

基于Meta分析的中国人群乙肝疫苗抗体阳性率推断研究

陈心悦

北京建筑大学理学院, 北京

收稿日期: 2025年12月6日; 录用日期: 2025年12月27日; 发布日期: 2026年1月8日

摘要

抗-HBs阳性率是评估乙肝疫苗免疫效果的关键指标, 然而目前相关数据存在两个突出问题: 一是局部性调查难以全面反映全国层面的实际水平; 二是样本量有限或在低流行地区仍采用传统统计方法, 导致估计误差较大, 且未能充分利用历史数据, 影响了结果的可靠性。为此, 本研究采用Meta分析方法, 旨在实现对全国人群抗-HBs阳性率的稳健统计推断, 为优化乙肝疫苗免疫策略提供可靠依据。通过Meta分析整合13项研究(共计22,312人)发现, 中国15~59岁人群抗-HBs阳性率为55.60%(95%CI: 49.44%~61.69%)。敏感性分析显示结果波动范围在±2%以内, 发表偏倚检验结果无统计学意义($P = 0.418$), 进一步证实了研究结果的稳健性。本研究为乙肝免疫策略的优化提供了重要科学依据。基于Meta分析对全国范围抗-HBs阳性率进行的稳健推断, 能够更准确地反映普通人群的乙肝疫苗免疫保护水平, 有助于公共卫生决策者制定针对性接种计划、合理配置资源, 并加强对重点人群的干预措施。

关键词

乙型肝炎疫苗, 抗-HBs阳性率, Meta分析, 敏感性分析

Inference of Hepatitis B Vaccine Antibody Seropositivity Rate in the Chinese Population Based on Meta-Analysis

Xinyue Chen

College of Science, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing

Received: December 6, 2025; accepted: December 27, 2025; published: January 8, 2026

Abstract

The anti-HBs seropositivity rate is a key indicator for evaluating the immunization effectiveness of

文章引用: 陈心悦. 基于Meta分析的中国人群乙肝疫苗抗体阳性率推断研究[J]. 统计学与应用, 2026, 15(1): 79-86.
DOI: 10.12677/sa.2026.151008

the hepatitis B vaccine. However, current data face two prominent issues: firstly, localized surveys struggle to comprehensively reflect the actual level at the national scale; secondly, studies with limited sample sizes or those conducted in low-prevalence areas often still employ traditional statistical methods. This leads to significant estimation errors and a failure to fully utilize historical data, thereby compromising the reliability of the results. To address this, this study employs a Meta-analysis approach, aiming to achieve robust statistical inference of the anti-HBs seropositivity rate for the national population, thereby providing a reliable basis for optimizing hepatitis B vaccine immunization strategies. By integrating 13 studies (total sample size $n = 22,312$) via Meta-analysis, the anti-HBs seropositivity rate among the Chinese population aged 15~59 years was found to be 55.60% (95% CI: 49.44%~61.69%). Sensitivity analysis showed that the result fluctuation remained within $\pm 2\%$, and the publication bias test was not statistically significant ($P = 0.418$), further confirming the robustness of the findings. This study provides important scientific evidence for the optimization of hepatitis B immunization strategies. The robust inference of the nationwide anti-HBs seropositivity rate based on meta-analysis can more accurately reflect the level of hepatitis B vaccine-induced immune protection in the general population. This aids public health decision-makers in formulating targeted vaccination plans, rationally allocating resources, and strengthening intervention measures for key populations.

Keywords

Hepatitis B Vaccine, Anti-HBs Seropositivity Rate, Meta-Analysis, Sensitivity Analysis

