

孕妇步行时间与新型冠状病毒疫苗抗体水平的关系研究

罗颖琪, 陈青松, 陈保兰, 戴颖诗, 曾霞
广东药科大学公共卫生学院, 广东 广州 510310

摘要:目的 探索孕妇步行时间与维持新型冠状病毒灭活疫苗抗体水平之间的关系, 为新型冠状病毒肺炎疫情常态化
管理期间预防孕妇感染, 促进母婴健康提供参考依据。方法 在广东省内一项多中心横断面研究纳入 854 名接种新
型冠状病毒灭活疫苗的孕妇, 调查孕妇的人口学特征和身体活动情况, 并检测其血清中新型冠状病毒抗体水平。运用
多因素 logistic 回归模型对孕妇步行时间和新型冠状病毒抗体阳性率进行关联性分析。结果 血清新型冠状病毒中和
抗体、IgG 和 IgM 阳性率分别为 44.6%、46.1%、3.4%。不同步行时间孕妇的新型冠状病毒中和抗体阳转率存在差异
($P < 0.05$), 这种差异在 IgG、IgM 抗体水平未显现($P > 0.05$)。相较于步行时间 > 30 min/d 的孕妇, 步行 15 ~ 30 min/d
的孕妇 NAb 阳转率更高($OR = 1.56, 95\% CI: 1.09 \sim 2.23$)。结论 孕妇步行时间与维持新型冠状病毒疫苗抗体水平
存在关联, 步行时间 15 ~ 30 min/d 孕妇抗体水平更高, 孕妇步行运动对免疫系统有益处, 建议孕妇每日进行适量运动,
以保持良好的健康状况。

关键词:新型冠状病毒灭活疫苗; 步行时间; 抗体; 孕妇

中图分类号: R173 文献标志码: A 文章编号: 1003-8507(2024)10-1795-06

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202311109

Relationship between the walking time of pregnant women and the antibody level of SARS - CoV - 2 vaccine

LUO Ying - qi, CHEN Qing - song, CHEN Bao - lan, DAI Ying - shi, ZENG Xia

School of Public Health, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou, Guangdong 510310, China

Abstract: **Objective** To explore the relationship between the walking time of pregnant women and the maintenance of the
antibody level of SARS - CoV - 2 inactivated vaccine, so as to provide a reference basis for the prevention of pregnant women's
infection and the promotion of maternal and infant health during the normalization management of SARS - CoV - 2 pneumonia
epidemic. **Methods** In a multicenter cross - sectional study in Guangdong Province, 854 pregnant women who were vaccinated
with inactivated SARS - CoV - 2 vaccine were included to investigate their demographic characteristics and physical activity,
and detect their serum SARS - CoV - 2 antibody levels. Multifactor logistic regression model was used to analyze the correlation
between the walking time of pregnant women and the positive rate of SARS - CoV - 2 antibody. **Results** The positive rates of
neutralizing antibody, IgG and IgM of serum SARS - CoV - 2 were 44.6%, 46.1% and 3.4% respectively. There was a
difference in the positive conversion rate of neutralizing antibodies to SARS - CoV - 2 among pregnant women at different
walking times($P < 0.05$), and this difference did not appear in the level of IgG and IgM antibodies($P > 0.05$). Compared to
pregnant women who walked for more than 30 minutes per day, pregnant women who walked for 15 ~ 30 minutes per day had a
higher NAb positivity rate($OR = 1.56, 95\% CI: 1.09 \sim 2.23$). **Conclusion** The walking time of pregnant women is related to
maintaining the antibody level of SARS - CoV - 2 vaccine. The antibody level of pregnant women who walk for 15 ~ 30min/d is
higher. The walking exercise of pregnant women is beneficial to the immune system. It is suggested that pregnant women should
exercise moderately every day to maintain good health.

