

流感疫苗季节性接种对老年人重症发生率的防控效果

苏晓霞

宁夏回族自治区固原市原州区疾病预防控制中心 宁夏 固原 756000

摘要: 老年人因免疫功能衰退、基础疾病叠加及年龄分层差异, 面临较高流感重症风险。流感疫苗通过诱导特异性抗体、抑制病毒复制与传播、降低炎症因子释放等机制发挥保护作用。接种策略中, 最佳窗口期与加强接种可提升防控效果, 而疫苗株匹配度、个体免疫应答差异及接种覆盖范围是影响效果的关键变量。科学制定接种策略, 可有效降低老年人流感重症发生率。

关键词: 流感疫苗; 老年人; 重症发生率; 接种策略; 免疫机制

引言: 流感作为全球性公共卫生问题, 对老年人健康构成严重威胁。老年人因免疫系统功能衰退、常合并多种基础疾病, 感染流感后更易发展为重症, 甚至危及生命。季节性流感疫苗接种是预防流感重症的有效手段, 其作用机制涉及免疫应答激活、病毒活动抑制及炎症反应调控等多方面。然而, 接种效果受多种因素影响, 包括接种时机、剂次安排、疫苗株匹配度及个体免疫差异等。深入探讨这些因素, 对优化老年人流感防控策略具有重要意义。

1 老年人流感重症的关键影响因素

1.1 老年人群免疫功能衰退与重症易感性的关联

随着年龄增长, 老年人免疫系统发生一系列复杂变化, 这些变化显著提升流感重症发生风险^[1]。免疫衰老过程中, T细胞功能出现显著退化, 初始T细胞数量减少, 记忆T细胞库多样性降低, 导致对新型流感病毒抗原识别与应答能力下降。B细胞功能同样受损, 抗体亲和力成熟过程受阻, 产生高效价中和抗体的能力减弱, 使得病毒在体内持续复制时间延长。固有免疫系统方面, 巨噬细胞吞噬功能与趋化能力降低, 中性粒细胞呼吸爆发活性减弱, 自然杀伤细胞杀伤活性下降, 这些改变延缓了早期病毒清除效率。树突状细胞抗原提呈功能受损进一步削弱了适应性免疫应答的启动速度。上述免疫功能衰退的叠加效应, 使老年人在接触流感病毒后更易出现病毒血症, 病毒载量持续处于较高水平, 为重症发展奠定病理基础。

1.2 基础慢性疾病与流感重症发生的叠加效应

老年人常合并多种慢性基础疾病, 这些疾病与流感感染形成复杂的交互作用网络。心血管系统疾病患者存在血管内皮功能障碍, 流感病毒感染诱发的全身性炎症反应可加剧血管痉挛与血栓形成风险。呼吸系统疾病患者肺泡表面活性物质合成减少, 流感病毒直接损伤气道

上皮细胞后, 更易引发通气/血流比例失调与低氧血症。代谢系统疾病患者糖脂代谢紊乱导致免疫细胞功能进一步受损, 糖尿病患者高血糖环境促进病毒复制并抑制淋巴细胞增殖。肾脏疾病患者体内代谢废物蓄积影响免疫调节分子合成, 削弱机体抗病毒防御能力。这些基础疾病与免疫功能衰退相互影响, 如同多米诺骨牌一般, 进一步加剧了老年人流感重症的发生风险, 使得防控工作面临更大挑战。这些基础疾病通过改变宿主生理环境、干扰免疫应答路径、增加继发感染风险等多重机制, 显著提升流感重症转化概率。

1.3 年龄分层对流感重症风险的差异化作用

不同年龄阶段老年人流感重症风险呈现梯度性差异。低龄老年人(60-74岁)虽存在免疫功能衰退, 但器官储备功能相对完整, 重症发生率较低。高龄老年人(≥ 75 岁)则面临更严峻挑战, 随着年龄增长, 免疫衰老进程加速, 同时多器官系统功能进行性减退, 机体对炎症风暴的耐受能力显著下降。这种年龄差异不仅体现在生理层面, 还与老年人的生活方式、社会支持等因素有关, 这些因素共同作用, 进一步放大了高龄老年人流感重症的风险。这种年龄依赖性的风险差异, 反映了生理储备耗竭与免疫功能衰退的协同作用, 为制定差异化预防策略提供了理论依据。

2 流感疫苗季节性接种的作用机制

2.1 疫苗诱导机体产生特异性抗体的免疫过程

流感疫苗通过模拟病毒抗原结构激活机体免疫系统, 启动特异性免疫应答。灭活疫苗中的病毒颗粒或重组蛋白抗原被抗原提呈细胞捕获后, 经加工处理与主要组织相容性复合体结合, 呈递至T细胞表面。辅助性T细胞识别抗原-MHC复合体后被激活, 分泌细胞因子引导B细胞分化。对于老年人而言, 疫苗诱导的免疫应答过程虽因免疫衰老存在一定程度的弱化, 但通过优化疫苗配方如