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

乙型病毒性肝炎是由乙型肝炎病毒(HBV)感染引起的、以肝脏炎症为主要特征的传染病，可以通过血液、性接触和母婴途径传播，乙肝存在较高的慢性化风险，且慢性感染可进一步导致肝硬化和肝癌[1]。中国是全球乙肝高流行国家之一，多年来乙肝发病数和发病率一直高居法定报告传染病前列。接种乙肝疫苗(Hepatitis B vaccine, HepB)是预防HBV感染的有效手段。中国自1992年将HepB纳入儿童计划免疫管理，并于2002年正式纳入儿童计划免疫(EPI)，至2005年实现了全国范围内的免费全覆盖接种[2]。中国乙肝防治工作取得明显进展，据2006年全国乙肝血清流行病学调查，我国1~59岁人群乙肝表面抗原携带率从1992年的9.75%降至7.18%，全国人群乙肝抗体阳性率为50.09%，15~59岁人群中乙肝表面抗体阳性率为47.38%[3]。2020年开展的第四次血清流行病学调查结果表明，1~69岁人群的HBsAg感染率降低至5.86%[4]。

抗-HBs阳性率是评估乙肝疫苗保护效果的核心指标，但国内目前仅依赖分散的流行病学调查获取数据。且此类研究存在方法学局限：首先，样本量和地域覆盖不足，难以反映全国差异；其次，经典统计学在小样本或低流行地区等数据稀疏场景下估计性能降低，且无法有效整合历史研究信息，导致高不确定性。此外，大规模血清学调查成本高昂、实施困难，严重限制了数据的全面性与时效性。

为克服上述局限，并获得能够有效反映全国15~59岁普通人群抗-HBs阳性率的稳健估计，本研究拟通过系统而规范的Meta分析流程，整合国内已发表的有关中国15~59岁人群抗-HBs阳性率的相关研究，以形成对该指标全国水平的稳健统计推断，旨在为我国乙肝疫苗免疫策略的优化与调整提供科学依据与决策支持。

2. 方法

2.1. 文献检索策略

本研究的文献检索策略为：以中文搜索式在中国知网(CNKI)、万方数据库、维普数据库中进行中文文献检索，以英文搜索式在 PubMed 中进行英文相关文献检索。英文检索词为(“anti-HBs” OR ‘HBsAb’ OR “hepatitis B surface antibody” OR “anti-HBs antibody”) AND (“prevalence” OR “seroprevalence” OR “positive rate” OR “epidemiology”) AND (“Chinese” OR “China”) AND (“15~59 years” OR “adult”); 中文检索词为(“抗-HBs”或“乙肝表面抗体”或“HBsAb”或“乙型肝炎表面抗体”或“抗-HBs 抗体”)和(“血清阳性率”或“检出率”或“阳性率”或“流行率”)和(“15~59岁”或“成年人”或“青壮年”), 检索我国 2015~2025 年有关乙肝表面抗体阳性率的文献。另外，辅以参考文献的追溯、手工检索等多种途径、多个渠道、最大可能地收集相关文献。

2.2. 纳入和排除标准

本研究遵循的纳入标准：1) 有关中国 15~59 岁普通人群抗-HBs 阳性率的横断面研究；2) 文献必须提供抗-HBs 阳性人数及总检测人数；3) 文献必须明确说明抗-HBs 的实验室检测方法(如 ELISA、化学发光法等)；4) 研究开展时间为 2015~2025 年；5) 以英文或中文发表的文献。

本研究遵循的排除标准：1) 综述、病例研究或报告、讲座、评论、会议摘要、重复发表以及数据不完整或未报告原始数据的文献；2) 研究的目标人群是特殊人群，比如性工作者、受血者以及静脉内注射吸毒者等。

