

2018—2022 年四川地区归因于 HPV 感染的恶性肿瘤发病及死亡情况变化分析

叶波¹, 李玉苹¹, 张开炯¹, 王东生¹, 叶斌²

1. 四川省肿瘤医院检验科, 四川 成都 610041; 2. 成都市第一人民医院呼吸科

摘要:目的 分析 2018—2022 年四川地区归因于人乳头瘤病毒 (human papillomavirus, HPV) 感染的恶性肿瘤发病及死亡情况。方法 收集 2018 年 1 月—2022 年 12 月四川地区人口数、肿瘤发病率、死亡率, 分年龄、性别计算各恶性肿瘤发病、死亡归因于 HPV 感染的人群归因分值 (Population Attributable Fraction, PAF)。结果 2018—2022 年四川地区居民 HPV 感染对常见恶性肿瘤发病和死亡的人口归因比例分别为 65.0% 和 59.2%。男性口咽、口腔及喉恶性肿瘤发病归因 HPV (PAF) 均高于女性 (χ^2 值 = 78.904, $P < 0.001$); 城市人群宫颈、外阴、口腔及喉恶性肿瘤发病归因 HPV (PAF) 均高于农村人群 (χ^2 值 = 119.03, $P < 0.001$); 此外, 归因于 HPV 感染的肿瘤发病与年龄的关系存在性别差异 ($P < 0.05$), 即男性各个肿瘤发病年龄更为提前。男性口咽、口腔及喉恶性肿瘤死亡归因 HPV (PAF) 均高于女性 (χ^2 值 = 110.578, $P < 0.001$); 城市人群宫颈、肛门、口咽、口腔及喉恶性肿瘤死亡归因 HPV (PAF) 均高于农村人群 (χ^2 值 = 66.285, $P < 0.001$); 此外, 归因于 HPV 感染的肿瘤死亡与年龄的关系存在性别差异 ($P < 0.05$), 即男性口腔、口咽恶性肿瘤死亡年龄更为提前, 而女性肛门恶性肿瘤死亡年龄更为提前。结论 2018—2022 年四川地区归因于 HPV 感染的肿瘤发病、死亡人数较多, 且发病、死亡呈现增高趋势, 及时筛查宫颈癌是降低归因于 HPV 肿瘤发病、死亡率的关键。

关键词: 人乳头瘤病毒; 恶性肿瘤; 人群归因分值; 发病; 死亡

中图分类号: R73 文献标志码: A 文章编号: 1003-8507(2024)12-2300-05

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202402032

Analyses of changes in the incidence and mortality of malignant tumors attributed to HPV infection, Sichuan, 2018 – 2022

YE Bo*, LI Yu-ping, ZHANG Kai-jiong, WANG Dong-sheng, YE Bin

* Laboratory Department, Sichuan Cancer Hospital, Chengdu, Sichuan 610041, China

Abstract: Objective To analyze the incidence and mortality of malignant tumors attributed to HPV infection in Sichuan region from 2018 to 2022. **Methods** From January 2018 to December 2022, the population, tumor incidence rate and mortality in Sichuan were collected, and the population attributable fraction (PAF) attributable to HPV infection was calculated by age and sex. **Results** The population attributable proportions of HPV infection among residents in Sichuan region from 2018 to 2022 for the incidence and mortality of common malignant tumors were 65.0% and 59.2% respectively. The attribution of HPV (PAF) to the incidence of malignant tumors in the oropharynx, oral cavity, and throat of males was higher than that of females ($\chi^2 = 78.904$, $P < 0.001$). The attributable HPV (PAF) of cervical, vulva, oral, and laryngeal malignant tumors in urban populations was higher than that in rural populations ($\chi^2 = 119.03$, $P < 0.001$). In addition, there was a gender difference ($P < 0.05$) in the relationship between the incidence of tumors attributed to HPV infection and age, indicating that males had earlier onset ages for various tumors. The attribution of HPV (PAF) to death in male oropharyngeal, oral, and laryngeal malignant tumors was higher than that in females ($\chi^2 = 110.578$, $P < 0.001$). The mortality attributable HPV (PAF) of cervical, anal, oropharyngeal, oral, and laryngeal malignant tumors in urban populations was higher than that in rural populations ($\chi^2 = 66.285$, $P < 0.001$). In addition, there was a gender difference ($P < 0.05$) in the relationship between tumor mortality attributed to HPV infection and age, with males dying earlier for oral and oropharyngeal malignancies, and females dying earlier for anal malignancies. **Conclusion** From 2018 to 2022, the incidence and death of tumors attributed to HPV infection in Sichuan region are more, and the incidence and death show an increasing trend, among which timely screening of cervical cancer is the key to reduce the incidence and death of HPV tumors.

