·临床与预防·

维生素 D 与常见眼部疾病关系的系统综述与荟萃分析

何沛原，刘玉萍，帅平，谢雪
四川省医学科学院·四川省人民医院(电子科技大学附属医院)，健康管理中心(健康管理研究所)，四川 成都 610072

摘要：目的 本研究旨在总结常见眼部疾病患者的维生素 D 水平，探讨低维生素 D 水平与眼部疾病发生之间的关系。**方法** 检索了截至 2024 年 5 月 25 日的 PubMed、Web of Science、Embase 和 Cochrane 数据库，收集荟萃分析研究以评估维生素 D 与眼部疾病的关系。此外，收集了未包含在现有荟萃分析中的观察性研究，使用随机效应加权均数差(WMD)计算效应值及 95%置信区间(*CI*)。研究结果纳入荟萃分析，最终进行伞状综述。**结果** 本研究纳入了 13 项荟萃分析和 15 项观察性研究(11 项病例对照研究和 4 项横断面研究)。荟萃分析显示，维生素 D 与眼部疾病研究的综合加权均数差(WMD)= −2.17(95%*CI*：−2.50−−1.84；*P*=0.282，I^2=18.7%)。维生素 D 在眼部疾病中的总体比值比(*OR*)=0.96(95%*CI*：0.92−0.99；*P*<0.001，I^2=87.1%)。并通过试验序贯分析(TSA)，验证了本研究结论的稳健性。**结论** 研究发现较高的维生素 D 水平与青光眼和近视的发病风险显著降低相关，但与非感染性葡萄膜炎(NIU)的发病风险增加相关。

关键词：维生素 D；眼部疾病；伞状综述；荟萃分析；观察性研究
中图分类号：R771 **文献标志码**：A **文章编号**：1003−8507(2025)01−180−08
DOI：10.20043/j.cnki.MPM.202409228

Systematic review and meta−analysis of the relationship between vitamin D and common ocular diseases

HE Pei−yuan, LIU Yu−ping, SHUAI Ping, XIE Xue
Health Management Center (Health Management Research Institute), Sichuan Academy of Medical Sciences/Sichuan Provincial People's Hospital (Affiliated Hospital of University of Electronic Science and Technology of China), Chengdu, Sichuan 610072, China

Abstract: Objective To summarize the levels of vitamin D in patients with common ocular diseases and explore the relationship between low vitamin D levels and the occurrence of ocular diseases. **Methods** A search was conducted in the PubMed, Web of Science, Embase, and Cochrane databases up to May 25, 2024, to collect meta−analysis studies assessing the relationship between vitamin D and ocular diseases. Additionally, observational studies not included in existing meta−analyses were collected, and the effect size and 95% confidence interval (*CI*) were calculated using the random effects weighted mean difference (WMD). The results of the studies were included in the meta−analysis, culminating in an umbrella review. **Results** This study included 13 meta−analyses and 15 observational studies (11 case−control studies and 4 cross−sectional studies). The meta−analysis indicated that the overall weighted mean difference (WMD) for vitamin D and ocular diseases was −2.17 (95%*CI*: −2.50 to −1.84; *P*=0.282, I^2=18.7%). The overall odds ratio (OR) for vitamin D in ocular diseases was 0.96 (95%*CI*: 0.92 to 0.99; *P*<0.001, I^2=87.1%). The robustness of the conclusions was verified through trial sequential analysis (TSA). **Conclusion** Higher vitamin D levels are significantly associated with a reduced risk of developing glaucoma and myopia, yet showing an association with an increased risk of non−infectious uveitis (NIU).

Keywords: Vitamin D; Ocular diseases; Umbrella review; Meta−analysis; Observational studies

维生素 D 不仅在维持骨骼健康中发挥关键作用，还通过其抗氧化和抗炎特性参与调节多个生理系统，包括眼部健康[1−2]。研究显示，维生素 D 代谢产物在角膜上皮、睫状体和视网膜色素上皮细胞中表达[3−5]，并存在于泪液、房水和玻璃体中[6]。植物来源的维生素 D2(麦角钙化醇)和动物来源的维生素 D3(胆钙化醇)通过酶促反应转化为其活性形式 1,25− 二羟维生素 D(骨化三醇)，在眼部发挥生物功能[7]。维生素 D 受体(VDR)在神经节细胞层、内核层及视网膜色素上皮等多个眼部组织中被观察到[8]。

随着全球老龄化，白内障、黄斑变性和青光眼等眼部疾病发病率显著上升，导致视力下降、甚至丧失[9]，严重影响生活质量。尽管已有研究表明维生素 D 代谢与眼部疾病(如角膜疾病和黄斑变性)相关[10−11]，

基金项目：四川省科技厅重点研发计划项目(2022YFS0600)；院级临床研究及转化基金(2021LY15)
作者简介：何沛原(1984—)，女，硕士，医师，研究方向：健康管理
通信作者：谢雪，E−mail：xiexue@med.uestc.edu.cn

但血清维生素 D 水平与多种眼部疾病的系统性证据仍有限。

研究发现，低维生素 D 水平可能与眼轴延长及近视风险增加相关[12]，同时也可能影响泪液功能，增加干眼症的患病风险[13]。然而，维生素 D 在不同眼部疾病中具体机制的理解尚不清楚，目前多为单一疾病的观察性研究，缺乏对维生素 D 与多种眼部疾病关系的全面综述。

因此，本研究旨在通过荟萃分析和伞状综述，系统总结维生素 D 水平与常见眼部疾病之间的关联，为临床预防和治疗提供更加全面的证据。此外，尽管初步研究表明维生素 D 可能在眼部疾病的预防和治疗中发挥潜在作用，但关于不同疾病类型和维生素 D 水平之间的具体关系尚不明确。因此，本研究将填补这一研究空白，为临床应用提供更强的科学依据。

1　资料与方法

1.1　协议和注册　研究方案在 PROSPERO（CRD42024550922）上进行了前瞻性注册。伞状综述遵循了 PRISMA[14]框架中的指导原则进行。预先注册的协议没有变化。