2.3. 数据提取

使用文献管理软件 Endnote 对导出的文献进行管理，剔除不同数据库检索出的重复文献后，根据纳

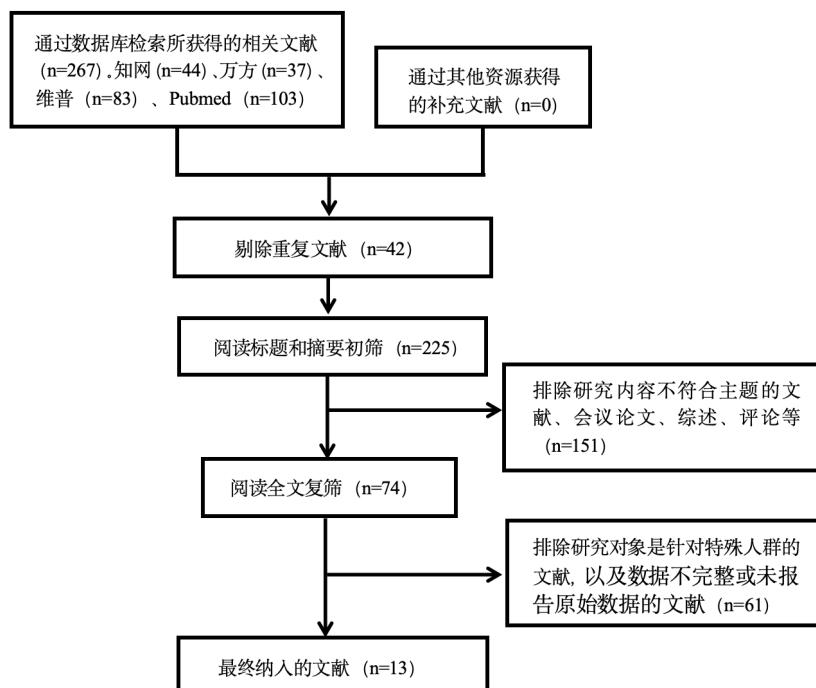


Figure 1. Flowchart of literature screening for the meta-analysis

图 1. Meta 分析文献筛选流程图

入选与排除标准,由3名研究者通过阅读标题和摘要的方式初筛文献,并互相检查初筛结果,保留符合标准及存在争议的文献后,继续通过阅读全文的方式进行复筛,复筛完成后研究者们相互交换结果,复核并讨论最终应纳入的文献。最后根据事先设计好的表格,由3名研究者提取最终纳入文献的信息及数据,并将其填入表格。资料提取内容包括:文章的第一作者、发表时间、研究时间、研究目标人群所在地区、年龄、样本量、抗-HBs阳性人数、抗-HBs阳性率、检测方法。具体文献筛选流程见图1。

经文献去重筛选后,对最终纳入的225篇研究进行发表年份分析,如图2年度趋势折线图所示,该类研究年发文量于2015年达到峰值(48篇)后呈波动性下降态势。

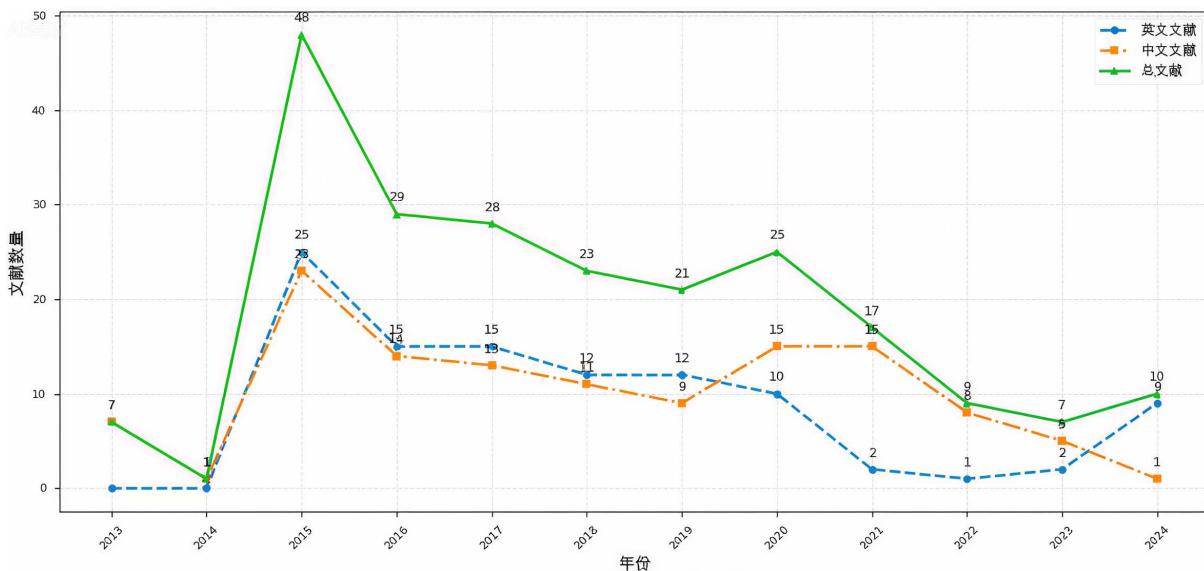


Figure 2. Annual trend in the number of included studies (2013~2024)
图2. 文献数量年度趋势(2013~2024)