Keywords: Inactivated SARS - CoV - 2 vaccine; Walking time; Antibodie; Pregnant woman

基金项目: 广州市科技局(SL2022A04J00361); 广东省药品监督管理局
(2022TDZ21)

作者简介: 罗颖琪(1998—), 女, 硕士在读, 研究方向: 公共卫生

通信作者: 曾霞, E-mail: zengxia20220321@163.com

疫苗是一种药物, 当注射到体内时, 它可以增加
免疫力和抗体的数量, 为抵抗病毒感染做好准备^[1]。
随着新型冠状病毒肺炎疫情在全球大流行, 疫苗接种
作为预防疾病的重大措施, 除非妊娠个体外, 世界卫

生组织也推荐孕妇接种新型冠状病毒疫苗^[2]。然而孕妇这一群体具有特殊性,其新型冠状病毒疫苗的接种不仅关乎孕妇本人的健康状况,甚至会影响其子代健康。既往研究证据显示:孕妇接种新型冠状病毒疫苗的效用易受其生活方式因素的影响,如身体活动水平。孕妇积极参与身体活动不仅能降低孕期患病风险、控制体重增长^[3-5],另外身体活动可以增强外周血单核细胞(PBMC)的线粒体功能和能力,外周血单核细胞(PBMC)是由造血干细胞(HSC)在骨髓中产生的各种特殊免疫细胞,它们共同作用以保护我们的身体免受有害病原体的侵害,进而能更好的维持和改善免疫功能^[1,6-7]。在接种疫苗的环境中,运动可能是免疫反应的佐剂^[8],并且免疫效果受到运动的时长和强度的影响,长时间的高强度运动,免疫受到抑制,个体更易发生机会性感染^[9]。最近的一项研究结果显示:接种流感疫苗的老年妇女连续两周每天步行 18 000 步比少于 10 000 步的妇女具有更大的免疫反应^[10]。步行作为孕妇人群最常见的身体活动之一^[11],对孕妇的健康状况起重要作用。既往有研究发现,定期进行步行运动的孕妇能更好的控制体重,增强心肺功能,减少分娩疼痛、降低剖宫产及巨大儿的发生率^[12],然而目前尚未发现针对孕妇步行时间与维持新型冠状病毒疫苗抗体水平之间的关系的研究。因此,本研究旨在了解孕妇接种新型冠状病毒灭活疫苗后抗体水平的情况,进而探索孕妇步行时间与维持新型冠状病毒灭活疫苗抗体水平之间的关系,为新型冠状病毒肺炎疫情常态化管理促进母婴健康提供思路。

1 对象与方法

1.1 研究对象 选取 2021 年 12 月至 2022 年月 3 日期间在深圳市龙华区妇幼保健院、广州市白云区妇幼保健院、东莞市人民医院就诊的孕妇,向其告知研究目的及内容并签署书面知情同意书,共纳入 854 名对象,纳入标准:①孕前或孕期至少接种过一剂新型冠状病毒灭活疫苗;②年龄 ≥ 18 岁;③知情同意参加本次调查。排除标准:①过去被诊断患有新型冠状病毒感染;②多胎妊娠;③接种状况、运动情况和妊娠随访信息未知;④孕前患有严重基础疾病;⑤存在遗传病史。该研究在开始前获得了广东药科大学公共卫生学院医学伦理审查委员会的批准(IRB·2021-01)。

1.2 研究方法

1.2.1 问卷调查 调查员须经过专业培训并且考核合格,熟悉问卷内容,采用一对一询问的方式进行问卷调查,并在各环节进行质量控制。采用统一规范的

调查问卷,入组阶段对孕妇进行问卷调查,收集年龄(以世卫组织规定的是否高龄妊娠作为年龄的分层)、体重指数(BMI)、孕产次、吸烟、饮酒等人口学资料和基本行为生活方式,疫苗接种相关信息,包括接种剂次、孕前/孕期接种和疫苗接种时间(定义为接种最后一剂疫苗到采血之间的时间间隔)。采用 Excel 建立数据库,对每一份问卷进行逻辑检查及核对,保证数据录入的准确度与可靠性。