添加佐剂,可有效增强抗原提呈效率,促进免疫细胞的活化与增殖,弥补老年机体免疫功能的不足,从而提升特异性抗体的产生水平和持续时间,为老年人构建针对性的免疫保护屏障。B细胞在抗原刺激与T细胞辅助下,经历克隆扩增与抗体亲和力成熟过程,最终分化为浆细胞,大量合成并分泌针对流感病毒血凝素与神经氨酸酶的特异性抗体。这些抗体通过中和病毒表面抗原位点,阻断病毒与宿主细胞表面受体结合,从而防止病毒侵入细胞。记忆B细胞同步生成并长期存留于淋巴组织,当相同抗原再次入侵时,可迅速启动二次免疫应答,产生更高滴度抗体。

2.2 疫苗对流感病毒复制与传播的抑制路径

疫苗诱导的免疫应答通过多层次机制抑制病毒活动。特异性抗体不仅可中和游离病毒颗粒,还能通过抗体依赖的细胞介导的细胞毒性作用(ADCC)标记被感染细胞,促进自然杀伤细胞清除病毒藏匿的宿主细胞。激活的细胞毒性T细胞直接识别并杀伤病毒感染细胞,切断病毒复制所需的细胞内环境。这种多维度的抑制机制在老年人中尤为关键,因为老年机体对病毒的天然清除能力较弱,疫苗通过强化特异性免疫应答,不仅能直接抑制病毒复制,还能减少病毒在体内的扩散范围,降低病毒对关键器官的损伤,同时减少病毒排出量,在个体防护的基础上也能有效降低病毒在社区内的传播风险,形成个体与群体防护的双重效应^[2]。黏膜免疫方面,疫苗刺激呼吸道黏膜分泌分泌型IgA,在病毒入侵初期形成物理屏障,降低病毒在呼吸道定植概率。群体免疫效应通过提高社区整体接种率,减少易感个体数量,压缩病毒传播空间,形成间接保护屏障。

2.3 疫苗降低炎症因子过度释放的作用原理

流感病毒感染常引发细胞因子风暴,导致组织损伤加重。疫苗预先激活的免疫系统通过调节免疫应答强度避免过度炎症反应。记忆T细胞在二次接触抗原时,优先分化为调节性T细胞亚群,分泌转化生长因子- β 与白细胞介素-10等抗炎因子,抑制促炎细胞因子释放。老年人由于炎性衰老背景,感染流感后更易出现炎症因子风暴,而疫苗的这一调控作用能有效阻断炎症反应的级联放大,减少肺部纤维化、多器官功能衰竭等严重并发症的发生。研究表明,接种疫苗的老年人在感染流感后,血清中促炎因子水平显著低于未接种者,炎症相关组织损伤程度明显减轻,这是疫苗降低老年人重症发生率的核心机制之一。B细胞产生的特异性抗体通过中和病毒减轻感染负荷,从源头减少炎症信号触发。抗原提呈细胞在疫苗刺激下上调共刺激分子表达,优化T细胞活化信号传导,避

免非特异性免疫细胞过度激活。这种精准调控的免疫应答模式,既有效清除病毒,又防止炎症反应失控引发的肺损伤等并发症。

3 接种策略与防控效果的关联分析

3.1 最佳接种窗口期与防控效果的对应关系

季节性流感病毒传播具有显著的时间规律性,这种规律性直接决定了疫苗接种时机的选择对防控效果的关键影响。在温带地区,流感病毒通常在秋冬季节形成传播高峰,此时人群聚集性活动增加、室内通风条件下降,为病毒扩散创造了有利条件。若在流行高峰来临前完成免疫应答建立,可形成有效的群体免疫屏障。接种过早可能导致抗体水平随时间推移逐渐衰减,当真正进入流行季时保护力不足;接种过晚则可能因部分人群已感染病毒,导致疫苗未充分发挥预防作用。而在热带地区,由于气候条件特殊,流感传播呈现双峰或全年散发的特征,接种窗口期的选择需结合当地病毒监测结果动态调整,以覆盖主要的传播周期。这种基于不同地区病毒传播规律的窗口期选择策略,能够因地制宜地发挥疫苗的最大预防效能,降低老年人流感重症发生率。这种基于病毒传播规律的时间选择策略,能够最大程度发挥疫苗的预防效能,降低重症发生风险。