2.4. 抗-HBs 阳性率纳入研究特征

抗-HBs 阳性率研究共纳入了13篇文献,基本特征如表1所示。13篇文献中有1篇发表于2018年,3篇发表于2019年,5篇发表于2020年,1篇发表于2021年,2篇发表于2022年,1篇发表于2023年,1篇发表于2024年。纳入文献的样本量例数最小为108,最大为4361,总样本量为22,312。抗-HBs 阳性率最低为38.33%,最高为76.48%。入选的地区均来自中国不同省市,其中省级地区包括2篇,分别来自浙江省、福建省、自治区包括1篇,为广西壮族自治区,市级及以下地区包括10篇。13篇文献中有8篇检测HBsAb时使用的实验室方法是酶联免疫吸附试验法(enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA),5篇使用的是化学发光微粒子免疫分析(chemiluminescent microparticle immunoassay, CMIA)技术。

Table 1. Characteristics of studies included in the anti-HBs seropositivity rate analysis

表1. 抗-HBs 阳性率纳入研究特征

| 作者 | 研究时间 | 年龄范围 | 地区 | 总样本量 | 阳性人数 | 阳性率 | 检测方法 |
|--------|-----------|-------|--------------|------|------|--------|-------|
| 史亚川[5] | 2018 | 15~59 | 浙江省 | 2294 | 1349 | 58.81% | ELISA |
| 张扬[6] | 2023 | 15~59 | 河北省承德市 | 783 | 339 | 43.30% | ELISA |
| 李伟青[7] | 2019~2021 | 15~59 | 河南省郑州市 | 1031 | 687 | 66.63% | CMIA |
| 杨晓丹[8] | 2022 | 15~59 | 广西柳州市三江侗族自治县 | 2000 | 931 | 46.55% | ELISA |

续表

| | | | | | | | |
|---------|-----------|-------|-----------|------|------|--------|-------|
| 杨秀惠[9] | 2019~2020 | 15~59 | 福建省 | 4168 | 3188 | 76.48% | ELISA |
| 杨进新[10] | 2021 | 15~59 | 广西桂林市龙胜县 | 987 | 478 | 48.43% | ELISA |
| 杨进新[11] | 2018 | 15~59 | 广西桂林市 | 349 | 209 | 59.89% | CMIA |
| 杨锟[12] | 2017 | 15~59 | 安徽省马鞍山市 | 2159 | 1157 | 53.59% | ELISA |
| 肖红霞[13] | 2016 | 15~59 | 湖北省武汉市汉南区 | 180 | 69 | 38.33% | ELISA |
| 邓秋云[14] | 2018 | 15~59 | 广西壮族自治区 | 4361 | 2618 | 60.03% | CMIA |
| 陈雅红[15] | 2015 | 15~59 | 福建省泉州市 | 3676 | 1989 | 54.11% | ELISA |
| 韦凤桂[16] | 2018 | 15~59 | 广西南宁市上林县 | 108 | 68 | 62.96% | CMIA |
| 龙海艺[17] | 2018 | 15~59 | 广西防城港市 | 216 | 110 | 50.93% | CMIA |

注：ELISA：酶联免疫吸附试验法；CMIA：化学发光微粒子免疫分析法。

3. 结果

3.1. 抗-HBs 阳性率分析

对这 13 篇合格文献采用随机效应模型进行 Meta 分析，结果显示，近 10 年我国 15 岁~59 岁普通人群合并的抗-HBs 阳性率为 55.60% (95% CI: 49.44%~61.69%)，且纳入的 13 个研究存在明显的异质性($I^2 = 98.88\%$, $P < 0.05$)，详见图 3。

