

RNA 结合基序蛋白通过调控基因表达影响肿瘤进展



陈昱昊^{1,2}, 张宏萍¹, 钟翠萍^{1,*}

¹中国人民解放军联勤保障部队第九四〇医院耳鼻咽喉头颈外科, 甘肃兰州 730000

²西北民族大学医学部, 甘肃兰州 730000

摘要: RNA 结合基序 (RNA binding motif, RBM) 蛋白是一种 RNA 结合蛋白 (RNA binding proteins, RBP), 其与细胞中的大量功能都密切相关, 在细胞信号转导、基因表达和机体代谢等多个层面参与各种生理病理过程, 由于其在生物体内表达广泛且稳定而被研究人员广泛关注。近年来, 许多研究者发现 RBM 家族参与 pre-mRNA 的剪接, 并且在维持剪接体催化核心构象方面起着重要作用, 同时在催化核心与剪接体其他必需蛋白组分之间起着桥梁作用。正是由于其广泛的基因表达调控范围, RBM 蛋白家族与自身免疫病、炎症以及多种癌症相关, 许多研究表明其可能成为各类疾病的治疗靶点。本文就 RBM 蛋白家族的作用及机制 (尤其在肿瘤当中) 作一综述, 为相关疾病的治疗和预后提供参考。

关键词: RBM 蛋白; 肿瘤; 研究机制

DOI: [10.57237/j.mrf.2025.01.001](https://doi.org/10.57237/j.mrf.2025.01.001)

RNA-binding Motif Proteins Influence Tumour Progression by Regulating Gene Expression

Yuhao Chen^{1,2}, Zhang Hongping¹, Zhong Cuiping^{1,*}

¹Department of Otorhinolaryngology, Head and Neck Surgery, No. 940 Hospital of the Joint Logistics and Security Force of the Chinese People's Liberation Army, Lanzhou 730000, China

²Department of Medical, Northwest Minzu University, Lanzhou 730000, China

Abstract: RNA binding motif (RBM) proteins are a class of RNA binding proteins, It's involved in a lot of functions in cells, they are involved in various physiological and pathological processes at multiple levels such as cell signal transduction, gene expression and body metabolism. They have been widely concerned by researchers due to their wide and stable expression in organisms. In recent years, many researchers have found that the RBM family is involved in the splicing of pre-mRNA, and plays an important role in maintaining the conformation of the catalytic core of the spliceosome, and also acts as a bridge between the catalytic core and other essential protein components of the spliceosome. Because of its wide range of gene expression regulation, the RBM protein family is associated with autoimmune diseases, inflammation and a variety of cancers, Many studies have shown that RBM protein family may be a therapeutic target for various diseases. This article reviews the role and mechanism of RBM protein family, especially in tumors, and

基金项目: 省级青年科技基金 (批准 No. 20JR10RA011).

*通信作者: 钟翠萍, doctorzhongcp@163.com

收稿日期: 2024-11-25; 接受日期: 2025-01-18; 在线出版日期: 2025-03-13

<http://www.medresfront.com>

provides reference for the treatment and prognosis of related diseases.

Keywords: RBM Protein Family; Cancer; Research Mechanism

1 引言

RNA 结合基序 (RNA binding motif, RBM) 蛋白是一种 RNA 结合蛋白 (RNA binding proteins, RBP), 其参与着 RNA 的转录、编辑、剪接、运输和定位、稳定性与翻译等许多生物学过程[1], 目前已有的报道中, 已经证实 RBM 蛋白与心衰、骨质疏松、骨髓增生异常综合征 (MDS) 以及多种肿瘤的发生发展相关。本文就 RBM 蛋白家族在各种疾病发生发展中的作用 (尤其在肿瘤当中) 作一综述, 为相关疾病的治疗和预后提供参考和思路。