1.2　纳入、排除标准　纳入标准为：(1)英文发表的荟萃分析和系统评价；(2)研究维生素 D 与眼部疾病的关系；(3)报告了效应值及 95%置信区间（*CI*）。排除动物研究、基础研究及重复研究。非荟萃研究包括观察性研究，排除非人体研究、综述文章及摘要。不同意见均通过三人以上讨论解决。

1.3　检索策略及研究筛选和纳入流程　我们检索了截至 2024 年 5 月 25 日的 PubMed、Web of Science、Embase 和 Cochrane 四个数据库，并手动补充相关会议论文，导入 EndNote 20 首次排重。软件排除重复文章后，由两名独立的评价者根据标题和摘要对检索到的所有文献按照标准进行筛选，以第三方为基准调解任何分歧。全文筛选采用 STROBE 清单[15]。筛选流程见图 1。

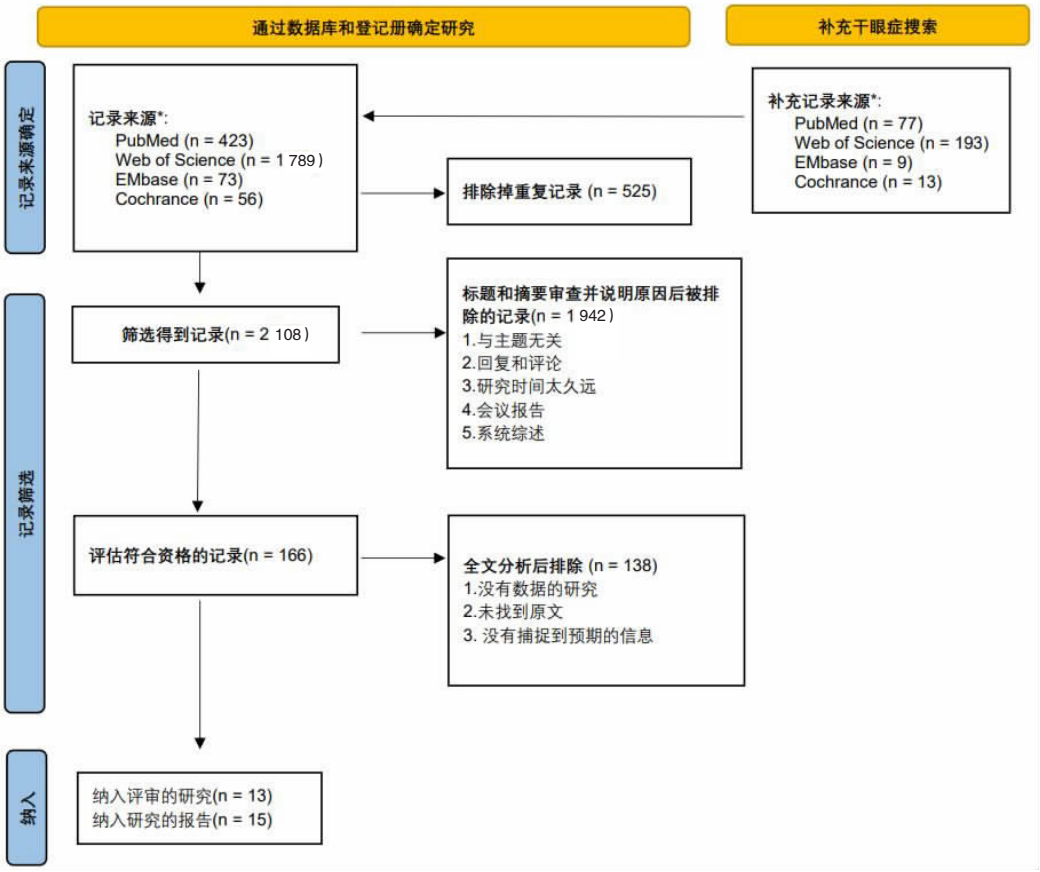


图 1　文献检索和研究选择流程图

Figure 1　Flow chart of literature search and research selection

1.4　数据提取　纳入的研究由第一作者标准化提取数据。由通信作者进行验证，提取的信息包括研究类型、样本量、效应类型、加权均数差（WMD）值、标准化均数差（SMD）值和比值比（*OR*）值及其相应的 95% *CI*、异质性、发表偏倚以及血清维生素 D 含量等。Meta 研究及非 meta 研究分别见表 1、2。

1.5　质量评价　由两位作者根据 AMSTAR2 工具[16]独立评价 meta 分析的质量。另外，按照纽卡斯尔 – 渥

太华量表 (NOS)[17] 和美国卫生保健研究与质量机构(AHRQ)[18]评价病例对照和横断面研究的质量。

1.6 统计分析　伞状评价的目的在于全面评估现有荟萃分析,而非重复检索原始文章进行新的荟萃分析[19]。本研究非荟萃分析观察性研究的维生素 D 结局数据，采用 DerSimonian 和 Laird 随机效应模型计算 WMD 及其 95%*CI*。通过 Cochran *Q* 检验评估异质性，$P<0.05$ 且 $I^2\geqslant50\%$表示显著异质性。通过敏感性分析评估研究剔除的影响,并对 WMD 和 *OR* 进行荟萃分析,其中 *OR* 值经过对数转换。Egger 检验用于评估发表偏倚,以 $P<0.05$ 表示存在偏倚。以上所有分析使用 STATA 16.0,$P<0.05$ 视为有统计学意义。最后采用 TSA0.9.5.10Beta 软件,绘制试验序贯分析(TSA)界值图,评估累积荟萃分析的效应显著性,并设定最佳期望样本量(RIS)以避免随机误差[20]。