3.2 全程接种与加强接种的效果差异

全程接种与加强接种在免疫机制层面存在本质区别,这种区别直接体现在防控效果上。全程接种通过基础剂次的抗原刺激,激活机体初次免疫应答,形成记忆性免疫细胞。这种初次应答产生的抗体水平虽能提供基础保护,但随时间推移会逐渐下降。加强接种则通过额外剂次的抗原刺激,触发记忆性免疫细胞的二次活化,不仅可快速提升抗体水平,还能诱导免疫细胞发生类别转换,产生亲和力更高、保护范围更广的抗体。对于老年人群体,由于免疫系统功能衰退,全程接种建立的免疫记忆较弱,抗体衰减速度更快,因此加强接种显得尤为重要。通过加强接种,可有效弥补免疫衰退带来的保护力缺口,延长保护持续时间,从而在流感流行季提供更持久的防护。加强接种就像是给老年人的免疫系统“加油充电”,增强其对抗流感病毒的能力,是提高防控效果的重要举措。

4 接种效果的影响变量分析

4.1 疫苗株与流行株的匹配度对效果的影响

流感病毒抗原性变异频繁,疫苗株与流行株的匹配程度直接决定接种效果。病毒表面血凝素和神经氨酸酶蛋白的抗原结构若发生显著改变,可能导致原有疫苗诱导的抗体无法有效中和新毒株^[3]。这种抗原漂移现象在流感病毒演化中持续存在,使得疫苗成分需每年根据监测

结果更新调整。当疫苗株与流行株关键抗原位点高度一致时，机体产生的抗体可精准识别并阻断病毒入侵，从而发挥最佳保护作用；若存在抗原差异，抗体结合效率下降，保护范围受限，可能导致突破性感染增加。这种动态匹配关系要求疫苗研发与生产环节保持高度敏感性，通过全球病毒监测网络及时捕捉病毒变异趋势，确保疫苗成分与流行毒株保持最大程度的抗原相似性，进而维持接种效果的有效性。疫苗株与流行株的匹配度就像是钥匙与锁的关系，只有高度匹配，才能打开保护老年人免受流感重症侵害的大门。

4.2 老年人群个体免疫应答差异的作用

老年人免疫系统功能衰退呈现异质性特征，这种个体差异显著影响接种效果。随着年龄增长，免疫细胞数量减少、活性降低，导致初次免疫应答和记忆免疫应答能力均减弱。部分老年人存在免疫衰老加速现象，表现为T细胞增殖能力下降、B细胞抗体类别转换障碍，使得疫苗接种后抗体产生速度慢、水平低、持续时间短。此外，基础疾病、营养状况、既往感染史等因素进一步加剧个体差异。例如，慢性炎症状态可能持续激活免疫系统，导致免疫资源耗竭，削弱对新抗原的应答能力；而营养缺乏可能影响免疫细胞代谢，限制抗体合成所需物质的供应。这些因素相互作用，使得即使接种相同疫苗，不同老年人获得的保护效果也存在显著差异，强调了个性化接种策略的重要性。每个老年人的免疫状况都是独特的，只有制定个性化的接种策略，才能更好地满足他们的免疫需求，提高接种效果。

4.3 接种覆盖范围与群体防护效果的关联

接种覆盖范围通过群体免疫机制影响整体防控效果。当足够比例人群获得免疫保护时，病毒传播链被阻断，

未接种者间接获得保护，这种效应在老年人群中尤为重要。高覆盖接种可降低社区内病毒载量，减少老年人接触病毒的机会，从而降低感染风险。若覆盖范围不足，病毒在人群中持续传播，易感老年人暴露概率增加，突破性感染和重症发生风险随之上升。此外，接种覆盖的均匀性同样关键，若部分区域或人群接种率过低，可能形成传播热点，威胁整体防控效果。因此，扩大接种覆盖范围需兼顾广度和深度，通过优化接种服务、消除接种障碍、加强宣传引导等措施，提升老年人接种意愿，构建更稳固的群体免疫屏障。扩大接种覆盖范围就像是为老年人群体织就一张严密的防护网，只有网织得又大又密，才能更好地保护他们免受流感重症的侵害。

结束语

流感疫苗季节性接种对降低老年人流感重症发生率具有显著作用。通过科学选择接种窗口期、实施加强接种策略，可有效提升疫苗保护效果。同时需关注疫苗株与流行株的匹配度，尊重老年人群个体免疫应答差异，扩大接种覆盖范围，构建稳固的群体免疫屏障。这些措施的综合实施，将为老年人提供更全面、持久的流感防护，切实保障健康安全。

参考文献

- [1]胡昱,龚杰.未接种季节性流感疫苗人群流感罹患率Meta分析[J].国际流行病学传染病学杂志,2024,51(6):386-393.
- [2]沈瑜,孟晓军,王成春,等.2023年无锡市60岁及以上老年人流感样症状发生情况及流感疫苗接种意愿调查[J].预防医学情报杂志,2025,41(4):536-544,556.
- [3]李萍,刘峥,单蕊,等.中国老年人群流感疫苗接种支持性环境演变及地区差异[J].中华预防医学杂志,2023, 57(12):2064-2067.