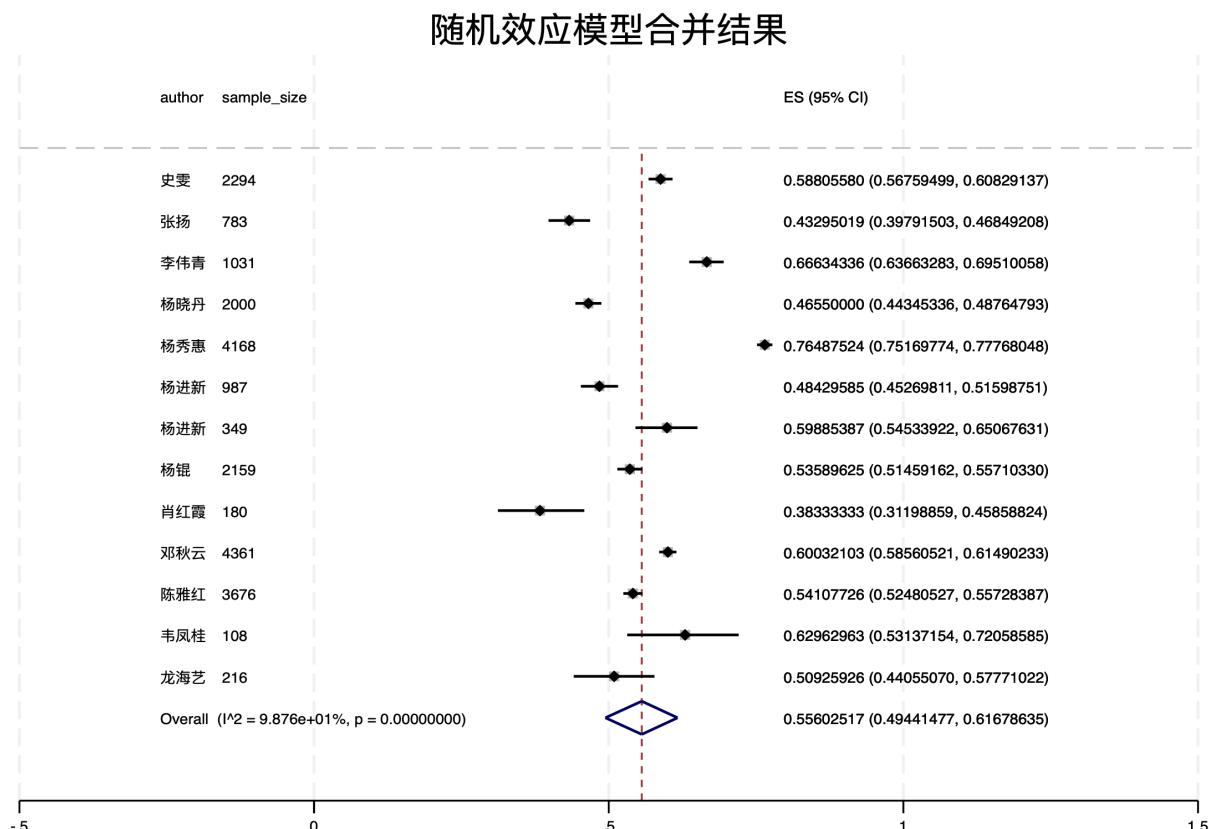


Figure 3. Forest plot of the meta-analysis for Anti-HBs seropositivity rate in the Chinese general population aged 15~59 years
图 3. 我国 15~59 岁普通人群抗-HBs 阳性率的 Meta 分析森林图

3.2. 敏感性分析

通过敏感性分析(逐项剔除研究法)评估单个研究对合并效应量的影响程度,以检验结果的稳健性。根据表2结果显示,所有敏感性分析中合并效应量的变化范围在-1.33%至1.89%之间,未发现对总体结果产生显著影响的异常研究。