1.2.2 生物标本采集及实验室检测 在孕妇入组后采集 5 ml 的静脉血,离心并分离血清,储存于 -80°C 低温冰箱。使用微量细胞病变中和试验方法对中和抗体水平进行测定,血清样本在 56°C 下灭活 30 min,对样本进行四倍稀释,稀释后的血清样品与等体积(50 μl)的 SARS-CoV-2 活病毒悬液一起孵育,置 36.5°C ,5% CO_2 培养箱中孵育 2 h。然后将 Vero 细胞($1.0 \sim 2.0 \times 10^5$ 个细胞/ml)加入微孔板中的血清-病毒悬液中,一式两份,在 36.5°C ,5% CO_2 培养箱内培养 5 d。在显微镜下记录细胞病理学效应,中和抗体滴度的稀释倍数为 1:8, <1:8 为阴性, $\geq 1:8$ 为阳性。利用化学发光法(博奥赛斯生物科技有限公司,重庆,中国)对新型冠状病毒 IgG 和 IgM 抗体进行检测,单位为 S/CO, <1.00 S/CO 被认为是阴性的, >1.00 S/CO 被认为是阳性。文中所涉及的抗体检测均是委托专业机构按照标准操作完成,抗体数据与 Fu 等人^[13]在 Gut 发表的文章共用同一数据库,符合生物安全标准。

1.2.3 步行时间 使用基于现场问卷的调查,根据美国妇产科学院(ACOG)建议:所有无运动禁忌证的孕妇都应积极活动,并在一周中的大部分时间进行至少 30 min 的轻至中度运动^[11],以及怀孕期间的实用运动建议:孕妇应从每周 3 次 15 min 的运动开始,并根据耐受性进展^[14]。将受试者步行时间被分为三组,分别为 <15、15~30、>30 min/d 组。

1.2.4 统计分析 应用 SPSS 21.0 软件进行统计分析,人口学特征采用描述性分析。采用卡方检验比较不同步行组孕妇基本情况及新型冠状病毒抗体水平情况。并且运用 logistic 回归模型分析孕妇身体活动情况与新型冠状病毒抗体阳性率关联性,检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 不同步行时间组孕妇基本情况描述 不同步行时间孕妇的年龄、吸烟情况、疫苗接种时间、接种情况存在差异($P < 0.05$),而其在学历水平、月人均收入、饮酒情况、不同 BMI 组别间无显著统计学差异($P > 0.05$),见表 1。

表 1 不同步行时间组孕妇基本情况描述[*n*(%)]

Table 1 Basic information description of pregnant women in different walking time groups[*n*(%)]

因素	步行时间(min/d)			χ^2	<i>P</i>
	<15	15~30	>30		
年龄(岁)				6.117	0.047
<35	183(24.43)	295(39.39)	271(36.18)		
≥35	17(16.19)	38(36.19)	50(47.62)		
学历				8.345	0.214
初中及以下	55(25.70)	78(36.45)	81(37.85)		
高中	44(24.31)	63(34.81)	74(40.88)		
大专	70(24.39)	110(38.33)	107(37.28)		
本科及以上	31(18.02)	82(47.67)	59(34.30)		
月人均收入(元)				4.071	0.667
<2 500	37(27.41)	46(34.07)	52(38.52)		
2 500~4 000	64(24.33)	97(36.88)	102(38.78)		
4 001~6 000	63(21.65)	119(40.89)	109(37.46)		
6 001~10 000	36(21.82)	71(43.03)	58(35.15)		
吸烟				5.436	0.045
是	1(16.68)	5(83.33)	0(0.00)		
否	199(23.47)	328(38.68)	321(37.85)		
饮酒				4.085	0.116
是	1(20.00)	4(80.00)	0(0.00)		
否	199(23.44)	329(38.75)	321(37.81)		
BMI(kg/m ²)				6.646	0.156
<18.5	42(25.93)	59(36.43)	61(37.65)		
18.5~24.9	125(23.95)	214(41.00)	183(35.06)		
>24.9	33(19.41)	60(35.29)	77(45.29)		
疫苗接种时间(周)				14.219	0.007
<24	64(29.09)	85(38.64)	71(32.27)		
24~32	105(24.65)	156(36.62)	165(38.73)		
>32	31(14.90)	92(44.23)	85(40.87)		
接种情况				196.467	<0.001
接种一针	15(18.29)	30(36.59)	37(45.12)		
接种两针	155(23.77)	251(38.50)	246(37.73)		
接种三针	30(25.00)	52(43.33)	38(31.67)		