表 1　纳入研究的荟萃分析研究特征

Table 1　Features of included meta-analyses

作者 / 年份	纳入研究(项)	结局	研究类型	例数 / 总数	模式	效应值(*OR/SMD/WMD*)	95%*CI*(*OR/SMD/WMD*)	效应值类型	I^2(*OR/WMD*)	发表偏倚
Annweiler,2016[21]	9	AMD	Cs,Crs	1 440/17 054	FM	0.83	0.71 ~ 0.97	OR	78.4	NR
Wu,2016[22]	8	AMD	Cs,Crs,CC	NR/57 643	RM	0.91	0.69 ~ 1.22	OR	79.7	NR
Ferreira,2021[23]	16	AMD	Cs,Crs,CC	9 736/75 294	RM	1.8	1.00 ~ 3.24	OR	70	NR
Han,2022[24]	8	GLA	Cs,CC	77/584	FM	0.9	0.45 ~ 1.35	OR	29	NR
Ulhaq,2020[25]	9	GLA	CC	476/130 676	RM	−1.16	−1.56 ~ −0.76	SMD	98	NR
Li,2017[26]	13	GLA	RCT,CC	513/5 629	RM	2.488	−5.12 ~ 10.09	WMD	87.2	0.41
Liu,2020[27]	10	DED	Crs	2 526/16 330	RM	−3.99	−6.58 ~ 1.4	WMD	97	NR
Askari,2020[28]	11	DED	Crs,CC	NR/44 343	RM	−1.7	−2.61 ~ −0.79	WMD	94.6	0.46
Rojas-Carabali,2024[29]	11	NIU	Cs,Crs,CC	357/5 728	RM	2.04	1.55 ~ 2.68	OR	79	NR
Tang,2019[30]	7	Myopia	Cs,Crs,CC	8 244/25 008	FM	0.92	0.88 ~ 0.96	OR	45	0.44
Luo,2017[31]	15	DR	Cs,Crs,CC	3 455/17 664	RM	2.03	1.07 ~ 3.86	OR	80	NR
Xiong,2022[32]	34	DR	Crs	159/517	RM	1.00/−3.06	0.58 ~ 1.73/5.15 ~ −0.96	OR/WMD	NR	NR
Zhang,2017[33]	12	DR	Cs,Crs,CC	NR/10 007	RM	1.27/−1.32	1.17 ~ 1.37/2.50 ~ −0.15	OR/WMD	80/89	0.22

注:WMD 为加权均值差;SMD 为标准化均值差;OR 为比值比;NR 为未报告;AMD 为年龄相关性黄斑变性;DED 为干眼病;GLA 为青光眼;DR 为糖尿病视网膜病变;NIU 为非感染性葡萄膜炎;FM 为固定效应模型;RM 为随机效应模型;CC 为病例对照研究;Crs 为横断面研究;RCT 为随机对照试验;CS 为队列研究。

表 2　纳入研究的非荟萃分析研究特征

Table 2　Characteristics of included non-meta-analysis studies

作者	结局	国家	研究设计	参与者			维生素 D[$(\bar{x}\pm s)$,(ng/mL)]	
				患者组	正常组	总人数	患者组	正常组
Abdellah,2019[34]	白内障	埃及	病例对照研究	325	385	710	7.6 ± 5.5	18.5 ± 9.6
Atalay,2020[35]	白内障	土耳其	病例对照研究	26	53	79	17.31 ± 13.30	13.34 ± 7.87
Öktem,2021[36]	白内障	土耳其	病例对照研究	37	53	90	5.6 ± 8.4	20.8 ± 7.1
Alswailmi,2021[37]	结膜炎	沙特阿拉伯	病例对照研究	26	26	52	38.96 ± 11.37	29.47 ± 11.73
Bozkurt,2018[38]	结膜炎	土耳其	病例对照研究	29	62	91	11.02 ± 5.16	15.99 ± 7.36
Dadaci,2014[39]	结膜炎	土耳其	病例对照研究	49	44	93	8.19 ± 4.34	11.66 ± 5.93
Goksugur,2015[40]	结膜炎	土耳其	病例对照研究	22	31	53	34.1 ± 12.7	21.8 ± 11.3
Sorkhabi,2021[41]	结膜炎	伊朗	病例对照研究	39	32	71	27.64 ± 8.50	35.96 ± 11.34
Kara,2017[42]	翼状胬肉	土耳其	病例对照研究	63	58	121	36.3 ± 18.9	37.5 ± 16.8
Bilak,2021[43]	翼状胬肉	土耳其	病例对照研究	118	94	212	12.06 ± 7.07	20.04 ± 7.96
Örnek,2021[44]	翼状胬肉	土耳其	病例对照研究	35	25	60	56.24 ± 16.60	59.11 ± 13.38
Chun,2018[45]	翼状胬肉	韩国	横断面研究	869	11 389	12 258	17.4 ± 0.2	19.7 ± 0.3
Jee,2016[46]	翼状胬肉	韩国	横断面研究	1 548	17 630	19 178	18.5 ± 0.1	20.4 ± 0.2
Jung,2020[48]	近视	韩国	横断面研究	12 147	13 052	25 199	17.0 + 0.1	18.7 ± 0.1
Kabataş, 2017[47]	视网膜疾病	土耳其	横断面研究	71	26	97	7.1 ± 5.2	11.9 ± 6.5

2　结　果

2.1 研究选择及特征　在进行了全面检索及筛选

后，最终本研究纳入了 13 项 meta 分析，涵盖 6 个结局指标：年龄相关性黄斑变性[21–23]、糖尿病视网膜病变[31–33]、干眼病[27–28]、青光眼[24–26]、非感染性葡萄膜炎[29]和近视[30]。此外，还回顾了 15 项非 meta 观察性研究，研究内容包括相关性白内障[34–36]、翼状胬肉[42–46]、结膜炎[37–41]、早产儿视网膜病变[47]和补充近视研究[48]。

2.2　偏倚风险评估　大多数 meta 分析研究质量较高，但引用不足和缺乏注册信息的问题普遍存在。非 meta 研究中，病例对照研究得分为 6～9 分（满分 9 分），横断面研究得分为 8～10 分（满分 11 分）。