作者简介: 叶波 (1979—), 男, 本科, 主管技师, 研究方向: 临床化学及肿瘤分子诊断

通信作者: 叶斌, E-mail: yebo521521@163.com

Keywords: Human papillomavirus; Malignant tumor; Population attribution score; Onset of disease; Death

人乳头瘤病毒 (human papillomavirus, HPV) 的持续感染是导致宫颈癌变的独立危险因素,近年来流行病学研究证实,HPV 持续感染还能导致阴道、外阴、肛门等部位癌变^[1-2],因此临床筛查 HPV 并积极开展干预措施具有重要意义。大量研究表明^[3-4],HPV 疫苗可有效预防宫颈及其他部位癌变,且随着临床需求的不断提高以及世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 积极倡导,适龄女性接种 HPV 疫苗至关重要。尽管我国 HPV 感染率低于国际水平,但由于人口基数较大,实际感染人数不容忽视^[5],卫生部门制定符合我国国情、经济的 HPV 疫苗接种策略时需要评估经济效益,因此需要了解各地 HPV 感染情况,以及归因于 HPV 感染的恶性肿瘤发病及死亡情况。基于此,本研究通过全国以及四川地区肿瘤登记中心收集的 2018 - 2022 年 HPV 相关肿瘤发病、死亡数据,分析 2018 - 2022 年四川地区归因于 HPV 感染的肿瘤发病、死亡情况,从而为 HPV 相关疾病的防控以及 HPV 疫苗接种策略制定提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 从国家统计局发布的《中国人口和就业统计年鉴》中获得 2018 - 2022 年四川地区分性别、年龄组人口占比。从国家癌症中心发布的 2019 年、2021 年、2023 年《中国肿瘤登记年报》中获取 2018 - 2022 年四川地区口咽癌 (C01, C09 ~ 10)、口腔癌 (C02 ~ 06)、肛门癌 (C21)、喉癌 (C32)、外阴癌 (C51)、阴道癌 (C52)、宫颈癌 (C53)、阴茎癌 (C60) 分性别、年龄的发病率、死亡率。

1.2 统计学分析 发病人数 = 发病率 × 相应人口数,死亡人数 = 死亡率 × 相应人口数。口咽癌、阴茎癌使用我国人群归因分值 (Population Attributable Fraction, PAF)^[6],因我国缺乏口腔癌、肛门癌、阴道

癌、喉癌数据,则使用国际 PAF^[7-9]。根据 PAF 得到 HPV 感染的肿瘤在不同性别、年龄人群中的发病数和死亡数。归因于 HPV 感染的发病数和死亡数除以相应人口数计算各年龄组粗发病率和粗死亡率,使用 SegiI 世界人口结构作为标准计算年龄标化发病率 (age - standardized incidence rate, ASIR) 和年龄标化死亡率 (Age standardized mortality rate, ASMR)。定性数据采用百分比 (%) 表示,卡方检验进行两组间率的比较,认为 $P < 0.05$ 则组间存在差异。

2 结果

2.1 归因于 HPV 感染的肿瘤发病情况 2018 - 2022 年四川地区与 HPV 感染相关的肿瘤新发病人数为 14 222 例,其中 9 244 例 (65.0%) 归因于 HPV 感染,主要肿瘤类型为宫颈癌 5 895 例、喉癌 1 123 例、口腔癌 1 025 例。其中,男性口咽、口腔及喉恶性肿瘤发病归因于 HPV (PAF) 均高于女性 (χ^2 值 = 78.904, $P < 0.001$); 城市人群宫颈、外阴、口腔及喉恶性肿瘤发病归因于 HPV (PAF) 均高于农村人群 (χ^2 值 = 119.03, $P < 0.001$)。见表 1, 表 2。