2 RBM 蛋白的分子生物学作用

2.1 RBM 蛋白影响 RNA 的剪接

Joanna Ciavarella 等[2]证明了 RBM22 能够特异性地与人 U2-U6 和人 U12-U6_{atac} snRNA 复合物结合, 增强其活性, 不仅如此, 尽管 RNA 复合物的 RBM22 亲和力之间有一些区别, 但整体趋势是基本一致的, 并且 RBM22 蛋白在这两个剪接体中发挥着几乎相同的作用。另外有研究[3]证实了 RBM22 与人 B^{act} 和 C 复合体中的 U6 RNA 和 pre-mRNA 的相互作用, 这证明 RBM22 在体外也是 pre-mRNA 剪接所必需的。在人类剪接体的原子结构相关研究中也证实了上述结果[4], 最新的研究更是表明 RBM22 通过抑制 7SK-P-TEFb 复合物和延伸因子 SPT 在 RNA 聚合酶 II 转录的多个阶段 (5'端的暂停、延伸、和终止) 发挥调节作用[5]。总之, 大多数 RBM 直接参与 pre-mRNA 剪接的各个步骤, 从而影响与 RNA 代谢相关的过程, 如 RNA 转运、稳定及翻译等, 一旦这些过程受到影响, 将会导致一系列不良的病理过程和疾病发生[6, 7]。

2.2 RBM 蛋白影响 Ca²⁺代谢等其他生物学过程

除此之外, RBM 家族蛋白能够影响 Ca²⁺代谢。Aleksandra Janowicz 等[8]证实了 RBM 蛋白能够通过与 ALG-2 (一种钙离子结合蛋白) 的相互作用影响影响

Ca²⁺代谢, 这一过程同样是通过选择性剪接完成的。不止如此, 由于 Ca²⁺本身就是诱导转录的重要信号, 转录和剪接之间存在耦合, 因此其影响是双向的——Ca²⁺也是 RBM 蛋白与 ALG-2 相互作用的“桥梁”[9], 由于 RBM 蛋白与 ALG-2 分别存在于细胞核和细胞质中, 因此 RBM 蛋白需要通过 Ca²⁺帮助 ALG-2 转位到细胞核, 进而影响 Ca²⁺代谢来调控生物体的生长发育过程[10]。RBM 蛋白不仅在人体中起到作用, He 等[11]通过基因测序及基因敲除证实了 RBM 蛋白 (RBM22) 是斑马鱼胚胎正常发育所必需的, 前文所述相关 RBM 蛋白相关实验结果在早期也大多是通过研究斑马鱼胚胎的发育过程而得出的。

3 RBM 蛋白影响疾病发生发展

3.1 RBM 蛋白影响肿瘤以外疾病的发生发展

RBM 家族蛋白与自身免疫病及炎症的发生发展密切相关。早在 2007 年, Jacqueline Boultonwood 等[12]就通过测定 5q 综合征患者与正常核型患者的 CD34⁺细胞转录组并进行比较, 发现了几个明显失调的基因通路, 而 RBM22 在其中发挥着重要作用。近年来也有研究证实 RBM22 在炎症及一些自身免疫病当中起到关键作用: 其作为转录因子, 通过组蛋白 H3K27ac 和 H3K4me1 修饰依赖的方式抑制炎症免疫相关基因的增强子活化, 阻止关键炎症因子的诱导表达, 抑制致病性 T 细胞的分化和活化, 从而发挥限制自身免疫病发展的作用[13]。Douet-Guilbert N 等[14]则是进一步证实了 RBM22 在骨髓增生异常综合征 (MDS) 发生中的作用——其在骨髓中表达稍多, 尽管在造血过程中的确切作用尚不清楚, 但能确定 RBM22 参与了这一过程, 并明确与 MDS 的发生有关。除了血液系统, 近些年, 也有多个研究证实 RBM10 的突变是 TARP 综合征发生发展的关键致病因素, 这可能与 RBM10 本身结构域的突变或缺失密切相关[15]。另外, 谢亚斐[16]的研究则是发现 RBM25

在缺血性心力衰竭小鼠中的表达升高,并可以通过调控相应凋亡通路来参与缺血性心力衰竭致病过程,而通过敲低 RBM25 则有助于改善心力衰竭的病理机制。庞锡泉[17]团队通过研究 RBM38 及其 SerX 和 ThrY 的磷酸化在代谢方面的调控过程,证实了 RBM38 的磷酸化对于维持小鼠新陈代谢的稳态具有非常重要的作用,为人类肥胖的治疗提供了新的方向和方法。