2.3　综合效应大小　采用随机效应模型对非 meta 观察性研究进行了分析，结果显示，白内障 (WMD: −4.49; 95%*CI*: −11.85～2.87; $P<0.001$, I^2=94.3%)、结膜炎 (WMD: 0.30; 95%*CI*: −5.20～5.81; $P<0.001$, I^2=90.7%)、翼状胬肉(WMD: −2.29; 95%*CI*: −2.68～−1.91; $P<0.001$, I^2=99.8%)患者的维生素 D 水平显著低于对照组。见图 2。纳入 meta 分析研究综合评价，得到合并 WMD=−2.17 (95% *CI*:−2.50 ～1.84; P=0.282, I^2=18.7%)。合并 *OR*=0.96 (95%*CI*: 0.92～0.99; $P<0.001$, I^2=87.1%)，结果提示维生素 D 水平与青光眼和近视负相关，与葡萄膜炎正相关。见图 3。

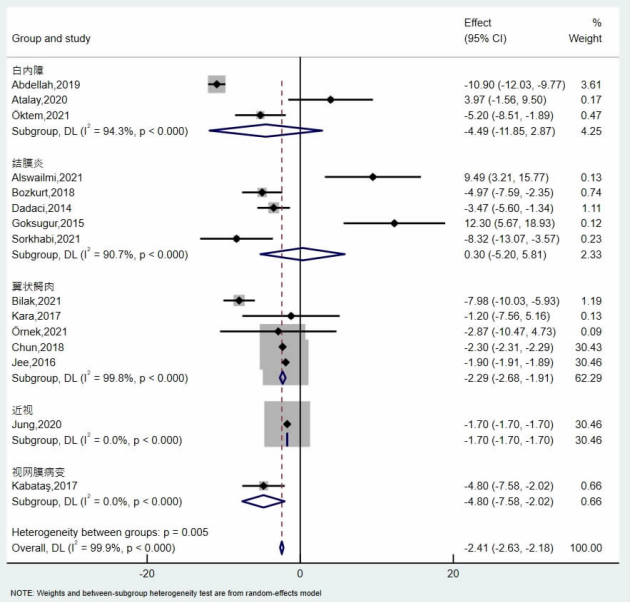
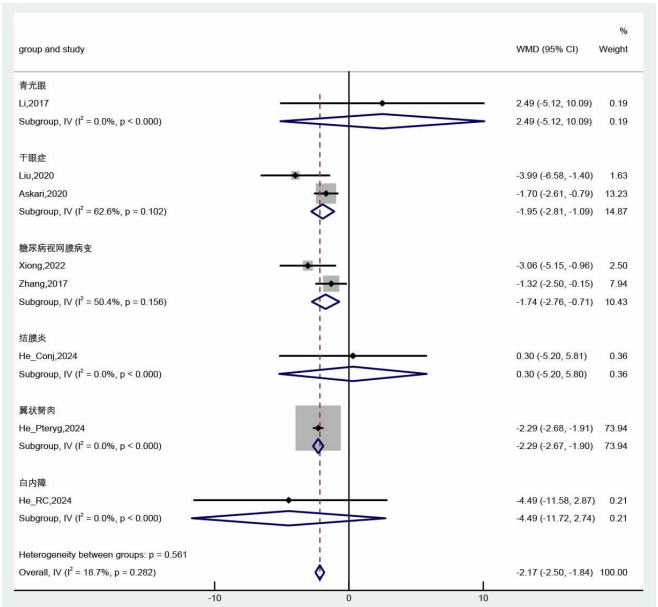
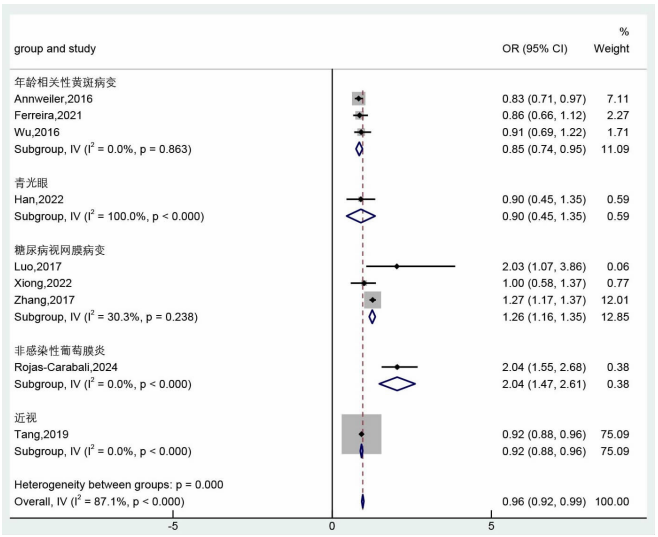


图 2　维生素 D 水平与常见眼病的森林图（不包括原始荟萃分析）

Figure 2　Forest map of vitamin D levels and common ocular diseases (excluding original meta-analysis)





注：WMD 为加权均数差；*OR* 为比值比。

图 3　维生素 D 水平对眼病结果的总体 WMD 和 *OR* 效应值的森林图

Figure 3　Forest plot of total WMD and *OR* effect values of vitamin D levels on ocular disease outcomes

2.4　敏感性及偏倚分析　非 meta 研究的漏斗图显示，翼状胬肉、白内障和结膜炎的研究数据较为对称，未见明显发表偏倚。同时，敏感性分析结果表明，各单项研究对总体结果的影响较小，Egger 检验结果翼状胬肉（P=0.545）、白内障（P=0.082）和结膜炎（P=0.224）均较稳定，见图 4。

取 *OR* 值的 meta 研究漏斗图显示，研究无明显偏倚，且敏感性分析表明剔除任一研究后，结果均保持一致。Egger 检验结果 P=0.352，进一步支持结果的稳健性。见图 5。