表 1 全人群归因于 HPV 感染的肿瘤发病情况

Table 1 Tumor incidence attributed to HPV infection in all population

| 肿瘤部位 | 全人群 | | | |
|------|-------|---------|---------------|--------------|
| | 发病人数 | PAF (%) | 归因于 HPV 的发病人数 | ASIR (/10 万) |
| 宫颈 | 5 895 | 100.0 | 5 895 | 11.230 |
| 肛门 | 258 | 88.0 | 227 | 0.204 |
| 外阴 | 162 | 24.1 | 39 | 0.066 |
| 阴道 | 85 | 78.0 | 66 | 0.124 |
| 阴茎 | 284 | 48.0 | 136 | 0.253 |
| 口咽 | 412 | 29.0 | 119 | 0.106 |
| 口腔 | 1 025 | 4.3 | 44 | 0.037 |
| 喉 | 1 123 | 4.6 | 52 | 0.046 |

表 2 不同性别、区域人群归因于 HPV 感染的肿瘤发病情况

Table 2 Tumor incidence attributed to HPV infection in different gender or region

| 肿瘤部位 | 女性 | | | 男性 | | |
|------------|-------|---------------|--------------|------|---------------|--------------|
| | 发病人数 | 归因于 HPV 的发病人数 | ASIR (/10 万) | 发病人数 | 归因于 HPV 的发病人数 | ASIR (/10 万) |
| 宫颈 | 5 895 | 5 895 | 11.23 | / | / | / |
| 肛门 | 132 | 116.16 | 0.17 | 126 | 110.88 | 0.237 |
| 外阴 | 162 | 39 | 0.066 | / | / | / |
| 阴道 | 85 | 66 | 0.124 | / | / | / |
| 阴茎 | / | / | / | 284 | 136 | 0.253 |
| 口咽 | 105 | 30.45 | 0.05 | 307 | 89.03 | 0.162 |
| 口腔 | 325 | 13.975 | 0.025 | 700 | 30.1 | 0.048 |
| 喉 | 163 | 7.498 | 0.019 | 960 | 44.16 | 0.073 |
| χ^2 值 | | | 45.091 | | | 33.653 |
| P 值 | | | <0.001 | | | <0.001 |

(续表)

| 肿瘤部位 | 城市 | | | 农村 | | |
|------------|-------|---------------|--------------|-------|---------------|--------------|
| | 发病人数 | 归因于 HPV 的发病人数 | ASIR (/10 万) | 发病人数 | 归因于 HPV 的发病人数 | ASIR (/10 万) |
| 宫颈 | 3 125 | 3 125 | 10.79 | 2 770 | 2 770 | 11.67 |
| 肛门 | 126 | 111 | 0.19 | 132 | 116 | 0.217 |
| 外阴 | 89 | 21 | 0.07 | 73 | 18 | 0.058 |
| 阴道 | 46 | 36 | 0.14 | 39 | 30 | 0.113 |
| 阴茎 | 144 | 69 | 0.24 | 140 | 67 | 0.265 |
| 口咽 | 225 | 65 | 0.12 | 187 | 54 | 0.092 |
| 口腔 | 566 | 24 | 0.045 | 459 | 20 | 0.028 |
| 喉 | 597 | 27 | 0.055 | 526 | 24 | 0.037 |
| χ^2 值 | | | 40.103 | | | 19.473 |
| P 值 | | | <0.001 | | | <0.001 |

2.2 归因于 HPV 感染的肿瘤发病与年龄的关系

宫颈癌新发病例主要集中在 40~70 岁,以 50~60 岁发病率最高(41.2/10 万),非宫颈部位肿瘤主集中在 50~80 岁,以 70~80 岁发病率最高(4.8/10 万)。此外,归因于 HPV 感染的肿瘤发病与年龄的关系存在性别差异($P < 0.05$),即男性各个肿瘤发病年龄更为提前。见图 1~2。