注:括号外为人数,括号内为构成比。

2.1 不同步行时间组孕妇新型冠状病毒抗体水平情况 血清新型冠状病毒中和抗体、IgG 和 IgM 阳性率分别为 44.6%、46.1%、3.4%。不同步行时间孕妇的

新型冠状病毒中和抗体阳转率存在差异($\chi^2 = 9.245$, $P = 0.010$),这种差异在 IgG、IgM 抗体水平未显现($P > 0.05$)。见表 2。

表 2 不同步行时间组孕妇新型冠状病毒抗体水平情况[*n*(%)]

Table 2 COVID-19 antibody level of pregnant women in different walking time groups[*n*(%)]

因素	步行时间(min/d)			χ^2	<i>P</i>
	<15	15~30	>30		
中和抗体				9.245	0.010
阴	111(23.46)	165(34.88)	197(41.65)		
阳	89(23.36)	168(44.09)	124(32.55)		
IgG				4.677	0.096
阴	109(23.70)	165(35.87)	186(40.43)		
阳	91(23.10)	168(42.64)	135(34.26)		
IgM				0.992	1.000
阴	193(23.39)	322(39.03)	310(37.58)		
阳	7(24.14)	11(37.93)	11(37.93)		

注:括号外为人数,括号内为构成比。

2.3 身体活动与新型冠状病毒中和抗体的 logistic 回归分析 如表 3 所示,调整了年龄、吸烟、饮酒、

BMI、接种剂次、采血时间后,我们发现:相较于步行时间 >30 min/d,步行时间为 15~30 min/d 孕妇的中

表 3 身体活动与孕妇新型冠状病毒中和抗体的 logistic 回归模型

Table 3 Logistic regression model for physical activity and neutralizing antibodies in pregnant women

步行时间(min/d)	模型 1		模型 2	
	OR(95% CI)	P	OR(95% CI)	P
>30	1.00		1.00	
<15	0.54(0.39~0.77)	0.189	1.10(0.72~1.66)	0.680
15~30	1.80(0.77~4.19)	0.267	1.56(1.09~2.23)	0.015

注:1. 模型 1:未调整的模型;2. 模型 2:在模型 1 的基础上调整了年龄、吸烟、饮酒、BMI、接种剂次、采血时间。

和抗体水平更高($OR = 1.56, 95\% CI: 1.09 \sim 2.23$)。

3 讨论

本研究探索了新型冠状病毒灭活疫苗在不同步行时间孕妇中的新型冠状病毒抗体水平的维持效果。结果显示,血清新型冠状病毒中和抗体、IgG 和 IgM 阳性率分别为 44.6%、46.1%、3.4%,步行时间与新型冠状病毒中和抗体阳转率存在关联,孕妇步行 15~30 min/d 比步行 >30 min/d 中和抗体水平高,因此,孕妇每日应进行适量运动,以维持新型冠状病毒中和抗体水平,从而更好的维持良好的健康状况。