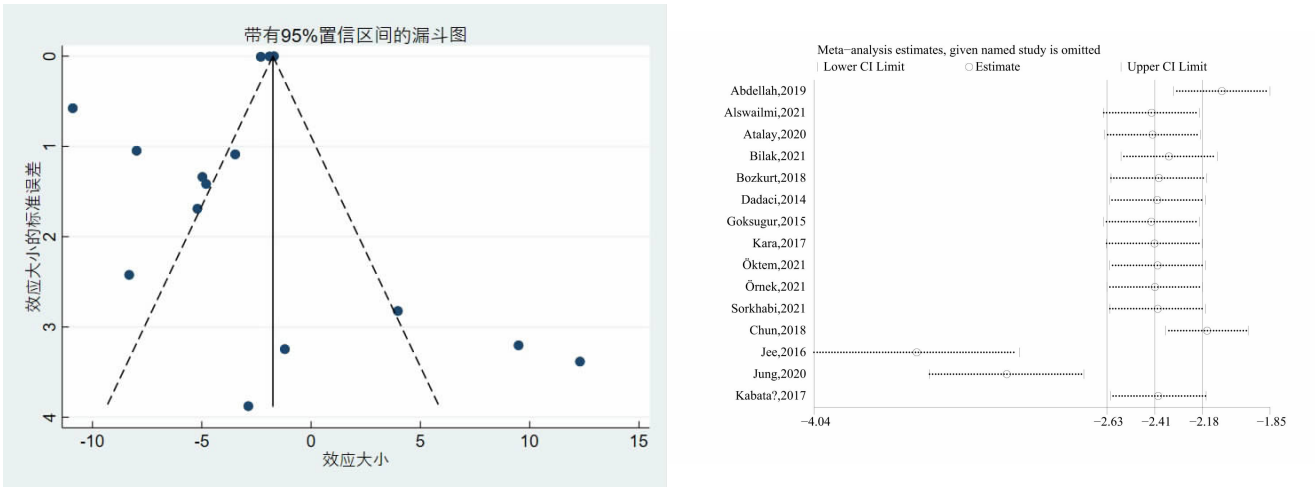


图 4　维生素 D 水平与眼病结果的非荟萃分析研究的漏斗图与敏感性分析

Figure 4　Funnel plot and sensitivity analysis of non−meta−analysis studies on vitamin D levels and ocular disease outcomes

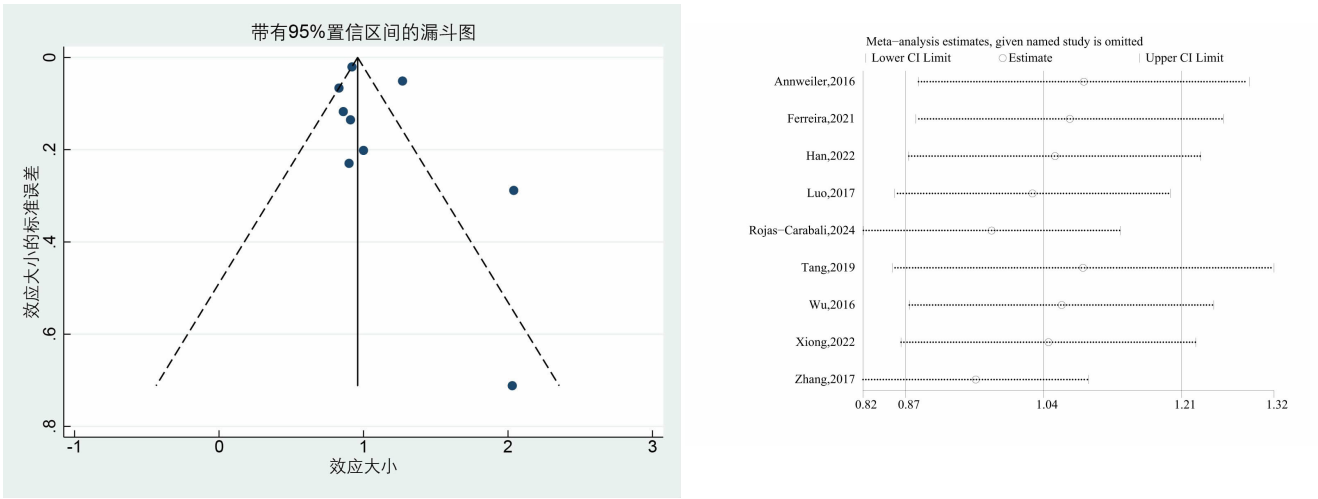


图 5　维生素 D 水平与眼病结果的 *OR* 分析的漏斗图与敏感性分析

Figure 5　Funnel plot and sensitivity analysis of odds ratio (*OR*) analysis between vitamin D levels and ocular disease outcomes

2.5　试验序贯分析　在试验序贯分析中，除无样本量的两项研究外，其余研究的累积 *Z* 值依次跨越传统界值线（*Z*=1.96）和 TSA 界限值，并在达到最佳期望样本量（RIS=49 453）前趋于稳定，表明结果稳健且进一步增加样本量可能不会显著改变结论。见图 6。

3　讨　论

本研究通过系统综述和荟萃分析整合了 104 项研究数据，分析了维生素 D 水平与多种眼部疾病之间的关联。通过 TSA 结果显示，累积 *Z* 值超过传统界值线、TSA 界限值及 RIS 线，表明 meta 分析的统计检验结果具有较高的可信度，现有样本量足以支撑本研究结论的可靠性。

青光眼是一种与眼压升高和视神经损伤相关的慢性眼病[49]。维生素 D 通过其抗炎和抗氧化特性，可能对青光眼的发病机制产生影响。炎症和氧化应激是青光眼发病中的两个关键因素[50]。维生素 D 能够通

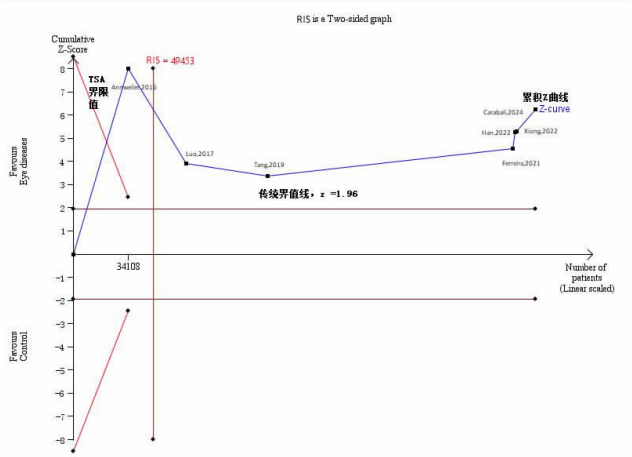


图 6　维生素 D 水平与眼病结果为 *OR* 研究的试验序贯分析

Figure 6　Vitamin D levels and ocular disease outcomes were trial sequential analyses of odds ratio (*OR*) studies