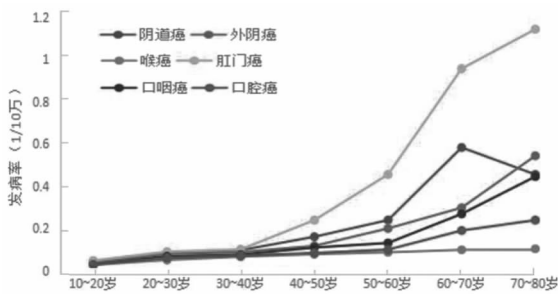


图 1 不同年龄段女性人群的发病率

Fig. 1 The incidence rate of women in different age groups

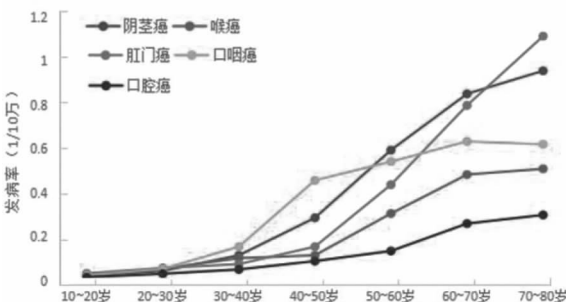


图 2 不同年龄段男性人群的发病率

Fig. 2 The incidence rate of men in different age groups

2.3 归因于 HPV 感染的肿瘤死亡情况 2018—2022 年四川地区与 HPV 感染相关的肿瘤死亡人数为 6 096 例,其中 3 610 例(59.2%) 归因于 HPV 感染,主要肿瘤类型为宫颈癌 1 963 例、喉癌 634 例、口腔癌 502 例。其中,男性口咽、口腔及喉恶性肿瘤死亡归

因 HPV (PAF) 均高于女性(χ^2 值 = 110.578, $P < 0.001$);城市人群宫颈、肛门、口咽、口腔及喉恶性肿瘤死亡归因 HPV (PAF) 均高于农村人群($\chi^2 = 66.285, P < 0.001$)。见表 3,表 4。

表 3 全人群归因于 HPV 感染的肿瘤死亡情况

Table 3 Tumor mortality attributed to HPV infection in all population

| 肿瘤部位 | 全人群 | | | |
|------|-------|---------|---------------|--------------|
| | 死亡人数 | PAF (%) | 归因于 HPV 的死亡人数 | ASMR (/10 万) |
| 宫颈 | 1 963 | 100.0 | 1 963 | 3.430 |
| 肛门 | 148 | 88.0 | 130 | 0.090 |
| 外阴 | 48 | 24.1 | 12 | 0.026 |
| 阴道 | 29 | 78.0 | 23 | 0.058 |
| 阴茎 | 79 | 48.0 | 38 | 0.072 |
| 口咽 | 207 | 29.0 | 60 | 0.055 |
| 口腔 | 502 | 4.3 | 22 | 0.016 |
| 喉 | 634 | 4.6 | 29 | 0.034 |

2.4 归因于 HPV 感染的肿瘤死亡与年龄的关系

宫颈癌、非宫颈部位肿瘤死亡病例均主要集中在 50~80 岁,均以 70~80 岁死亡率最高(18.4/10 万、4.2/10 万),见图 1。此外,归因于 HPV 感染的肿瘤死亡与年龄的关系存在性别差异($P < 0.05$),即男性口腔、口咽恶性肿瘤死亡年龄更为提前,而女性肛门恶性肿瘤死亡年龄更为提前。见图 3~4。

3 讨论

HPV 属于乳头状瘤病毒科,是一类小型、无包膜的双链 DNA 病毒,可通过摩擦接触、性交、自体种植等方式传播^[10]。HPV 感染广泛存在,只有少数感染高危型人乳头瘤病毒(High-Risk human papillomavirus, HR-HPV)者会发展为浸润性癌^[11]。HR-HPV 常见的分支为 $\alpha-7$ (主要包括 HPV 18、45、59、39 型)和 $\alpha-9$ (主要包括 HPV16、31、33、35、52、58 型),可导致子宫颈癌、外阴癌、阴道癌、阴茎癌、肛门癌、头颈部癌等^[12-13]。

