道出血的表现[7]。此类病例在临床上并不多见，不过仍需引起临床医师的关注，毕竟这类转移相关的并发症往往会加速病情进展。在诊断过程中，医生需要详细评估患者的病史和临床表现，以便为制定治疗方案提供依据。此外，临床医生在观察患者的体征时，除了留意肿块、疼痛这类较为典型的表现外，也得警惕潜在的转移相关体征。特别是当患者出现体重下降、食欲减退这类全身性症状时，这类表现往往提示肿瘤可能已经进展或发生了转移[8]。

3. 辅助检查

准确的诊断与疾病分期，是制定合理治疗方案的核心前提。近年来，睾丸精原细胞瘤的诊断技术取得了显著进展，涵盖了基因组学、影像学和生物标志物等多个方面。这些技术的发展不仅提高了疾病的早期识别率，也为个性化治疗提供了基础。

3.1. 影像学诊断的智能化与精准化

超声(US)是诊断睾丸肿块的首选方法，典型精原细胞瘤表现为边界清晰、均匀低回声的肿块[9]。计算机断层扫描(CT)和磁共振成像(MRI)主要用于评估腹膜后淋巴结及远处转移情况[10][11]。CT 在识别与

睾丸精原细胞瘤相关的腹部肿块方面具有较高的敏感性和特异性[12]。MRI 则在软组织对比方面表现出色,能够更清晰地描绘肿瘤与周围组织的关系[13]。正电子发射断层扫描(PET-CT)在评估晚期精原细胞瘤化疗后残留肿块的活性方面具有重要价值,但在 I 期患者的常规分期中并不推荐[14]。近年来,人工智能(AI)和影像组学(Radiomics)的崛起为影像诊断带来了革命性变化。这些技术通过提取和分析医学图像中肉眼无法识别的高维特征,显著提升了诊断效能。目前已有不少研究在探索如何借助 AI 来鉴别精原细胞瘤与非精原细胞瘤。一项 2025 年发表于 *Insights into Imaging* 的国际多中心研究,直接验证了基于深度学习的超分辨率超声影像组学模型在区分睾丸肿瘤亚型方面的卓越表现,研究团队对比了传统自然分辨率图像与经深度学习重建的超分辨率图像,发现后者在提取微细纹理特征上有着明显优势,而这一优势也让它在术前区分精原细胞瘤和非精原细胞瘤时表现突出[15]。还有一项聚焦转移性非精原细胞瘤的研究显示,基于 CT 图像的放射组学模型在预测术后病理亚型时,展现出极高的潜力[16]。此外, MRI 与 AI 技术相结合,在区分睾丸生殖细胞肿瘤亚型上同样有着很高的临床实用价值[17]。尽管 AI 能够提取微细纹理特征,但其在临床转化过程中仍面临许多困难。比如不同中心的设备和扫描参数差异巨大,导致模型难以保持稳健的泛化能力[18]。还有就是部署 AI 系统需要昂贵的计算资源和持续维护费用,并且模型决策逻辑可能缺乏透明度,阻碍医生信任,并带来潜在的法律风险。

3.2. 血清肿瘤标志物的探索与应用

在睾丸精原细胞瘤的诊断与监测中,血清肿瘤标志物的临床应用至关重要。传统的血清肿瘤标志物包括甲胎蛋白(AFP)、 β -人绒毛膜促性腺激素(β -HCG)和乳酸脱氢酶(LDH),这些标志物在不同类型的睾丸肿瘤中具有不同的表达特征和临床意义。研究表明,AFP 水平升高多见于非精原细胞肿瘤, β -HCG 升高则在精原细胞肿瘤中更为常见,至于 LDH,往往会在肿瘤进展阶段出现升高[19]。然而,传统标志物的灵敏度和特异性存在局限性,尤其是在疾病初期诊断阶段,不少精原细胞瘤患者的 AFP 和 LDH 水平可能没有明显异常,这就给临床带来了误诊或漏诊的隐患[20]。因此,寻找更特异、更敏感的血清肿瘤分子标志物一直是研究的热点。