过减少促炎因子的释放，抑制视神经损伤，从而可能延缓青光眼的进展[51]。此外，维生素 D 可能通过调节钙离子通道影响眼压调节系统[52]。

非感染性葡萄膜炎是一种由免疫介导的眼部炎症性疾病，可能导致视力丧失甚至失明[53]。维生素 D 在调节免疫系统中扮演着重要角色，尤其是在抑制过度的炎症反应方面。之前的研究量化了 25(OH)D 水平，表明每增加 1 单位，葡萄膜炎的发生率降低 6%[54]。维生素 D 补充剂和阳光照射也被建议用于预防葡萄膜炎的复发[55]。

近视的发生与发展受到遗传和环境因素的共同影响。维生素 D 可能通过调节眼部细胞的生长和发育，影响眼球形态，从而在户外活动中发挥保护作用[30]。25(OH)D_3 作为眼部阳光照射的生物标志物，既往研究显示，在不同人群中，其浓度降低与近视风险增加之间可能存在生物学关联[56]。因此，维生素 D 在近视发生中的作用可能涉及光照暴露、免疫调节和眼球生长等多个机制。增加维生素 D 的摄入可能有助于缓解近视的发展。

本研究揭示了维生素 D 在眼部疾病中的潜在保护机制，特别是在青光眼、葡萄膜炎和近视等慢性病的防治中展现出较大潜力。然而，目前的研究多为观察性研究，因果关系尚未得到确立。未来的研究应明确维生素 D 在这些疾病中的生物机制，并通过大规模随机对照试验验证维生素 D 补充的临床疗效。此外，针对不同人群的维生素 D 补充剂量和方式也需深入研究，以指导精准的预防和治疗策略。

利益冲突声明　本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] Chen JX, Tang ZY, Slominski AT, et al. Vitamin D and its analogs as anticancer and anti-inflammatory agents [J]. European Journal of Medical Chemistry, 2020, 207: 112738.

[2] Lu XW, Chen Z, Lu J, et al. Effects of 1, 25-Vitamin D3 and 24, 25-Vitamin D_3 on corneal nerve regeneration in diabetic mice [J]. Biomolecules, 2023, 13(12): 1754.

[3] Yin ZH, Pintea V, Lin YP, et al. Vitamin D enhances corneal epithelial barrier function [J]. Investigative Ophthalmology & Visual Science, 2011, 52(10): 7359-7364.

[4] Alsalem JA, Patel D, Susarla R, et al. Characterization of vitamin D production by human ocular barrier cells [J]. Investigative Ophthalmology & Visual Science, 2014, 55(4): 2140-2147.

[5] Lu XW, Chen Z, Watsky MA. Effects of 1,25 and 24,25 vitamin D on corneal fibroblast VDR and vitamin D metabolizing and catabolizing enzymes[J]. Current Eye Research, 2021, 46(9): 1271-1282.

[6] Lin YP, Ubels JL, Schotanus MP, et al. Enhancement of vitamin D metabolites in the eye following vitamin D3 supplementation and UV-B irradiation[J]. Current Eye Research, 2012, 37(10): 871-878.

[7] Kulda V.Metabolizmus vitaminu D[Vitamin D metabolism][J]. Vnitrni Lekarstvi, 2012, 58(5): 400-404.

[8] Johnson JA, Grande JP, Roche PC, et al. Immuno-localization of the calcitriol receptor, calbindin-D28k and the plasma membrane Calcium pump in the human eye[J]. Current Eye Research, 1995, 14 (2): 101-108.

[9] Flaxman SR, Bourne RRA, Resnikoff S, et al. Global causes of blindness and distance vision impairment 1990-2020: a systematic review and meta-analysis[J]. Lancet Global Health, 2017, 5(12): e1221-e1234.

[10] Elizondo RA, Yin ZH, Lu XW, et al. Effect of vitamin D receptor knockout on cornea epithelium wound healing and tight junctions[J]. Investigative Ophthalmology & Visual Science, 2014, 55 (8): 5245-5251.

[11] Layana AG, Minnella AM, Garhöfer G, et al. Vitamin D and Age-Related macular degeneration[J]. Nutrients, 2017, 9(10): 1120.

[12] Tideman JWL, Polling JR, Voortman T, et al. Low serum vitamin D is associated with axial length and risk of myopia in young children[J]. European Journal of Epidemiology, 2016, 31(5): 491-499.

[13] Yildirim P, Garip Y, Karci AA, et al.Dry eye in vitamin D deficiency: more than an incidental association [J]. International Journal of Rheumatic Diseases, 2016, 19(1): 49-54.

[14] Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews[J]. BMJ (Clinical Research ed.), 2021, 372: n71.

[15] Von elm E, Altman DG, Egger M, et al. The strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies[J]. Annals of Internal Medicine, 2007, 147(8): 573-577.

[16] Shea BJ, Reeves BC, Wells G, et al. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both [J]. BMJ (Clinical Research ed.), 2017, 358: j4008.

[17] Stang A. Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses [J]. European Journal of Epidemiology, 2010, 25(9): 603-605.

[18] 曾宪涛，刘慧，陈曦，等. Meta 分析系列之四：观察性研究的质量评价工具[J]. 中国循证心血管医学杂志，2012，4(4)：297-299.
Zeng XT, Liu H, Chen X, et al. Quality assessment tools for observational studies in meta-analysis series part IV [J]. Chinese Journal of Evidence-Bases Cardiovascular Medicine, 2012, 4 (4): 297-299.(In Chinese)

[19] Aromataris E, Fernandez R, Godfrey CM, et al. Summarizing systematic reviews: methodological development, conduct and reporting of an umbrella review approach [J]. International Journal of Evidence-based Healthcare, 2015, 13(3): 132-140.