3.2 RBM 蛋白影响肿瘤的发生发展

由于 RBM 蛋白在骨髓中的表达相较其他部位更高[18],许多研究者尝试研究其与人类胚胎发育的关系,遗憾的是到目前为止,仅仅有研究者报道了其斑马鱼胚胎生长发育的关系,并没有关于 RBM 蛋白在人类发育过程中表达情况的相关报道。但 Kittler 等[19]发现 RBM22 的敲除可以导致 HeLa 细胞的胞质分裂缺陷和有丝分裂停止,从而诱导细胞死亡。这些结果证实了 RBM 蛋白对细胞存活和分化以及机体发育的重要性,因此近些年来,针对 RBM 家族蛋白的研究重心转移到了探究其与肿瘤发生发展的关系上。

RBM 家族蛋白也确实被证明与多种肿瘤密切相关。例如,有研究[20]指出 RBM38 蛋白的过表达能够抑制肿瘤的生长,此研究证明了 RBM38 蛋白在肝癌组织中的表达量较癌旁组织低,且降低了 RBM38 的表达后促进了肝癌细胞的侵袭和转移,蒋峰等[21]人的研究也得到了相似的结果:他们发现 RBM38 是肝癌的抑癌基因,其阳性表达越高,患者预后越好,最新的研究[22]则进一步证实了精氨酸通过结合 RBM39 的 N 端结构域促进肝癌代谢的重编程,使自身代谢不断增强,从而维持高精氨酸水平和致癌代谢。王张立等[23]发现胶质母细胞瘤 (GBM) 组织中的 RBM 蛋白 (RBM8A) 呈现高表达,且与病人的不良生存预后有关,通过检测 RBM8A 的表达情况可以评估 GBM 病人对替莫唑胺 (TMZ) 化疗的敏感性;同时李德成[24]也证实了 RBM 蛋白 (RBM19) 的低表达可以增强 GBM 化疗的敏感性——RBM19 表达量的降低会增强 GBM 化疗后引起的 DNA 损伤,RBM19 表达的增高则会减弱 DNA 的损伤,不仅如此,RBM 蛋白表达的升高还可以加速放疗后 DNA 的修复过程。另外,敲低 RBM19 还可以降低 U87 细胞的成瘤能力,其照射后的恶性程度和生长速度均有一定程度的抑制。此外,RBM8A 在乳腺癌中的表达也是升高的,黄意超[25]下调了 RBM8A 的表达后,乳腺癌细胞的增殖、侵袭、迁移能力明显下降,且凋

亡细胞的比例明显上升;王冲则是证明了 RBM45 在乳腺癌中高表达且通过调控 IFNB1 的转录导致不良预后[26],由此可见,RBM 蛋白与乳腺癌的发生发展、侵袭和转移密切相关。同样的,在子宫内膜癌当中[27],RBM8A 的敲除可以通过抑制 EMT 信号转导通路来降低子宫内膜癌细胞的增殖、侵袭和迁移的能力,并加速其细胞凋亡。唐茗[28]则是从宫颈癌入手,通过实验证实了主要表达在宫颈癌细胞核的 RBM15 蛋白与宫颈癌的生物学行为密切相关——RBM 表达程度与宫颈癌的病变严重程度呈正相关,其表达与肿瘤最大径、淋巴结转移、神经侵犯、脉管癌栓有关,能够在一定程度上提示宫颈癌患者的预后。此外,RBM38 作为 p53 的重要靶基因,可以增强其表达,导致结直肠癌细胞内的信号通路紊乱引发细胞凋亡来发挥抑癌功能[29]。对于前列腺癌,Jiménez-Vacas 团队[30]深入研究了 RBM22 在前列腺癌发生发展中的作用,发现 RBM22 过表达时,前列腺癌的关键病理生理过程(如增殖和转移)均被抑制。有趣的是,另一 RBM 蛋白(RBM33)在前列腺癌中的作用与之相反,钟传帆[31]发现高表达的 CircRBM33 通过 m6A 修饰位点与 FMR1 互相作用形成二元复合物,进而增强前列腺癌线粒体功能并促进其增殖和转移。此外,也有研究者通过对 m6A 相关生物标志物的鉴定推测 RBM15 蛋白与口腔鳞状细胞癌 (OSCC) 有关,也许可以作为帮助其诊断的生物标志物[32]。另外,RBM10 也被证实有着促进细胞凋亡和抑制凋亡的双重作用[33]。在头颈部鳞癌当中,王小林[34]则是通过敲低 RBM17 证实了 RBM17 的高表达与下咽癌的不良预后相关,且敲低 RBM17 后可在体外提高下咽癌细胞对顺铂的敏感性并抑制下咽癌细胞迁移、侵袭及上皮间质转化。此外,在体外实验中也证实了其可以抑制下咽癌的生长。