随着液体活检技术在肿瘤诊疗领域的不断发展,微小核糖核酸(miRNA)作为一类新型分子标志物,在睾丸精原细胞瘤的临床管理中展现出显著的研究价值与应用潜力,成为近年该领域的研究热点之一。以 miR-371a-3p 为代表的 miRNA 在精原细胞肿瘤中显著升高,其在检测睾丸肿瘤方面的灵敏度为 90.1%,特异性为 94.0%,其敏感性和特异性远超传统标志物,且其在治疗监测和病情随访中的应用前景广阔[20][21]。相较于传统标志物,miRNA 凭借其分子特性展现出更优的临床性能,不仅检测准确性更高,且在早期肿瘤筛查及隐匿性病灶识别中更具优势。但在实际应用中,液体活检技术仍然充满挑战。例如,早期患者血液中的 miRNA 极少,现有技术易产生“假阴性”[22]。其次,从采血到检测缺乏统一流程,导致结果波动大且难以解读。虽然理论上其能监测复发,但目前缺乏大规模随机对照试验证实其能替代传统方案,且液体活检技术的成本相对高昂,这些因素导致其在实际转化过程中受阻。未来的研究需要进一步验证 miRNA 作为肿瘤标志物的临床应用效果,并探索其标准化和普及化的路径,以期为睾丸肿瘤患者提供更好的诊断和治疗方案。除 miRNA 外, OCT4(也称为 POU5F1)、KIT、SOX17 等基因的表达也与精原细胞瘤的病理生理过程密切相关[23]-[25]。作为胚胎干细胞核心转录因子, OCT4 在精原细胞瘤中高度表达,不仅是诊断标志物,还可能参与化疗耐药过程,成为潜在的治疗靶点[23]。

3.3. 组织学诊断

在睾丸精原细胞瘤的诊断中,组织活检技术和病理诊断是关键步骤。临床实践中,通过超声引导等精准定位手段实施组织活检操作,能够为病理学家提供高质量的肿瘤组织样本,在此基础上开展的显微

镜下组织学分析,可清晰呈现肿瘤细胞的形态特征、排列方式及浸润范围,进而精准确定肿瘤的具体类型与恶性分级[26]。世界卫生组织(WHO)发布的分类系统为病理学家提供了明确的诊断标准,强调了不同类型睾丸肿瘤的组织学特征,如精原细胞瘤和非精原细胞瘤的细胞特征和生物行为差异[27]。组织活检与病理诊断形成的“金标准”结论,为分子标志物检测等辅助诊断手段提供了重要参照,二者协同构建起精准的诊断体系。

4. 治疗

睾丸精原细胞瘤的首选手术方式为根治性睾丸切除术,这种方法被广泛认为是治疗睾丸肿瘤的“金标准”[28]。睾丸肿瘤的手术切除成功率高,且在术后患者的生存率显著提高,尤其是在肿瘤未发生淋巴或血管侵犯的情况下[29]。不过,随着医学模式向“生物-心理-社会”转变,患者对生育功能、激素稳态及生活质量的需求日益凸显,传统根治性手术可能导致的性腺功能丧失问题逐渐受到关注,这也推动了保留睾丸手术的研究与探索。近年来,针对保留睾丸手术的临床研究逐步增多,其应用场景也得到明确界定,主要聚焦于肿瘤局限于单侧睾丸、病灶体积较小(通常直径 ≤ 2 cm)、病理证实为低危精原细胞瘤或良性病变,以及早期发现的年轻患者。现有研究数据表明,在严格筛选适应证的前提下,保留睾丸手术不仅能通过精准切除病灶实现肿瘤的有效控制,更能最大限度保留患者的生育能力和正常睾丸的激素分泌功能,从根本上避免了对健康睾丸组织的不必要切除,显著提升了患者术后的生活质量[30]。

在肿瘤转移至腹膜后淋巴结的情况下,早期进行腹膜后淋巴结清扫术可能会显著改善其生存预后[31]。腹腔镜腹膜后淋巴结清扫术相比传统的开放手术在降低并发症和缩短恢复时间方面显示出优势[29]。