表 4 不同性别、区域人群归因于 HPV 感染的肿瘤死亡情况

Table 4 Tumor mortality attributed to HPV infection in different gender or region

| 肿瘤部位 | 女性 | | | 男性 | | |
|------------|-------|---------------|--------------|------|---------------|--------------|
| | 死亡人数 | 归因于 HPV 的死亡人数 | ASMR (/10 万) | 死亡人数 | 归因于 HPV 的死亡人数 | ASMR (/10 万) |
| 宫颈 | 1 963 | 1 963 | 3.43 | / | / | / |
| 肛门 | 66 | 58 | 0.085 | 82 | 72 | 0.095 |
| 外阴 | 48 | 12 | 0.026 | / | / | / |
| 阴道 | 29 | 23 | 0.058 | / | / | / |
| 阴茎 | / | / | / | 79 | 38 | 0.072 |
| 口咽 | 78 | 23 | 0.018 | 129 | 37 | 0.092 |
| 口腔 | 166 | 7 | 0.012 | 336 | 14 | 0.02 |
| 喉 | 86 | 4 | 0.018 | 548 | 25 | 0.05 |
| χ^2 值 | | | 22.378 | | | 18.775 |
| P 值 | | | <0.001 | | | <0.001 |

| 肿瘤部位 | 城市 | | | 农村 | | |
|------------|-------|---------------|--------------|------|---------------|--------------|
| | 死亡人数 | 归因于 HPV 的死亡人数 | ASMR (/10 万) | 死亡人数 | 归因于 HPV 的死亡人数 | ASMR (/10 万) |
| 宫颈 | 1 023 | 1 023 | 3.18 | 940 | 940 | 3.67 |
| 肛门 | 80 | 70 | 0.12 | 68 | 60 | 0.06 |
| 外阴 | 28 | 7 | 0.016 | 20 | 5 | 0.036 |
| 阴道 | 18 | 14 | 0.045 | 11 | 9 | 0.071 |
| 阴茎 | 42 | 20 | 0.063 | 37 | 18 | 0.081 |
| 口咽 | 122 | 35 | 0.064 | 85 | 25 | 0.046 |
| 口腔 | 302 | 13 | 0.022 | 200 | 9 | 0.01 |
| 喉 | 380 | 17 | 0.028 | 254 | 12 | 0.04 |
| χ^2 值 | | | 28.792 | | | 37.004 |
| P 值 | | | <0.001 | | | <0.001 |

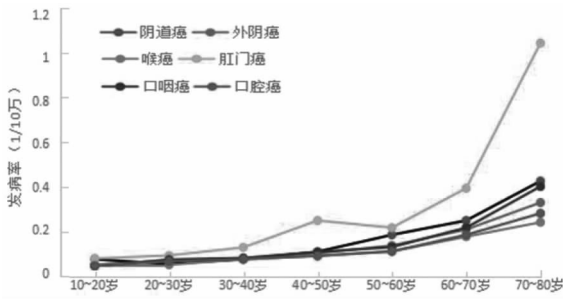


图 3 不同年龄段女性人群的死亡率

Fig. 3 Mortality rate of female population in different age groups

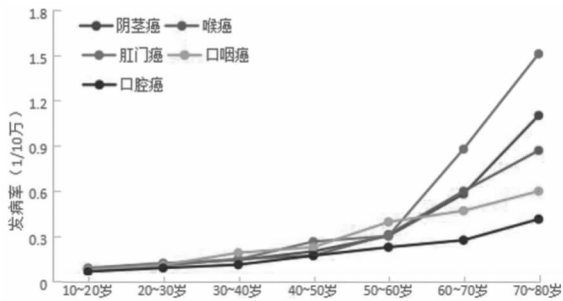


图 4 不同年龄段男性人群的死亡率

Fig. 4 Mortality rate of male population in different age groups

本研究显示,2018—2022 年四川地区与 HPV 感染对常见恶性肿瘤发病人口归因比例分为 65.0%,且

宫颈癌发病归因于 HPV 感染的人口归因比例最高,为 100%。而这远高于发达国家人口归因比例数值,这可能是发达国家医疗体系更为完善,宫颈癌筛查已成为常态,积极干预治疗癌前病变可显著降低宫颈癌发病风险^[14]。消除宫颈癌已成为全球共识,WHO 呼吁 35~45 岁女性接受筛查比例达到 70%^[15],我医疗资源分配不均衡,农村经济、医疗、文化水平均较低,使得农村女性宫颈癌筛查比例低于城市女性,这可能是本次研究城市宫颈癌发病归因于 HPV 感染的人口归因比例高于农村的原因。值得注意的是,本研究结果发现,男性口咽、口腔及喉恶性肿瘤发病归因 HPV (PAF) 均高于女性,这与 Tan 等^[16] 研究结果相似,这可能是男性更不注意口腔卫生,由此增加了 HPV 感染的概率。同时,本研究结果显示,2018—2022 年四川地区 HPV 感染对常见恶性肿瘤死亡人口归因比例为 59.2%,相似于 Yuan 等^[17] 研究结果 (60.19%)。提示,四川地区肿瘤死亡归因于 HPV 感染带来的疾病负担较大,需引起重视。本研究还发现,归因于 HPV 感染的肿瘤死亡与年龄的关系存在性别差异,即男性口腔、口咽恶性肿瘤死亡年龄更为提前,而女性肛门恶性肿瘤死亡年龄更为提前。提示,需加强男性 HPV 感染者的口腔定期筛查,增加女性 HPV 感染者的肛门定期筛查,并需将筛检起始年龄调整为 40 岁左右,以期更早的发现患者。