[20] 翁鸿，李胜，曾宪涛，等. 试验序贯分析软件在 Meta 分析中的应用[J]. 中国循证医学杂志，2016，16(5)：604-611.
Weng H, Li S, Zeng XT, et al. Application of the trial sequential analysis software for meta-analysis [J]. Chinese Journal of Evidence-Based Medicine, 2016, 16(5): 604-611.(In Chinese)

[21] Annweiler C, Drouet M, Duval GT, et al. Circulating vitamin D concentration and age-related macular degeneration: Systematic review and meta-analysis[J]. Maturitas, 2016, 88: 101-112.

[22] Wu W, Weng Y, Guo XN, et al. The association between serum vitamin D levels and Age-Related macular degeneration: a systematic Meta-Analytic review [J]. Investigative Ophthalmology & Visual Science, 2016, 57(4): 2168-2177.

[23] Ferreira A, Silva NS, Furtado MJ, et al. Serum vitamin D and age-related macular degeneration: Systematic review and meta-analysis[J]. Survey of Ophthalmology, 2021, 66(2): 183-197.

[24] Han FF, Fu XX. Vitamin intake and glaucoma risk: A systematic review and meta-analysis [J]. Journal Francais D Ophtalmologie, 2022, 45(5): 519-528.

[25] Ulhaq ZS. Vitamin D and its receptor polymorphisms are associated with glaucoma [J]. Journal Francais D Ophtalmologie, 2020, 43(10): 1009-1019.

[26] Li SJ, Li DH, Shao MX, et al. Lack of association between serum vitamin B6, vitamin B12, and vitamin D levels with different types of glaucoma: a systematic review and Meta-Analysis [J]. Nutrients, 2017, 9(6): 636.

[27] Liu J, Dong Y, Wang Y. Vitamin D deficiency is associated with dry eye syndrome: a systematic review and meta-analysis [J]. Acta Ophthalmologica, 2020, 98(8): 749-754.

[28] Askari G, Rafie N, Miraghajani M, et al. Association between vitamin D and dry eye disease: A systematic review and meta-analysis of observational studies[J]. Contact Lens & Anterior Eye: the Journal of the British Contact Lens Association, 2020, 43(5): 418-425.

[29] Rojas-Carabali W, Pineda-Sierra JS, Cifuentes-Gonz á lez C, et al. Vitamin D deficiency and non-infectious uveitis: A systematic review and Meta-analysis[J]. Autoimmunity Reviews, 2024, 23(2): 103497.

[30] Tang SM, Lau T, Rong SS, et al. Vitamin D and its pathway genes in myopia: systematic review and meta-analysis [J]. British Journal of Ophthalmology, 2019, 103(1): 8-17.

[31] Luo BA, Gao F, Qin LL. The association between vitamin D deficiency and diabetic retinopathy in type 2 diabetes: a Meta-Analysis of observational studies[J]. Nutrients, 2017, 9(3): 307.

[32] Xiong RL, Yuan YX, Zhu ZT, et al. Micronutrients and diabetic retinopathy: evidence from the National health and nutrition examination survey and a meta-analysis [J]. American Journal of Ophthalmology, 2022, 238: 141-156.

[33] Zhang J, Upala S, Sanguankeo A. Relationship between vitamin D deficiency and diabetic retinopathy: a meta-analysis [J]. Canadian Journal of Ophthalmology-Journal Canadien d Ophtalmologie, 2017, 52(Suppl 1): S39-S44.

[34] Abdellah MM, Mohamed Mostafa E, Salama EH, et al. Association of serum 25-Hydroxyl vitamin D deficiency and Age-Related cataract: a Case-Control study[J]. Journal of Ophthalmology, 2019, 2019: 9312929.

[35] Atalay K, Gezer Savur F, Kirgiz A, et al. Serum vitamin d levels in different morphologic forms of age related cataract [J]. Acta Endocrinol (Buchar), 2020, 16(2): 178-182.

[36] Öktem C, , Aslan F. Vitamin D levels in young adult cataract patients: a Case-Control study[J]. Ophthalmic Research, 2021, 64(1): 116-120.

[37] Alswailmi FK, Shah SIA, Al-Mazaideh GM, et al. Serum vitamin D and immunoglobulin E levels in patients with seasonal allergic conjunctivitis[J]. Iium Medical Journal Malaysia, 2021, 20(3): 72-76.

[38] Bozkurt B, Artac H, Ozdemir H, et al. Serum vitamin D levels in children with vernal keratoconjunctivitis [J]. Ocular Immunology and Inflammation, 2018, 26(3): 435-439.

[39] Dadaci Z, Borazan M, Kiyici A, et al. Plasma vitamin D and serum total immunoglobulin E levels in patients with seasonal allergic conjunctivitis[J]. Acta Ophthalmologica, 2014, 92(6): e443-e446.

[40] Goksugur SB, Erdurmus M, Bekdas M, et al. Tear and serum vitamin D levels in children with allergic rhinoconjunctivitis [J]. Allergologia et Immunopathologia, 2015, 43(6): 533-537.

[41] Sorkhabi R, Ahoor MH, Ghorbanihaghjo A, et al. Serum vitamin D levels in patients with vernal keratoconjunctivitis and its relationship with disease severity [J]. European Journal of Ophthalmology, 2021, 31(6): 3259-3264.

[42] Kara N, Ceri S. Vitamin D level in patients with pterygium[J]. Arquivos Brasileiros de Oftalmologia, 2017, 80(4): 229-233.

[43] Bilak Ş, Yılmaz S, Bilgin B. Comparison of vitamin D levels between patients with pterygium and healthy subjects [J]. International Ophthalmology, 2021, 41(9): 3057-3064.

[44] Örnek N, Oğurel T, Kısa Ü. Tear fluid and serum vitamin D concentrations in unilateral pterygium [J]. Optometry and Vision Science : Official Publication of the American Academy of Optometry, 2021, 98(2): 170-174.