Table 2. Results of the sensitivity analysis

表2. 敏感性分析结果

| 排除编号 | 排除文献 | 合并效应量[95% CI] | I ² (%) | Tau ² | 变化幅度(%) |
|------|---------|-------------------------------------|--------------------|------------------|---------|
| 1 | 史亚川[5] | 0.55315842 [0.48470570, 0.62061785] | 98.86 | 0.0563104 | 0.29 |
| 2 | 张扬[6] | 0.56644205 [0.50375239, 0.62808666] | 98.75 | 0.04714195 | -1.04 |
| 3 | 李伟青[7] | 0.54638024 [0.48104496, 0.61092649] | 98.83 | 0.05112547 | 0.96 |
| 4 | 杨晓丹[8] | 0.56383718 [0.50118483, 0.62548747] | 98.66 | 0.04697486 | -0.78 |
| 5 | 杨秀惠[9] | 0.53715706 [0.49868361, 0.57541122] | 95.86 | 0.01648481 | 1.89 |
| 6 | 杨进新[10] | 0.56210011 [0.49780248, 0.62537165] | 98.80 | 0.04960075 | -0.61 |
| 7 | 杨进新[11] | 0.55248126 [0.48770989, 0.61637412] | 98.86 | 0.05043118 | 0.35 |
| 8 | 杨锟[12] | 0.55768456 [0.49062315, 0.62371054] | 98.82 | 0.05401246 | -0.17 |
| 9 | 肖红霞[13] | 0.56934867 [0.50622257, 0.63136711] | 98.82 | 0.04823783 | -1.33 |
| 10 | 邓秋云[14] | 0.55201793 [0.48008769, 0.62287539] | 98.86 | 0.06235463 | 0.40 |
| 11 | 陈雅红[15] | 0.55720061 [0.48815461, 0.62515854] | 98.88 | 0.05734894 | -0.12 |
| 12 | 韦凤桂[16] | 0.55066096 [0.48665369, 0.61383940] | 98.86 | 0.04969801 | 0.54 |
| 13 | 龙海艺[17] | 0.55968793 [0.49550408, 0.62288899] | 98.85 | 0.04971141 | -0.37 |

Table 3. Results of egger's test

表3. Egger's 检验结果

| 变量 | 系数 | 标准误 | t 值 | P > t | [95%置信区间] |
|----|-----------|-----------|-------|--------|-----------------------|
| 斜率 | 0.5463807 | 0.2672255 | 2.04 | 0.066 | [-0.0417786, 1.13454] |
| 偏差 | -4.491777 | 5.332143 | -0.84 | 0.418 | [-16.22775, 7.244191] |

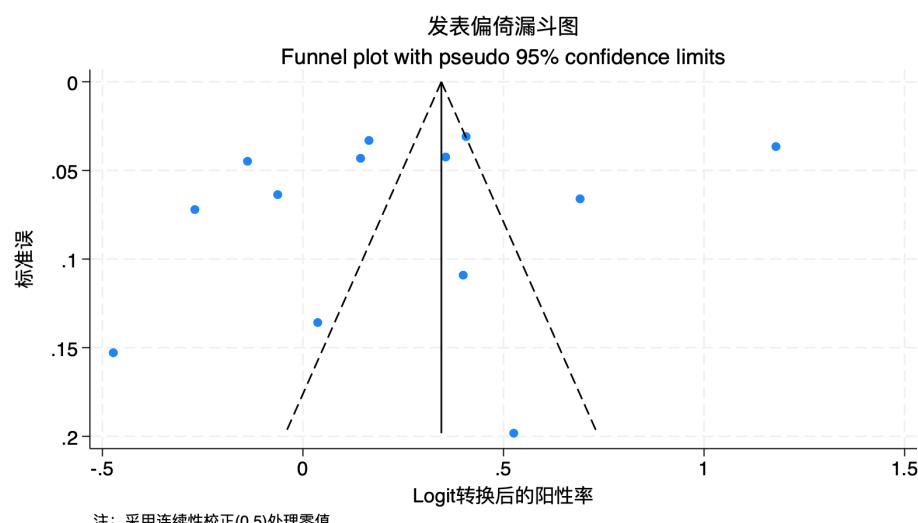


Figure 4. Funnel plot for assessing publication bias

图4. 发表偏倚漏斗图

3.3. 偏倚控制

本研究采用了 Egger's 检验进行发表偏倚评估, 检验结果($P = 0.418 > 0.05$)表明不存在显著发表偏倚, 见表 3。图 4 漏斗图呈对称分布, 进一步证实了结果的可靠性。