睾丸精原细胞瘤的治疗目标是在保证高治愈率的同时,最大限度地减少长期毒副作用。近年来的治疗进展主要体现在治疗模式的转变和治疗强度的“降级”。

4.1. I 期精原细胞瘤的治疗

对于经根治性睾丸切除术后的临床 I 期精原细胞瘤,传统的术后辅助治疗包括腹膜后放疗(20Gy/10次,2周)或单周期卡铂化疗,这些方法能将复发率从15%~20%降至3%~5%[32],但伴随着远期毒性风险,如第二肿瘤和心血管疾病[33]。近年来,随着对疾病自然史认识的加深和多项大型研究证据的积累,主动监测已成为大多数 I 期精原细胞瘤患者的首选管理策略。Ruf 等指出,虽然辅助治疗降低了复发率,但总生存率在各组间没有显著差异[34]。Quaresma 等也得出了相似结论,支持将主动监测作为标准选项[35]。目前,欧洲肿瘤内科学会(ESMO)指南和美国国家综合癌症网络(NCCN)指南,均推荐将主动监测作为 I 期精原细胞瘤的标准管理方案。对于存在多个复发危险因素的患者,在全面告知监测的优点和缺点后,应考虑患者自主选择睾丸切除术后的治疗而不是直接给予卡铂治疗。仅对那些无法或不愿接受长期随访的患者,才考虑给予单剂卡铂辅助化疗。辅助放疗由于其长期毒性,已基本被弃用[33]。这一转变是“降级治疗”理念的完美体现,避免了对约80%本不会复发的患者进行过度治疗。

4.2. II 期精原细胞瘤的治疗

对于肿瘤局限于腹膜后淋巴结的 IIA/B 期精原细胞瘤,标准治疗方案为放疗(IIA 期和 IIB 期的放射剂量分别是 30 Gy 和 36 Gy)或以顺铂为基础的化疗(通常是 3 周期 BEP [博来霉素 + 依托泊苷 + 顺铂] 方案或 4 周期 EP [依托泊苷 + 顺铂] 方案)。2022 版中国泌尿外科和男科疾病诊断治疗指南提到,IIA/B 期精原细胞瘤曾经的标准治疗是放射治疗,现在 II 期的精原细胞瘤更推荐化疗。一项 2015 年的系统回顾和荟萃分析比较了 IIA/IIB 期患者接受放疗或化疗的结局,显示两者疗效相当[36],具体治疗方案的选择主要取决于患者的具体情况、潜在毒性及患者意愿。为减少放疗的晚期毒性,近年来的研究致力于优化

放疗技术、缩小照射野和降低剂量。现代放疗技术如调强放疗(IMRT)能够更精准地靶向淋巴结,减少对周围正常组织(如肾脏、肠道)的照射[37]。照射野也从传统的“狗腿”野或腹主动脉旁野进一步缩小,剂量也在不断探索下调的可能性。铂类化疗和放疗的幸存者面临心血管疾病、肾功能损害、周围神经病变和第二原发肿瘤等风险增加的问题。因此,治疗选择需要进行充分的医患沟通。对于临床 IIA/B 期的精原细胞瘤,初次治疗通常不采用腹膜后淋巴结清扫术(RPLND)。然而,一篇 2024 年发表的系统回顾与荟萃分析探讨了 RPLND 在这一群体中的作用,认为对于特定患者,其可能成为一种可行的治疗选择[38]。