综上所述,2018 - 2022 年四川地区归因于 HPV 感染的肿瘤发病、死亡人数较多,且发病、死亡呈现增高趋势,男性居民高于女性居民,且年龄差异较大。应根据具体情况,合理分配资源,定制防控方案降低恶性肿瘤归因于 HPV 感染的疾病负担。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

- [1] Oyouni AAA. Human papillomavirus in cancer: Infection, disease transmission, and progress in vaccines[J]. *Journal of Infection and Public Health*, 2023, 16(4): 626 - 631.
- [2] Piña - Sánchez P. Human papillomavirus: challenges and opportunities for the control of cervical cancer[J]. *Archives of Medical Research*, 2022, 53(8): 753 - 769.
- [3] Bednarczyk RA, Brewer NT, Gilkey MB, et al. Human papillomavirus vaccination at the first opportunity: An overview[J]. *Human Vaccines & Immunotherapeutics*, 2023, 19(1): 2213603.
- [4] Petrie K, Wells A, Eckert LO. Human papillomavirus vaccine: the cancer prevention moonshot[J]. *Obstetrics and Gynecology Clinics of North America*, 2023, 50(2): 339 - 348.
- [5] 刘慧,李洋.河南省女性 HPV 流行病学调查及宫颈病变风险评估[J]. *现代妇产科进展*,2022,31(9):641 - 647.
Liu H, Li Y. HPV epidemiological survey and risk assessment of cervical lesions in women in Henan province [J]. *Progress in Obstetrics and Gynecology*, 2022, 31(9): 641 - 647.
- [6] De martel C, Georges D, Bray F, et al. Global burden of cancer attributable to infections in 2018: a worldwide incidence analysis[J]. *The Lancet Global Health*, 2020, 8(2): e180 - e190.
- [7] Gu WJ, Zhang PP, Zhang GM, et al. Importance of HPV in Chinese penile cancer: a contemporary multicenter study [J]. *Frontiers in Oncology*, 2020, 10: 1521.
- [8] 翟建坡,王其艳,魏东,等.人乳头瘤病毒与阴茎癌预后的相关性[J]. *中华医学杂志*,2013,93(34):2719 - 2722.
Zhai JP, Wang QY, Wei D, et al. Association between HPV DNA and disease specific survival in patients with penile cancer [J]. *National Medical Journal of China*, 2013, 93(34): 2719 - 2722.
- [9] Lam EW, Chan JY, Chan AB, et al. Prevalence, clinicopathological characteristics, and outcome of human