4. 结论

本研究基于近十年中国 15~59 岁普通人群抗-HBs 阳性率的相关研究, 通过 Meta 分析合并 13 项合格文献(总样本量 $n = 22,312$), 得出该人群合并抗-HBs 阳性率为 55.60% (95%CI: 49.44%~61.69%)。敏感性分析显示, 逐次剔除单项研究后合并率的波动范围较小(-1.33% 至 +1.89%), 表明结果具有较好的稳健性; Egger's 线性回归检验结果显示无显著发表偏倚($P = 0.418$)。然而, 受限于现有文献的地理分布不均, 本研究结果在推断全国代表性时存在一定局限性。今后需进一步开展覆盖更广泛地理区域, 特别是目前数据缺失地区的研究, 以获取更精确的全国性估计, 为完善公共卫生策略提供依据。

5. 讨论

本研究系统评估了 2015~2025 年间中国 15~59 岁普通人群抗-HBs 阳性率水平。Meta 分析结果显示, 合并抗-HBs 阳性率为 55.60% (95%CI: 49.44%~61.69%), 这反映出我国在推进乙肝疫苗接种与免疫规划方面已取得显著成效。然而, 结果也提示仍有约 44% 的该人群未能检出有效保护水平的抗体, 说明其面临乙肝病毒感染的风险, 免疫屏障尚待进一步加强。

值得注意的是, 本研究主要基于“抗-HBs 阳性”(通常界定为 $\geq 10 \text{ mIU/mL}$)这一二分变量进行合并分析。尽管阳性率是评估人群免疫保护的基础指标, 但抗体滴度水平的高低对于长期免疫保护的持久性具有重要意义。现有研究表明, 接种乙肝疫苗后, 抗-HBs 滴度会随时间逐渐衰减, 初始接种后产生较高滴度(如 $\geq 100 \text{ mIU/mL}$)的个体, 其免疫保护持续时间通常更长, 免疫记忆也更稳固。因此, 仅关注“阳性率”可能掩盖不同个体或亚群之间实际的免疫保护梯度差异。针对 15~59 岁成年人群, 尤其是其中免疫力相对低下、职业暴露风险较高或距离末次接种时间较长的亚群(如慢性病患者、医务工作者、某些特定职业人群等), 其抗体水平可能已处于临界保护范围或已衰减至阴性。这提示, 在公共卫生实践中, 除了监测总体阳性率, 未来考虑在高危或重点成人亚群中探索开展抗体水平筛查, 并基于滴度评估结果, 科学论证与实施加强免疫策略的必要性与具体方案, 从而提升免疫保护的精准性和持续性。

在方法学方面, 敏感性分析表明本研究结果较为稳定, 受单项研究影响较小; Egger's 检验未提示明显的发表偏倚。然而, 需要指出的是, 本研究的局限性之一在于所纳入文献的地理分布并不均衡, 某些地区的研究数据较多, 而另一些地区(特别是西部及部分偏远省份)的数据相对缺乏或缺失。这一地理分布的不均衡性可能在一定程度上影响合并估计值对“全国水平”的代表性, 因此, 在解释结果时应避免过于绝对的“全国性”推论。

综上, 本研究通过整合现有高质量证据, 为该人群抗-HBs 阳性率提供了现阶段更具一般性的估计, 也为后续免疫策略的精准调整提供了科学参考。未来研究有必要在全国范围内, 尤其是目前数据覆盖不足的地区, 开展更多具有区域代表性的流行病学调查, 以获取更全面、更精确的全国性数据; 同时, 往后的研究致力于在调查中纳入对抗-HBs 滴度的检测与分析, 并重点探讨成年人群中不同特征亚群的免疫持久性差异, 从而为制定差异化的抗体筛查指南和加强免疫策略提供直接证据, 进一步优化我国成人乙型肝炎的免疫防护体系。

参考文献

- [1] 李丽娟, 任红. 传染病学[M]. 第 9 版. 北京: 人民卫生出版社, 2019.