4 总结

综上所述,RBM 蛋白作为一种 RNA 结合蛋白,由于其参与了 RNA 的剪接、Ca²⁺代谢等多个生物学过程,使其直接或间接参与甚至决定了许多疾病的发生发展。首先,RBM 家族蛋白与血液系统疾病息息相关,在 5q 综合征和 MDS 中起着重要的作用。其次,RBM 家族蛋白还与能量代谢相关,其可以通过调控相应凋亡通路参与缺血性心力衰竭的致病过程。另外,RBM 蛋白参与很多炎症过程,通过调控炎症因子,抑制 T 细胞活化从而进一步限制自身免疫病的发生。最重要

的是, RBM 家族蛋白与各系统肿瘤也有着密切联系——因其可以调控细胞分裂, 因此在不同肿瘤细胞中起到的调控作用不尽相同。RBM 蛋白在在胶质母细胞瘤、乳腺癌、子宫内膜癌、宫颈癌、口腔鳞状细胞癌以及下咽癌中则起着促进作用, RBM 蛋白甚至可以降低化疗敏感性以造成不良预后。当然, 目前的研究中也存在截然相反的结果, 在结直肠癌中, RBM 蛋白则可以限制肿瘤的发生。此外, RBM 蛋白在一些肿瘤中发挥双重作用: 例如在前列腺癌中, RBM 蛋白的促进作用和抑制作用均存在; 在肝癌中亦是如此, RBM38 的表达抑制了肝癌的侵袭和转移, 但 RBM39 则通过与精氨酸结合增强致癌代谢。不可否认的是, 由于 RBM 家族蛋白数量庞大且在哺乳动物体内广泛稳定表达, 其各种生物化学机制越来越受国内外研究者的重视。肿瘤作为一直以来的研究热点, 因其无限增值以及强侵袭的特性常常导致不良的预后, 所以目前人们也逐渐将目光从 RBM 蛋白的剪接作用聚焦到了其与肿瘤发生发展的关系上, 在未来的研究中, RBM 家族蛋白一定能够更好地帮助人们理解不同疾病尤其是肿瘤的病理过程, 进而为肿瘤的早期诊断、治疗和预后提供新的证据支持。