关于身体活动与接种新型冠状病毒疫苗后抗体水平的关联,国内外开展过多项队列研究,研究结果仍存在争议。本研究在调整了年龄、吸烟、饮酒、BMI、接种剂次、采血时间这些混杂因素后得知:相较于步行时间 >30 min/d 的孕妇,步行 15~30 min/d 的孕妇 NAb 阳转率更高。有研究表明:中和抗体是浆细胞分泌的蛋白质,是防御机制的重要组成部分,中和抗体可以通过与刺突蛋白成分结合来降低病毒载量^[15]。但免疫接种产生的抗体水平因人而异,中和抗体滴度较低的疫苗接种者极易发生再感染^[16-17]。身体活动被证实可作为免疫功能的佐剂^[18]。一项关于体育活动对新型冠状病毒 mRNA 疫苗抗体水平的研究表明,对照组连续一个月每天步行少于 5 000 步,在运动期间休息 20 min,而治疗组在同一时间和运动任务期间每天步行超过 12 000 步,与对照组相比,治疗组的抗体水平显著下降^[1]。另外,一项系统评价表明,健康参与者的免疫系统受到急性运动的影响,免疫细胞在运动后没有改变或减少,急性运动或体力活动可能在短期内损害免疫功能^[19]。这些均支持我们对孕妇新型冠状病毒抗体水平的研究发现。但也有研究认为急性运动可以改善免疫监视,例如增强抗菌和抗病毒能力,而不是抑制免疫力^[18]。一项哺乳期妇女体力活动的研究也表示,体力活动对母乳和哺乳期妇女血清中新型冠状病毒抗体的水平有益,体力活动强度是这种关系的最重要因素^[20]。

运动可以通过改善线粒体健康,以维持正常免疫

功能^[21]。另外运动免疫增强假说表示,运动能将免疫细胞重新部署到外周组织(例如粘膜表面)以进行免疫监视,这些免疫细胞可以识别和根除感染病原体的细胞,或受损、恶性的细胞^[22]。骨骼肌已经成为免疫系统的调节因子,运动时,用力肌肉产生和分布免疫细胞,通过产生肌因子,如 IL-6、IL-10、IL-15 和 IL-7,IL-6、IL-10 促进单核细胞和巨噬细胞产生调节介质,IL-7 是胸腺细胞生成所必需的,IL-15 和 IL-7 两者都对初始 T 细胞增殖和存活有保护作用,进而更好的维持免疫应答^[21,23-24]。身体活动作为改善免疫功能的佐剂,定期进行身体活动不仅能降低大部分老年慢性病的发病率,还会减少病毒和细菌感染等传染病,以及癌症和慢性炎症性疾病等非传染性疾病的发生^[18]。一项流感疫苗免疫反应研究表明,与非运动对照组相比,定期进行中度或剧烈运动训练的 65~85 岁男性具有更高的抗体反应^[25]。另外一项早期研究将 62 岁或以上的成年人分为三组:活跃(每周进行 3 次或以上至少 20 min 的剧烈运动)、中度活跃(定期运动但强度、频率和或持续时间较低)、久坐不动(非锻炼者)。接种流感疫苗两周后,活跃成人的流感 IgG 和 IgM 滴度高于久坐不动成人,外周血单核细胞对抗原特异性刺激的反应也更高^[26]。因此建议孕妇在新型冠状病毒肺炎常态化管理期间保持身体活动,合理进行低等强度运动(如散步),以及中等强度运动(如快步走、瑜伽、打太极等)。

鉴于孕妇感染新型冠状病毒与死产、孕产妇死亡及合并症风险增加有关^[3],并且新型冠状病毒感染的进展主要取决于病毒在与血管紧张素转换酶 2 (ACE2) 结合后进入宿主细胞,孕妇更易受到该因素影响而感染新型冠状病毒,ACE2 不仅能在细胞膜上表达,还可能在整个妊娠期间在胎盘中大量表达^[27]。尽管在怀孕和哺乳期间接种新型冠状病毒疫苗的理论风险有限,但目前的疫苗在非妊娠个体中具有较好的安全性。孕期接种新型冠状病毒疫苗可能会与孕期建议接种百白破疫苗一样为新生儿带来类似的益处^[28],孕期接种新型冠状病毒疫苗可能对母体以及婴儿健康更有利。并且目前世界卫生组织建议孕妇、