4.3. 晚期与复发性精原细胞瘤

对于 IIC 期及 III 期的晚期精原细胞瘤患者,以顺铂为基础的联合化疗是标准治疗方案。根据国际生殖细胞癌协作组(IGGCCC)的预后分层,大多数精原细胞瘤属于“良好预后”,标准方案为 3 周期 BEP 或 4 周期 EP。预后中等的精原细胞瘤,4 周期 BEP 或 VIP 方案(依托泊苷 + 顺铂 + 异环磷酰胺)可作为推荐方案[39]。化疗后残余的精原细胞瘤是否需要切除主要取决于影像学表现和肿瘤标志物水平,对于肿瘤标志物处于高水平或持续升高、病灶直径 > 3cm 的患者,需要考虑挽救性化疗,必要时可选择手术切除或放疗[40][41]。对于化疗难治或复发的患者,治疗选择更具挑战性。常规的二线方案包括以异环磷酰胺、紫杉醇或吉西他滨为基础的联合化疗。大剂量化疗联合自体干细胞移植(HDCT-ASCT)是部分复发患者的重要选择,可以提高其长期生存机会[42]。尽管精原细胞瘤对化疗高度敏感,但对耐药机制及新靶点的探索从未停止。如前所述, OCT4、KIT 等分子是潜在的治疗靶点,不过目前尚无靶向药物被批准用于精原细胞瘤的常规治疗。免疫检查点抑制剂(ICIs)在多种实体瘤中取得了成功,其在 TGCT 中的研究也正在进行。一项研究利用单细胞测序技术分析了精原细胞瘤的肿瘤微环境,发现其中存在免疫细胞浸润,为免疫治疗提供了理论依据[43]。但现有临床试验显示, ICIs 单药对铂类敏感的 TGCT 患者疗效有限[44]。未来,探索 ICIs 与化疗或其他靶向药物的联合应用,或筛选能从免疫治疗中获益的特定患者人群,将是重要的研究方向。

4.4. 生育力保护

随着睾丸精原细胞瘤诊疗技术的不断进步,患者的总体治愈率显著提升,临床关注的重点也逐渐从“提高生存率”向“改善长期生活质量”延伸,其中生育功能保护问题愈发凸显。睾丸精原细胞瘤患者在确诊时,多数处于 20~40 岁的生育高峰年龄段,而疾病本身、根治性睾丸切除术、辅助化疗及放疗等诊疗手段,均可能对生殖细胞造成损伤,进而对生育功能产生负面影响[45]-[48]。基于上述特点,在启动任何针对性治疗方案前,与患者充分沟通生育相关问题,并提供个体化的生育力保护选项,已成为临床诊疗流程中不可或缺的关键环节。对于青春期前的男孩或无精症患者,睾丸组织冷冻保存是目前临床研究的重点方向,尽管该技术仍处于探索完善阶段,但为这类患者保留了未来生育的可能性[49]。对于青春期后有生育意愿的患者,精子冷冻保存是目前最成熟、最有效的生育力保护方法。针对睾丸生殖细胞肿瘤患者的研究表明,化疗或放疗会显著降低精子浓度和活力。因此,临床常规建议此类患者在辅助治疗开始前完成精子冷冻保存,以避免不可逆的损伤[50][51]。

5. 结论与展望

综上所述,睾丸精原细胞瘤的诊疗已迈入以“精准诊断为前提、个体化治疗为核心、全程健康保障为目标”的新纪元。诊断方面, AI 和影像组学正从研究走向临床,有望实现更早、更准确的无创诊断。分子生物学领域,以 miRNA 为代表的新型生物标志物预示着“液体活检”时代的到来,可能彻底改变疾病监测模式。治疗方面,“降级治疗”和减少长期毒性已成为核心理念。主动监测成为 I 期精原细胞瘤的

标准管理模式, 是对过度治疗的重大修正。对于晚期疾病, 虽然化疗仍是基石, 但对耐药机制的深入理解为开发靶向治疗和免疫治疗等新策略奠定了基础。同时, 对生育力保护和幸存者长期健康的关注, 体现了以患者为中心的全程管理理念。随着这些方向的突破, 有望实现“精准预警-个体化治疗-全程健康保障”的闭环管理, 让患者在治愈疾病的同时, 真正拥有高质量的长期健康生活。