参考文献

- [1] 管小雪, 张小玲. RBM 家族在肝癌中作用及其机制的研究进展 [J]. 华夏医学, 2023, 36(02): 174-179.
- [2] Ciavarella J, Perea W, Greenbaum NL. Topology of the U12-U6atac snRNA Complex of the Minor Spliceosome and Binding by NTC-Related Protein RBM22. *ACS Omega*. 2020 Sep 4; 5(37): 23549-23558. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c01674>.
- [3] Rasche N, Dybkov O, Schmitzová J, Akyildiz B, Fabrizio P, Lüthmann R. Cwc2 and its human homologue RBM22 promote an active conformation of the spliceosome catalytic centre. *EMBO J*. 2012 Mar 21; 31(6): 1591-604. <https://doi.org/10.1038/emboj.2011.502>.
- [4] Zhang X, Yan C, Hang J, Finci LI, Lei J, Shi Y. An Atomic Structure of the Human Spliceosome. *Cell*. 2017 May 18; 169(5): 918-929. e14. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2017.04.033>.
- [5] Du X, Qin W, Yang C, Dai L, San M, Xia Y, Zhou S, Wang M, Wu S, Zhang S, Zhou H, Li F, He F, Tang J, Chen JY, Zhou Y, Xiao R. RBM22 regulates RNA polymerase II 5' pausing, elongation rate, and termination by coordinating 7SK-P-TEFb complex and SPT5. *Genome Biol*. 2024 Apr 19; 25(1): 102. <https://doi.org/10.1186/s13059-024-03242-6>
- [6] Bushweller J. H. (2019). Targeting transcription factors in cancer - from undruggable to reality. *Nature reviews. Cancer*, 19(11), 611-624. <https://doi.org/10.1038/s41568-019-0196-7>
- [7] Lee, S. C., & Abdel-Wahab, O. (2016). Therapeutic targeting of splicing in cancer. *Nature medicine*, 22(9), 976-986. <https://doi.org/10.1038/nm.4165>
- [8] Janowicz A, Michalak M, Krebs J. Stress induced subcellular distribution of ALG-2, RBM22 and hSlu7. *Biochim Biophys Acta*. 2011 May; 1813(5): 1045-9. <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2010.11.010>
- [9] Krebs J. The influence of calcium signaling on the regulation of alternative splicing. *Biochim Biophys Acta*. 2009 Jun; 1793(6): 979-84. <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2008.12.006>
- [10] Montaville P, Dai Y, Cheung CY, Giller K, Becker S, Michalak M, Webb SE, Miller AL, Krebs J. Nuclear translocation of the calcium-binding protein ALG-2 induced by the RNA-binding protein RBM22. *Biochim Biophys Acta*. 2006 Nov; 1763(11): 1335-43. <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2006.09.003>
- [11] He F, Wang CT, Gou LT. RNA-binding motif protein RBM22 is required for normal development of zebrafish embryos. *Genet Mol Res*. 2009 Dec 8; 8(4): 1466-73. <https://doi.org/10.4238/vol8-4gmr683>
- [12] Boultonwood J, Pellagatti A, Cattani H, Lawrie CH, Giagounidis A, Malcovati L, Della Porta MG, Jädersten M, Killick S, Fidler C, Cazzola M, Hellström-Lindberg E, Wainscoat JS. Gene expression profiling of CD34+ cells in patients with the 5q-syndrome. *Br J Haematol*. 2007 Nov; 139(4): 578-89. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2141.2007.06833.x>
- [13] 张赞恺. 剪接体蛋白 RBM25 和 RBM22 在炎症反应和自身免疫中的作用及表观机制研究 [D]. 中国人民解放军海军军医大学, 2024. <https://doi.org/10.26998/d.cnki.gjyuy.2023.000004>
- [14] Douet-Guilbert N, Soubise B, Bernard DG, Troade MB. Cytogenetic and Genetic Abnormalities with Diagnostic Value in Myelodysplastic Syndromes (MDS): Focus on the Pre-Messenger RNA Splicing Process. *Diagnostics (Basel)*. 2022 Jul 7; 12(7): 1658. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12071658>
- [15] 刘祎, 张小玲. RNA 结合蛋白 RBM10 及其涉及的主要疾患 [J]. 华夏医学, 2022, 35(03): 135-139. <https://doi.org/10.19296/j.cnki.1008-2409.2022-03-032>
- [16] 谢亚斐. RBM25 调控 Bcl2/Bax 凋亡信号通路在缺血性心力衰竭中的作用及机制研究 [D]. 兰州大学, 2023. <https://doi.org/10.27204/d.cnki.glzhu.2023.003569>