产后和哺乳期妇女接种新型冠状病毒疫苗^[2]。因此在新型冠状病毒肺炎常态化管理期间,孕妇为了更好的促进健康,应该更加注重个人的防护,积极进行新型冠状病毒疫苗的免疫接种,同时进行适量的身体活动。

尽管本研究孕妇疫苗接种时间与采血时间间隔较长,但是据 2021 年 Nature Medicine 的研究结果显示^[29],50% 预防重症感染的中和抗体水平相当于恢复期受试者平均滴度的 3.0% (相当于约 8.10 IU/ml),本研究孕妇中和抗体滴度 ≥ 8 IU/ml 定义为血清抗体阳性,因此血清抗体阳性的孕妇具有新型冠状病毒保护效力,本研究结果较为可靠。但本研究也存在以下局限。首先,步行时间是采用主观问卷收集数据,可能存在回忆偏倚,但本研究的问卷是采用一对一的形式开展,调查方式较为精细,能最大限度地降低偏倚。其次,本研究为横断面研究,无法探明孕妇步行时间与新型冠状病毒抗体水平之间的因果关系。再次,本研究中的孕妇在产检及就诊前虽均持有 48 小时核酸检测阴性证明,但仍无法完全排除隐性感染者。最后,本研究仅获取了步行时间的数据,维度较为单一,未对步行运动的强度及步数进行量化,这些因素可能影响结果的稳定性。

综上所述,本研究通过探索孕妇步行时间与维持新型冠状病毒灭活疫苗抗体水平之间的关系,发现孕妇步行时间与维持新型冠状病毒灭活疫苗抗体水平存在关系,并且步行 15~30 min/d 的孕妇中和抗体阳转率更高。因此建议孕妇每日进行适量运动,以保持良好的健康状况。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

- [1] Shayea AMF, Alotaibi NM, Nadar MS, et al. Effect of physical activity and exercise on the level of COVID - 19 antibodies and Lifestyle - Related factors among vaccinated health science center (HSC) students; a pilot randomized trial[J]. Vaccines, 2022, 10(12): 2171.
- [2] Badell ML, Dude CM, Rasmussen SA, et al. Covid - 19 vaccination in pregnancy[J]. BMJ, 2022, 378: e069741.
- [3] Morales - Suárez - varela M, Clemente - Bosch E, Peraita - Costa I, et al. Maternal physical activity during pregnancy and the effect on the mother and newborn; a systematic review[J]. Journal of Physical Activity & Health, 2021, 18(1): 130 - 147.
- [4] Díaz - Burrucco JR, Cano - Ibáñez N, Martín - Peláez S, et al. Effects on the maternal - fetal health outcomes of various physical activity types in healthy pregnant women. A systematic review and meta - analysis[J]. European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology, 2021, 262: 203 - 215.
- [5] Yamada Y, Ebara T, Matsuki T, et al. Relationship between physical activity and physical and mental health status in pregnant women; A prospective cohort study of the Japan Environment and