-
- [2] 崔富强, 龚晓红, 陈园生, 等. 中国乙型肝炎疫苗预防接种策略分析和非新生儿人群接种乙型肝炎疫苗可行性探讨[J]. 中国疫苗和免疫, 2008, 14(6): 553-558.
 - [3] 梁晓峰, 毕胜利, 杨维中, 等. 中国乙型肝炎血清流行病学调查——乙型肝炎疫苗接种导致 HBsAg 流行率下降[J]. 疫苗, 2009, 27(47): 6550-6557.
 - [4] 郑红, 王宇, 王富珍, 等. 中国乙肝防控新进展及感染者健康服务衔接: 基于 2020 年全国第四次血清流行病学调查证据[J]. 柳叶刀-区域健康(西太平洋), 2024(51): 101-193.
 - [5] 施文, 周洋, 袁聪, 等. 2018 年浙江省健康人群乙型肝炎血清流行病学调查[J]. 疾病监测, 2020, 35(10): 904-908.
 - [6] 张玥, 黄威, 李倩, 等. 2023 年承德脱贫地区 15-59 岁人群乙型肝炎血清流行病学调查[J]. 中国疫苗和免疫, 2023, 29(5): 529-533.
 - [7] 李文倩, 王瑞, 李凡, 等. 2019-2021 年郑州市 0-79 岁人群乙型肝炎血清流行病学调查[J]. 医药论坛杂志, 2022, 43(11): 72-77, 82.
 - [8] 杨晓东, 杨丽群, 杨霞, 等. 2022 年三江县 15-59 岁人群乙型肝炎血清流行病学特征及影响因素分析[J]. 应用预防医学, 2024, 30(4): 275-281.
 - [9] 杨秀惠, 周勇, 张洪荣, 等. 2019-2020 年福建省乙型肝炎血清流行病学调查[J]. 海峡预防医学杂志, 2021, 27(6): 1-4.
 - [10] 杨金香, 戴德芳, 姚麒, 等. 2021 年桂北地区 1-59 岁侗族人群乙型肝炎血清流行病学调查[J]. 中国疫苗和免疫, 2022, 28(5): 544-549.
 - [11] 杨金香, 喻晓燕, 陈梦诗, 等. 2018 年桂林农村地区乙型肝炎血清流行病学调查[J]. 应用预防医学, 2019, 25(2): 128-130.
 - [12] 杨凯, 方大春, 覃琴容, 等. 2017 年马鞍山市 60 岁以下人群乙型肝炎血清流行病学调查[J]. 中华疾病控制杂志, 2019, 23(1): 50-55.
 - [13] 肖红霞, 周爽, 喻荷, 等. 2016 年武汉市汉南区乙型肝炎血清流行病学调查[J]. 应用预防医学, 2018, 24(2): 156-157.
 - [14] 邓秋云, 钟革, 刘巍, 等. 2018 年广西 1-59 岁人群乙型肝炎感染状况血清学调查[J]. 中国疫苗和免疫, 2020, 26(1): 25-29.
 - [15] 陈雅红, 洪思让, 陈清婷, 等. 2015 年泉州市健康人群乙型肝炎表面抗体水平及易感性分析[J]. 海峡预防医学杂志, 2020, 26(2): 20-22.
 - [16] 韦福光. 上林县 1-59 岁人群乙型肝炎血清流行病学调查[J]. 中国科技期刊数据库(全文版)医药卫生, 2020(3): 42-44.
 - [17] 龙海燕, 黄坚, 李永琴, 等. 2018 年防城港市 1-59 岁人群乙型肝炎血清流行病学调查[J]. 江苏预防医学, 2019, 30(4): 428-429, 473.