- papillomavirus - associated oropharyngeal cancer in southern Chinese patients [J]. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention; a Publication of the American Association for Cancer Research, Cosponsored by the American Society of Preventive Oncology*, 2016, 25(1): 165 - 173.
- [10] Kusakabe M, Taguchi A, Sone K, et al. Carcinogenesis and management of human papillomavirus - associated cervical cancer [J]. *International Journal of Clinical Oncology*, 2023, 28(8): 965 - 974.
- [11] Duan LL, Yin H, Li QY, et al. Correlation between human papillomavirus infection and reproduction[J]. *Ginekologia Polska*, 2022, 93(4): 329 - 333.
- [12] 李明珠,魏丽惠. HPV 的致癌机制及以此预防 HPV 感染的研究进展[J]. *中华妇产科杂志*,2022,57(2):152 - 155.
Li MZ, Wei LH. Biology of HPV mediated carcinogenesis and advances of prophylactic means in targeting HPV infection [J]. *Chinese Journal of Obstetrics and Gynecology*, 2022, 57(2): 152 - 155.
- [13] 祁青玲,王乾印,贾佳,等.妇科患者人乳头瘤病毒感染特点及基因分型[J]. *中国病原生物学杂志*,2020,15(11):1353 - 1356, 1362.
Qi QL, Wang QY, Jia J, et al. Characteristics and genotypes of human papillomavirus infection in gynecology patients[J]. *Journal of Parasitic Biology*, 2020, 15(11): 1353 - 1356, 1362.
- [14] 段如菲.中国 HPV 相关肿瘤归因负担及 HIV 感染女性宫颈癌筛查适宜技术研究[D].北京:北京协和医学院,2021.
Duan RF. Study on the attributable burden of HPV - related tumors and appropriate techniques for Cervical cancer screening in HIV - infected women in China [D]. Beijing: Peking Union Medical College, 2021.
- [15] Kopp SA, Turk DE. Humanpapillomavirus vaccinations: provider education to enhance vaccine uptake [J]. *Clinical Pediatrics*, 2023, 62(8): 840 - 848.
- [16] Tan YH, Wang ZH, Xu MT, et al. Oral squamous cell carcinomas: state of the field and emerging directions[J]. *International Journal of Oral Science*, 2023, 15(1): 44.
- [17] Yuan MW, Wang HH, Duan RF, et al. [Analysis on cancer incidence and mortality attributed to human papillomavirus infection in China, 2016][J]. *Zhonghua liu xing bing xue za zhi*, 2022, 43(5): 702 - 708.

收稿日期:2024-02-02

(上接第 2252 页)

- [3] Bangarh R, Khatana C, Kaur S, et al. Aberrant protein glycosylation: Implications on diagnosis and immunotherapy [J]. *Biotechnology Advances*, 2023, 66: 108149.
- [4] Zhong Q, Xiao XN, Qiu YJ, et al. Protein posttranslational modifications in health and diseases: Functions, regulatory mechanisms, and therapeutic implications[J]. *MedComm*, 2023, 4(3): e261.
- [5] Lv YX, Zhang ZD, Tian S, et al. Therapeutic potential of fucosyltransferases in cancer and recent development of targeted inhibitors[J]. *Drug Discovery Today*, 2023, 28(1): 103394.
- [6] Li Q, Wang J, Ma XD, et al. POFUT1 acts as a tumor promoter in glioblastoma by enhancing the activation of Notch signaling[J]. *Journal of Bioenergetics and Biomembranes*, 2021, 53(5): 621 - 632.
- [7] Long F, Tian BN, Li L, et al. CircPOFUT1 fosters colorectal cancer metastasis and chemoresistance via decoying miR - 653 - 5p/E2F7/WDR66 axis and stabilizing BMI1[J]. *iScience*, 2024, 27(1): 108729.
- [8] Dong S, Wang ZR, Xiong WJ. POFUT1 promotes gastric cancer progression through Notch/Wnt dual signaling pathways dependent

- on the parafibromin - NICD1 - catenin complex[J]. *Journal of the Chinese Medical Association: JCMA*, 2023, 86(9): 806 - 817.
- [9] Varghese F, Bukhari AB, Malhotra R, et al. IHC profiler: an open source plugin for the quantitative evaluation and automated scoring of immunohistochemistry images of human tissue samples [J]. *PLOS One*, 2014, 9(5): e96801.
- [10] Gao GW, Li C, Fan WG, et al. Brilliant glycans and glycosylation: Seq and ye shall find[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2021, 189: 279 - 291.
- [11] Chabanaïs J, Labrousse F, Chaunavel A, et al. POFUT1 as a promising novel biomarker of colorectal cancer[J]. *Cancers*, 2018, 10(11): 411.
- [12] Leng QX, Tsou JH, Zhan M, et al. Fucosylation genes as circulating biomarkers for lung cancer [J]. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology*, 2018, 144(11): 2109 - 2115.
- [13] Yokota S, Ogawara K, Kimura R, et al. Protein O - fucosyltransferase 1: a potential diagnostic marker and therapeutic target for human oral cancer[J]. *International Journal of Oncology*, 2013, 43(6): 1864 - 1870.

收稿日期:2024-02-03