- Children' s Study [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18(21): 11373.
- [6] Clemente - Suárez VJ, Beltrún - Velasco AI, Ramos - Campo DJ, et al. Physical activity and COVID - 19. The basis for an efficient intervention in times of COVID - 19 pandemic[J]. Physiology & Behavior, 2022, 244: 113667.
- [7] Da Rosa PC, Bertomeu JB, Royes LFF, et al. The physical exercise - induced oxidative/inflammatory response in peripheral blood mononuclear cells: Signaling cellular energetic stress situations[J]. Life Sciences, 2023, 321:121440.
- [8] Dinas PC, Koutedakis Y, Ioannou LG, et al. Effects of exercise and physical activity levels on vaccination efficacy: a systematic review and Meta - Analysis[J]. Vaccines, 2022, 10(5): 769.
- [9] Scheffer DDL, Latini A. Exercise - induced immune system response; Anti - inflammatory status on peripheral and central organs [J]. Biochimicaet Biophysica Acta. Molecular Basis of Disease, 2020, 1866(10): 165823.
- [10] Wong GCL, Narang V, Lu YX, et al. Hallmarks of improved immunological responses in the vaccination of more physically active elderly females[J]. Exercise Immunology Review, 2019, 25: 20 - 33.
- [11] Syed H, Slayman T, Duchene TK. ACOG committee opinion no. 804: physical activity and exercise during pregnancy and the postpartum period[J]. Obstetrics Gynecology, 2021, 137(2): 375 - 376.
- [12] Marshall M, Birchfield B, Rogers R, et al. Walking cadence during moderate - intensity physical activity in pregnant women [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18(12): 6593.
- [13] Fu X, Du BQ, Chen PA, et al. Exploring the impact of gut microbial metabolites on inactivated SARS - CoV - 2 vaccine efficacy during pregnancy and mother - to - infant antibody transfer[J]. Gut, 2023; gutjnl - 2023 - 330479.
- [14] Weiss Kelly AK. Practical exercise advice during pregnancy: guidelines for active and inactive women[J]. The Physician and Sportsmedicine, 2005, 33(6): 24 - 30.
- [15] Gupta SL, Jaiswal RK. Neutralizing antibody: a savior in the Covid - 19 disease [J]. Molecular Biology Reports, 2022, 49(3): 2465 - 2474.
- [16] Bergwerk M, Gonen T, Lustig Y, et al. Covid - 19 breakthrough infections in vaccinated health care workers[J]. New England Journal of Medicine, 2021, 385(16): 1474 - 1484.
- [17] Evans JP, Zeng C, Carlin C, et al. Neutralizing antibody responses elicite by SARS - CoV - 2 mRNA vaccination wane over time and are boosted by breakthrough infection [J]. Science Translational Medicine, 2022, 14(637): eabn8057.
- [18] Campbell JP, Turner JE. Debunking the myth of exercise - induced immune suppression; redefining the impact of exercise on immunological health across the lifespan [J]. Frontiers in Immunology, 2018, 9: 648.
- [19] Proschinger S, Winker M, Joisten N, et al. The effect of exercise on regulatory T cells; A systematic review of human and animal studies with future perspectives and methodological recommendations[J]. Exercise Immunology Review, 2021, 27: 142 - 166.