参考文献

- [1] 宋涛, 王志平. 腹腔镜下腹膜后睾丸癌淋巴结清扫术的临床评价[J]. 现代泌尿外科杂志, 2009, 14(6): 480-482.
- [2] 江志成, 简文刚, 于政一, 等. m6A RNA 甲基化修饰在泌尿系统肿瘤中的研究进展[J]. 医学综述, 2021, 27(9): 1728-1734.
- [3] 黄卓雅, 陈思, 蓝创歆, 等. 睾丸肿瘤 61 例临床与病理特征分析[J]. 海南医学, 2020, 31(17): 2191-2194.
- [4] 赛丽曼·阿布都外力. 24 例睾丸精原细胞瘤的临床病理分析[J]. 世界最新医学信息文摘, 2018, 18(89): 63.
- [5] 周东晓, 于学文, 段友良, 等. 睾丸、纵隔及腹腔精原细胞瘤的临床特点及 CT 征象分析[J]. 医学影像学杂志, 2025, 35(5): 95-99, 104.
- [6] 李建彬, 马志芳. 胃血源性转移瘤[J]. 国外医学(肿瘤学分册), 1990(6): 370-371.
- [7] Silva, M.A., Leal, C., Ruge, A., Fernandes, A., Cunha, M.F. and Vasconcelos, H. (2022) Testicular Seminoma Presenting as Gastrointestinal Bleeding: A Rare Cause of Metastatic Disease in the Stomach. *GE-Portuguese Journal of Gastroenterology*, **30**, 311-315. <https://doi.org/10.1159/000526427>
- [8] Muhanna, A., Nimri, F., Almomani, Z.A., Al Momani, L., Likhitsup, A. and Hamid, F. (2021) Small Bowel Metastasis as a Presentation of Testicular Seminoma. *Cureus*, **13**, e17962. <https://doi.org/10.7759/cureus.17962>
- [9] Thomas, K.L., Jeong, D., Montilla-Soler, J. and Feuerlein, S. (2020) The Role of Diagnostic Imaging in the Primary Testicular Cancer: Initial Staging, Response Assessment and Surveillance. *Translational Andrology and Urology*, **9**, S3-S13. <https://doi.org/10.21037/tau.2019.07.01>
- [10] 冯宇宁, 夏军, 邱喜雄, 等. 睾丸精原细胞瘤的 CT 和 MRI 表现[J]. CT 理论与应用研究(中英文), 2014(3): 507-514.
- [11] De Visschere, P., Bertolotto, M., Belfield, J., Campo, I., Corcioni, B., Derchi, L., *et al.* (2025) Abdominopelvic Imaging in the Follow-Up of Testicular Germ-Cell Tumors in Adults: Recommendations of the Scrotal and Penile Imaging Working Group of the European Society of Urogenital Radiology. *European Radiology*, **35**, 4057-4067. <https://doi.org/10.1007/s00330-025-11380-z>
- [12] Larsen, S.K.A., Løgager, V., Bylov, C., Nellesmann, H., Agerbæk, M., Als, A.B., *et al.* (2022) Can Whole-Body MRI Replace CT in Management of Metastatic Testicular Cancer? A Prospective, Non-Inferiority Study. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology*, **149**, 1221-1230. <https://doi.org/10.1007/s00432-022-03996-1>
- [13] Liu, R., Lei, Z., Li, A., Jiang, Y. and Ji, J. (2019) Differentiation of Testicular Seminoma and Nonseminomatous Germ Cell Tumor on Magnetic Resonance Imaging. *Medicine*, **98**, e17937. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000017937>
- [14] Conduit, C., Koh, T.T., Hofman, M.S., Toner, G.C., Goad, J., Lawrentschuk, N., *et al.* (2022) Two Decades of FDG-PET/CT in Seminoma: Exploring Its Role in Diagnosis, Surveillance and Follow-Up. *Cancer Imaging*, **22**, Article No. 58. <https://doi.org/10.1186/s40644-022-00496-w>
- [15] Zhang, Y., Lu, S., Peng, C., Zhou, S., Campo, I., Bertolotto, M., *et al.* (2025) Deep Learning-Based Super-Resolution US Radiomics to Differentiate Testicular Seminoma and Non-Seminoma: An International Multicenter Study. *Insights into Imaging*, **16**, Article No. 165. <https://doi.org/10.1186/s13244-025-02045-y>
- [16] Scavuzzo, A., Pasini, G., Crescio, E., Jimenez-Rios, M.A., Figueroa-Rodriguez, P., Comelli, A., *et al.* (2023) Radiomics Analyses to Predict Histopathology in Patients with Metastatic Testicular Germ Cell Tumors before Post-Chemotherapy Retroperitoneal Lymph Node Dissection. *Journal of Imaging*, **9**, Article No. 213. <https://doi.org/10.3390/jimaging9100213>
- [17] Zhang, P., Feng, Z., Cai, W., You, H., Fan, C., Lv, W., *et al.* (2019) T2-Weighted Image-Based Radiomics Signature for Discriminating between Seminomas and Nonseminoma. *Frontiers in Oncology*, **9**, Article No. 1330. <https://doi.org/10.3389/fonc.2019.01330>
- [18] Chuluunbaatar, Y., Bansal, S., Brodie, A., Sharma, A. and Vasdev, N. (2023) The Current Use of Artificial Intelligence in Testicular Cancer: A Systematic Review. *Artificial Intelligence Surgery*, **3**, 195-206. <https://doi.org/10.20517/ais.2023.26>
- [19] Dieckmann, K., Simonsen-Richter, H., Kulejewski, M., Anheuser, P., Zecha, H., Isbarn, H., *et al.* (2019) Serum Tumour Markers in Testicular Germ Cell Tumours: Frequencies of Elevated Levels and Extents of Marker Elevation Are Significantly