- [17] 庞锡泉. Rbm38 磷酸化影响代谢的分子机制研究 [D]. 华中农业大学, 2023.
<https://doi.org/10.27158/d.cnki.ghznu.2022.001163>
- [18] Fagerberg L, Hallström BM, Oksvold P, Kampf C, Djureinovic D, Odeberg J, Habuka M, Tahmasebpour S, Danielsson A, Edlund K, Asplund A, Sjöstedt E, Lundberg E, Szigartyo CA, Skogs M, Takanen JO, Berling H, Tegel H, Mulder J, Nilsson P, Schwenk JM, Lindskog C, Danielsson F, Mardinoglu A, Sivertsson A, von Feilitzen K, Forsberg M, Zwahlen M, Olsson I, Navani S, Huss M, Nielsen J, Ponten F, Uhlén M. Analysis of the human tissue-specific expression by genome-wide integration of transcriptomics and antibody-based proteomics. *Mol Cell Proteomics*. 2014 Feb; 13(2): 397-406.
<https://doi.org/10.1074/mcp.M113.035600>
- [19] Kittler R, Putz G, Pelletier L, Poser I, Heninger AK, Drechsel D, Fischer S, Konstantinova I, Habermann B, Grabner H, Yaspo ML, Himmelbauer H, Korn B, Neugebauer K, Pisabarro MT, Buchholz F. An endoribonuclease-prepared siRNA screen in human cells identifies genes essential for cell division. *Nature*. 2004 Dec 23; 432(7020): 1036-40.
<https://doi.org/10.1038/nature03159>
- [20] Ganaie SS, Chen AY, Huang C, Xu P, Kleiboeker S, Du A, Qiu J. RNA Binding Protein RBM38 Regulates Expression of the 11-Kilodalton Protein of Parvovirus B19, Which Facilitates Viral DNA Replication. *J Virol*. 2018 Mar 28; 92(8): e02050-17. <https://doi.org/10.1128/JVI.02050-17>
- [21] 蒋峰, 孙晓虹, 高艺文, 王婷婷, 秦海洸. 斑蝥酸钠维生素 B6 注射液联合不同化疗药物对晚期肝癌患者 RBM38、SPATS2 及预后的影响 [J]. 中西医结合肝病杂志, 2023, 33(03): 237-241.
- [22] Mossmann D, Müller C, Park S, Ryback B, Colombi M, Ritter N, Weißenberger D, Dazert E, Coto-Llerena M, Nuciforo S, Blukacz L, Ercan C, Jimenez V, Piscuoglio S, Bosch F, Terracciano LM, Sauer U, Heim MH, Hall MN. Arginine reprograms metabolism in liver cancer via RBM39. *Cell*. 2023 Nov 9; 186(23): 5068-5083.e23.
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2023.09.011>
- [23] 王张立, 吴晓旭, 崔阳等. 胶质母细胞瘤组织 RBM8A 表达与病人预后及替莫唑胺化疗敏感性的关系 [J]. 中国临床神经外科杂志, 2022, 27(06): 468-470+473.
<https://doi.org/10.13798/j.issn.1009-153X.2022.06.011>
- [24] 李德成. RBM19 在人脑胶质瘤放化疗抵抗中的作用及机制研究 [D]. 中南大学, 2022.
<https://doi.org/10.27661/d.cnki.gzhnu.2022.003231>
- [25] 黄意超. RBM8A 在乳腺癌组织中的表达及调控乳腺癌侵袭、转移机制的研究 [D]. 南华大学, 2022.
<https://doi.org/10.27234/d.cnki.gnhuu.2022.000185>
- [26] 王冲. RBM45 缺失通过促进 IFNB1 转录抑制乳腺癌的进展 [D]. 大连医科大学, 2024.
- [27] 谭冬梅, 张静静, 师一民等. RBM8A 基因对子宫内膜癌 HEC-1A 细胞增殖、迁移和凋亡的作用及其机制 [J]. 肿瘤防治研究, 2023, 50(01): 27-32.
- [28] 唐茗. m6A 甲基化甲基转移酶 RBM15 在宫颈癌中的表达及临床意义 [D]. 皖南医学院, 2023.
- [29] 薄祥坤, 朱日祥, 陈晋, 等. 18F-FDG PET/CT 联合血清 RNA 结合基序蛋白 38 检测对结直肠癌术后复发/转移的诊断具有预测价值[J/OL]. 分子影像学杂志, 1-5 [2025-01-15].
<http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1630.r.20250110.1719.008>
- [30] Jiménez-Vacas JM, Montero-Hidalgo AJ, Gómez-Gómez E, Sáez-Martínez P, Fuentes-Fayos AC, Closa A, González-Serrano T, Martínez-López A, Sánchez-Sánchez R, López-Casas PP, Sarmiento-Cabral A, Olmos D, Eyrales E, Castaño JP, Gahete MD, Luque RM. Tumor suppressor role of RBM22 in prostate cancer acting as a dual-factor regulating alternative splicing and transcription of key oncogenic genes. *Transl Res*. 2023 Mar; 253: 68-79.
<https://doi.org/10.1016/j.trsl.2022.08.016>
- [31] 钟传帆. M6A 修饰介导 circRBM33-FMR1 复合物形成增强线粒体呼吸促进前列腺癌进展的机制研究 [D]. 南方医科大学, 2023.
<https://doi.org/10.27003/d.cnki.gojyu.2023.000090>
- [32] 李姣. 口腔鳞状细胞癌患者 m6A 相关生物标志物的鉴定 [J]. 长治医学院学报, 2023, 37(04): 241-246.
- [33] 向水波, 肖胜军. RBM10 在肿瘤细胞凋亡途径中的研究进展 [J]. 临床与实验病理学杂志, 2024, 40(08): 857-861.
<https://doi.org/10.13315/j.cnki.cjcep.2024.08.015>
- [34] 王小林. 敲低 RBM17 对下咽癌的顺铂敏感性、迁移、侵袭和 EMT 的影响 [D]. 蚌埠医学院, 2023.
<https://doi.org/10.26925/d.cnki.gbbyc.2023.000257>