[45] Chun YH, Paik JS, Oh JH, et al. Association between pterygium, sun exposure, and serum 25-hydroxyvitamin in a nationally representative sample of Korean adults [J]. Lipids in Health and Disease, 2018, 17(1): 260.

[46] Jee D, Kim EC, Cho E, et al. Positive association between blood 25-Hydroxyvitamin D levels and pterygium after control for sunlight exposure[J]. PLOS One, 2016, 11(6): e0157501.

[47] Kabataş EU, Dinlen NF, Zencirog̃lu A, et al. Relationship between serum 25-hydroxy vitamin D levels and retinopathy of prematurity[J]. Scottish Medical Journal, 2017, 62(4): 129-135.

[48] Jung BJ, Jee D. Association between serum 25-hydroxyvitamin D levels and myopia in general Korean adults [J]. Indian Journal of Ophthalmology, 2020, 68(1): 15-22.

[49] 中华医学会眼科学分会青光眼学组. 中国医师协会眼科医师分会青光眼学组.中国青光眼指南(2020 年)[J]. 中华眼科杂志, 2020, 56(8): 573-586.
Glaucoma Group, Ophthalmology Society of Chinese Medical Association, Glaucoma Group, Ophthalmology Society of Chinese Medical Doctor Association. China glaucoma guide (2020)[J]. Chin J Ophthalmol, 2020, 56(8): 573-586.(In Chinese)

[50] Yoo TK, Oh E, Hong SM. Is vitamin D status associated with open-angle glaucoma? A cross-sectional study from South Korea[J]. Public Health Nutrition, 2014, 17(4): 833-843.

[51] Lazzara F, Amato R, Platania CBM, et al. 1 α ,25-dihydroxyvitamin D3 protects retinal ganglion cells in glaucomatous mice[J]. Journal of Neuroinflammation, 2021, 18(1): 206.

[52] Lee JH, Kwon YJ, Lee HS, et al. Inverse relationship between serum 25-hydroxyvitamin D and elevated intraocular pressure[J]. Nutrients, 2023, 15(2): 423.

[53] Wu X, Tao MY, Zhu L, et al. Pathogenesis and current therapies for non-infectious uveitis[J]. Clinical and Experimental Medicine, 2023, 23(4): 1089-1106.

[54] Koller K, Matos TFK, Areco KN, et al. Serum vitamin D levels as biomarkers in patients with autoimmune uveitis and their possible correlation with disease activity [J]. Ocular Immunology and Inflammation, 2024, 32(5): 628–635.
[55] Chiu ZK, Lim LL, Rogers SL, et al. Patterns of vitamin D levels and exposures in active and inactive noninfectious uveitis patients [J]. Ophthalmology, 2020, 127(2): 230–237.
[56] Yazar S, Hewitt AW, Black LJ, et al. Myopia is associated with lower vitamin D status in young adults[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2014, 55(7): 4552–4559.

收稿日期:2024–09–14

（上接第 159 页）

in diabetes–2021[J]. Diabetes Care, 2021, 44(Suppl 1): S15–s33.
[10] Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, et al. 2011 compendium of physical activities: a second update of codes and Met values [J]. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2011, 43 (8): 1575–1581.
[11] Xiao X, Qin ZX, Lv XY, et al. Dietary patterns and cardiometabolic risks in diverse less–developed ethnic minority regions: results from the China Multi–Ethnic Cohort (CMEC) Study[J]. Lancet Reg Health West Pac, 2021, 15: 100252.
[12] Snowden JM, Rose S, Mortimer KM. Implementation of G–computation on a simulated data set: demonstration of a causal inference technique [J]. American Journal of Epidemiology, 2011, 173(7): 731–738.
[13] Khosravi A, Nazemipour M, Shinozaki T, et al.Population attributable fraction in textbooks: Time to revise [J]. Glob Epidemiol, 2021, 3: 100062.
[14] Zhang K, Chen G, He J, et al. DNA methylation mediates the effects of PM (2.5)and O (3)on ceramide metabolism: A novel mechanistic Link between air pollution and insulin resistance [J]. Journal of Hazardous Materials, 2024, 469: 133864.
[15] Zhang YR, Yan ZP, Nan N, et al. Circadian rhythm disturbances involved in ozone–induced glucose metabolism disorder in mouse liver[J]. Science of the Total Environment, 2023, 905: 167316.
[16] Nan N, Liu YT, Yan ZP, et al. Ozone induced multigenerational glucose and lipid metabolism disorders in Drosophila [J]. Science of the Total Environment, 2024, 951: 175477.
[17] Renzi M, Cerza F, Gariazzo C, et al. Air pollution and occurrence of type 2 diabetes in a large cohort study[J]. Environment International, 2018, 112: 68–76.
[18] Paul LA, Burnett RT, Kwong JC, et al. The impact of air pollution on the incidence of diabetes and survival among prevalent diabetes cases[J]. Environment International, 2020, 134: 105333.
[19] Yang BY, Qian ZM, Li SS, et al. Ambient air pollution in relation to diabetes and glucose–homoeostasis markers in China: a cross–sectional study with findings from the 33 Communities Chinese Health Study [J]. Lancet Planetary Health, 2018, 2 (2): e64–e73.
[20] Li ZW, Liu MY, Wu ZY, et al. Association between ambient air pollution and hospital admissions, length of hospital stay and hospital cost for patients with cardiovascular diseases and comorbid diabetes mellitus: Base on 1,969,755 cases in Beijing, China, 2014–2019[J]. Environment International, 2022, 165: 107301.
[21] Qiao X, Wang P, Zhang J, et al. Spatial–temporal variations and source contributions to forest ozone exposure in China [J]. Science of the Total Environment, 2019, 674: 189–199.
[22] Wang XJ, Ling C, Ke G, et al. Spatio–temporal trajectory evolution and cause analysis of air pollution in Chengdu, China [J]. Journal of the Air & Waste Management Association, 2022, 72(8): 876–894.

收稿日期:2024–10–10

读者·作者·编者

温馨提示

为了使杂志能准确投递，敬请作者在单位一栏写明详细科室及联系电话。通信作者必须写明 E–mail 地址。

《现代预防医学》 编辑部