- Associated with Clinical Parameters and with Response to Treatment. *BioMed Research International*, **2019**, Article ID: 5030349. <https://doi.org/10.1155/2019/5030349>
- [20] Dieckmann, K., Radtke, A., Geczi, L., Matthies, C., Anheuser, P., Eckardt, U., *et al.* (2019) Serum Levels of MicroRNA-371a-3p (M371 Test) as a New Biomarker of Testicular Germ Cell Tumors: Results of a Prospective Multicentric Study. *Journal of Clinical Oncology*, **37**, 1412-1423. <https://doi.org/10.1200/jco.18.01480>
- [21] Dieckmann, K., Spiekermann, M., Ruf, C.G., Oechsle, K. and Belge, G. (2015) Is Measuring Serum Levels of microRNA miR-371a-3p Superior to the Classical Biomarkers of Testicular Germ Cell Tumors? *Journal of Clinical Oncology*, **33**, 376-376. https://doi.org/10.1200/jco.2015.33.7_suppl.376
- [22] Nappi, L., Thi, M., Lum, A., Huntsman, D., Eigl, B.J., Martin, C., *et al.* (2019) Developing a Highly Specific Biomarker for Germ Cell Malignancies: Plasma Mir371 Expression across the Germ Cell Malignancy Spectrum. *Journal of Clinical Oncology*, **37**, 3090-3098. <https://doi.org/10.1200/jco.18.02057>
- [23] Le, Q., Lin, J., Xie, X., Yu, X., Cai, Y., Shentu, Y., *et al.* (2018) Role of OCT4 in Cisplatin Treatment of Testicular Embryonal Carcinoma. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, **17**, 1353-1360. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v17i7.18>
- [24] Hersmus, R., Stoop, H., van de Geijn, G.J., Eini, R., Biermann, K., Oosterhuis, J.W., *et al.* (2012) Prevalence of C-Kit Mutations in Gonadoblastoma and Dysgerminomas of Patients with Disorders of Sex Development (DSD) and Ovarian Dysgerminomas. *PLOS ONE*, **7**, e43952. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043952>
- [25] Jostes, S.V., Fellermeier, M., Arévalo, L., Merges, G.E., Kristiansen, G., Nettersheim, D., *et al.* (2019) Unique and Redundant Roles of SOX2 and SOX17 in Regulating the Germ Cell Tumor Fate. *International Journal of Cancer*, **146**, 1592-1605. <https://doi.org/10.1002/ijc.32714>
- [26] Andrada, L., Preda, O., Alina, N., *et al.* (2012) Seminoma's Architectural Variants, Immunophenotype and Differential Diagnostic.
- [27] Moch, H., Cubilla, A.L., Humphrey, P.A., Reuter, V.E. and Ulbright, T.M. (2016) The 2016 WHO Classification of Tumours of the Urinary System and Male Genital Organs—Part A: Renal, Penile, and Testicular Tumours. *European Urology*, **70**, 93-105. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2016.02.029>
- [28] Koschel, S.G. and Wong, L. (2020) Radical Inguinal Orchiectomy: The Gold Standard for Initial Management of Testicular Cancer. *Translational Andrology and Urology*, **9**, 3094-3102. <https://doi.org/10.21037/tau.2019.12.20>
- [29] Vaz, R.M., Bordenali, G. and Bibancos, M. (2019) Testicular Cancer—Surgical Treatment. *Frontiers in Endocrinology*, **10**, Article No. 308. <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00308>
- [30] Ory, J., Blankstein, U., Gonzalez, D.C., Sathe, A.A., White, J.T., Delgado, C., *et al.* (2021) Outcomes of Organ-Sparing Surgery for Adult Testicular Tumors: A Systematic Review of the Literature. *BJUI Compass*, **2**, 306-321. <https://doi.org/10.1002/bco2.77>
- [31] Daneshmand, S., Cary, C., Masterson, T., Einhorn, L., Adra, N., Boorjian, S.A., *et al.* (2023) Surgery in Early Metastatic Seminoma: A Phase II Trial of Retroperitoneal Lymph Node Dissection for Testicular Seminoma with Limited Retroperitoneal Lymphadenopathy. *Journal of Clinical Oncology*, **41**, 3009-3018. <https://doi.org/10.1200/jco.22.00624>
- [32] Oliver, R.T.D., Mead, G.M., Rustin, G.J.S., Joffe, J.K., Aass, N., Coleman, R., *et al.* (2011) Randomized Trial of Carboplatin versus Radiotherapy for Stage I Seminoma: Mature Results on Relapse and Contralateral Testis Cancer Rates in MRC TE19/EORTC 30982 Study (ISRCTN27163214). *Journal of Clinical Oncology*, **29**, 957-962. <https://doi.org/10.1200/jco.2009.26.4655>
- [33] Bumbasirevic, U., Zivkovic, M., Petrovic, M., Coric, V., Lisicic, N. and Bojanic, N. (2022) Treatment Options in Stage I Seminoma. *Oncology Research*, **30**, 117-128. <https://doi.org/10.32604/or.2022.027511>
- [34] Ruf, C.G., Schmidt, S., Kliesch, S., Oing, C., Pfister, D., Busch, J., *et al.* (2022) Testicular Germ Cell Tumours' Clinical Stage I: Comparison of Surveillance with Adjuvant Treatment Strategies Regarding Recurrence Rates and Overall Survival—A Systematic Review. *World Journal of Urology*, **40**, 2889-2900. <https://doi.org/10.1007/s00345-022-04145-6>
- [35] Quaresma, V., Henriques, D., Marconi, L., Lorigo, J., Ferreira, A., Jarimba, R., *et al.* (2023) Surveillance as a Safe and Effective Option for Treatment of Stage I Seminoma. *Archivio Italiano di Urologia e Andrologia*, **95**, Article No. 11513. <https://doi.org/10.4081/aiua.2023.11513>
- [36] Giannatempo, P., Greco, T., Mariani, L., Nicolai, N., Tana, S., Farè, E., *et al.* (2015) Radiotherapy or Chemotherapy for Clinical Stage IIA and IIB Seminoma: A Systematic Review and Meta-Analysis of Patient Outcomes. *Annals of Oncology*, **26**, 657-668. <https://doi.org/10.1093/annonc/mdu447>
- [37] Rønne, H.S., Kronborg, C., Høyer, M., Hansen, J., Bak, M.E., Agergaard, S.N., *et al.* (2023) Dose Comparison of Robustly Optimized Intensity Modulated Proton Therapy (IMPT) vs IMRT and VMAT Photon Plans for Testicular Seminoma. *Acta Oncologica*, **62**, 1222-1229. <https://doi.org/10.1080/0284186x.2023.2254925>
- [38] Melão, B.V.L.A., de Amorim, L.G.C.R., Sanches, M.R., Gomes, G.V., Gewehr, D.M., de Oliveira Moreira, L.H., *et al.* (2024) Primary Retroperitoneal Lymph Node Dissection for Clinical Stage II A/B Seminomas: A Systematic Review

- and Meta-Analysis. *International Brazilian Journal of Urology*, **50**, 415-432. <https://doi.org/10.1590/s1677-5538.ibju.2024.0134>
- [39] Travis, L.B., Feldman, D.R., Fung, C., Poynter, J.N., Lockley, M. and Frazier, A.L. (2024) Adolescent and Young Adult Germ Cell Tumors: Epidemiology, Genomics, Treatment, and Survivorship. *Journal of Clinical Oncology*, **42**, 696-706. <https://doi.org/10.1200/jco.23.01099>
- [40] 张忠云, 孙忠全. 睾丸生殖细胞肿瘤诊治中需注意的问题[J]. 中国男科学杂志, 2019, 33(5): 3-5.
- [41] Gilligan, T., Lin, D.W., Aggarwal, R., Chism, D., Cost, N., Derweesh, I.H., *et al.* (2019) Testicular Cancer, Version 2.2020, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. *Journal of the National Comprehensive Cancer Network*, **17**, 1529-1554. <https://doi.org/10.6004/jnccn.2019.0058>
- [42] Adra, N., Abonour, R., Althouse, S.K., Albany, C., Hanna, N.H. and Einhorn, L.H. (2017) High-Dose Chemotherapy and Autologous Peripheral-Blood Stem-Cell Transplantation for Relapsed Metastatic Germ Cell Tumors: The Indiana University Experience. *Journal of Clinical Oncology*, **35**, 1096-1102. <https://doi.org/10.1200/jco.2016.69.5395>
- [43] Bian, Z., Chen, B., Guo, J., Zhang, J., Du, G., He, S., *et al.* (2025) Single-Cell Analysis Unravels Divergent Gene Signatures Shaping Seminoma Stemness and Metastasis. *Cell Death Discovery*, **11**, Article No. 514. <https://doi.org/10.1038/s41420-025-02802-4>
- [44] Kalavska, K., Schmidtova, S., Chovanec, M. and Mego, M. (2020) Immunotherapy in Testicular Germ Cell Tumors. *Frontiers in Oncology*, **10**, Article ID: 573977. <https://doi.org/10.3389/fonc.2020.573977>
- [45] Albers, P. (2000) Hodentumor und Fertilität. *Reproduktionsmedizin*, **16**, 55-61. <https://doi.org/10.1007/s004440050008>
- [46] Ghezzi, M., Berretta, M., Bottacin, A., Palego, P., Sartini, B., Cosci, I., *et al.* (2016) Impact of Bep or Carboplatin Chemotherapy on Testicular Function and Sperm Nucleus of Subjects with Testicular Germ Cell Tumor. *Frontiers in Pharmacology*, **7**, Article No. 122. <https://doi.org/10.3389/fphar.2016.00122>
- [47] Huddart, R.A., Norman, A., Moynihan, C., Horwich, A., Parker, C., Nicholls, E., *et al.* (2005) Fertility, Gonadal and Sexual Function in Survivors of Testicular Cancer. *British Journal of Cancer*, **93**, 200-207. <https://doi.org/10.1038/sj.bjc.6602677>
- [48] Xavier, R., de Carvalho, R.C. and Fraietta, R. (2021) Semen Quality from Patients Affected by Seminomatous and Non-Seminomatous Testicular Tumor. *International Brazilian Journal of Urology*, **47**, 495-502. <https://doi.org/10.1590/s1677-5538.ibju.2021.99.01>
- [49] Moussaoui, D., Surbone, A., Adam, C., Diesch-Furlanetto, T., Girardin, C., Bénard, J., *et al.* (2022) Testicular Tissue Cryopreservation for Fertility Preservation in Prepubertal and Adolescent Boys: A 6 Year Experience from a Swiss Multi-Center Network. *Frontiers in Pediatrics*, **10**, Article ID: 909000. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.909000>
- [50] Walsh, T., Hotaling, J., Patel, D., Vendryes, C., Lopushnyan, N., Presson, A., *et al.* (2016) Predictors of Sperm Recovery after Cryopreservation in Testicular Cancer. *Asian Journal of Andrology*, **18**, Article No. 35. <https://doi.org/10.4103/1008-682x.155535>
- [51] Dinkelmann-Smit, M., Boellaard, W.P.A., Timmer, E.R., van Casteren, N.J. and Dohle, G.R. (2016) Radicaal anders: Waarom semencryopreservatie bij mannen met een testistumor moet worden aangeboden vóór de radicale orchiëctomie. *Tijdschrift voor Urologie*, **6**, 97-103. <https://doi.org/10.1007/s13629-016-0132-5>