- behaviour[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2020, 54(24): 1451 - 1462.
- [10] 国务院办公厅. 中国防治慢性病中长期规划(2017 - 2025) [EB/OL]. [2024 - 04 - 25]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2017/content_5174509.htm.
General Office of the State Council. China's medium and long-term plan for the prevention and treatment of chronic diseases (2017 - 2025) [EB/OL]. [2024 - 04 - 25]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2017/content_5174509.htm.
- [11] 祁冰洁, 胥馨尹, 张新, 等. 四川省慢性病核心信息知晓情况分析[J]. *现代预防医学*, 2022, 49(5): 918 - 921.
Qi BJ, Xu XY, Zhang X, et al. Analysis of the awareness of core information of chronic diseases in Sichuan province [J]. *Modern Preventive Medicine*, 2022, 49(5): 918 - 921.
- [12] 谭梅, 王茜, 玛依拉·胡达拜尔地, 等. 2017 年新疆居民健康素养水平及影响因素研究[J]. *中国健康教育*, 2020, 36(3): 200 - 204, 229.
Tan M, Wang Q, MaYiLa - HuDaBaiErDe, et al. Analysis on status of health literacy and its influencing factors among residents in Xinjiang province, 2017 [J]. *Chinese Journal of Health Education*, 2020, 36(3): 200 - 204, 229.
- [13] 李文丽, 王育珊, 唐月红, 等. 新疆伊犁地区哈萨克族居民慢性病防治素养水平及其影响因素[J]. *医学与社会*, 2021, 34(12): 5 - 9, 14.
Li WL, Wang YS, Tang YH, et al. Analysis on health literacy on chronic disease prevention among Kazakh residents in Yili of Xinjiang and its influencing factors [J]. *Medicine and Society*, 2021, 34(12): 5 - 9, 14.
- [14] 戚敏杰, 高莉, 王轲, 等. 河南省居民慢性病防治核心信息知晓情况及影响因素分析[J]. *中国慢性病预防与控制*, 2021, 29(2): 119 - 121.
Qi MJ, Gao L, Wang K, et al. Analysis of the awareness of core information of chronic disease prevention and treatment and influencing factors among residents in Henan Province [J]. *Chinese Journal of Prevention and Control of Chronic Diseases*, 2021, 29(2): 119 - 121.
- [15] 任洪福, 金玲玲, 秦真真, 等. 南京市居民慢性病防治健康素养现状及其影响因素分析[J]. *中国公共卫生*, 2021, 37(4): 641 - 645.
Ren HF, Jin LL, Qin ZZ, et al. Health literacy about chronic disease and its influencing factors among residents in Nanjing city [J]. *Chinese Journal of Public Health*, 2021, 37(4): 641 - 645.
- [16] 胡志平, 飒日娜, 王艳平, 等. 陕西省 35 ~ 75 岁居民高血压患病、知晓、治疗和控制现状及其影响因素分析[J]. *中国公共卫生*, 2021, 37(5): 812 - 817.
Hu ZP, Sa RN, Wang YP, et al. Prevalence, awareness, treatment and control of hypertension and their associates among 35 - 75 years old residents in Shaanxi province, 2015 - 2017 [J]. *Chinese Journal of Public Health*, 2021, 37(5): 812 - 817.
- [17] 姜雯, 张蓝超, 李伟豪, 等. 中国居民 2012—2017 年慢性病防治素养水平变化趋势及其影响因素年龄 - 时期 - 队列分析[J]. *中国公共卫生*, 2021, 37(6): 915 - 920.
Jiang W, Zhang LC, Li WH, et al. Changing trend in health literacy about chronic disease prevention and treatment among Chinese residents, 2012 - 2017: an age - period - cohort analysis [J]. *Chinese Journal of Public Health*, 2021, 37(6): 915 - 920.

收稿日期: 2024-01-23

(上接第 1799 页)

- [20] Juncker HG, Van doesburg M, De groot CJM, et al. Physical activity in lactating women influences SARS - CoV - 2 - specific antibodies in human milk [J]. *Heliyon*, 2023, 9(8): e19218.
- [21] Akbari H, Taghizadeh - Hesary F, Bahadori M. Mitochondria determine response to anti - programmed cell death protein - 1 (anti - PD - 1) immunotherapy: An evidence - based hypothesis [J]. *Mitochondrion*, 2022, 62: 151 - 158.
- [22] Dhabhar FS. Effects of stress on immune function: the good, the bad, and the beautiful [J]. *Immunologic Research*, 2014, 58(2 - 3): 193 - 210.
- [23] Rao RR, Long JZ, White JP, et al. Meteorin - like is a hormone that regulates immune - adipose interactions to increase beige fat thermogenesis [J]. *Cell*, 2014, 157(6): 1279 - 1291.
- [24] Al - Mhanna SB, Wan ghazali WS, Maqsood A, et al. Physical activities pre - and post - COVID - 19 vaccination and its implementations: A narrative review [J]. *SAGE Open Medicine*, 2023, 11: 20503121231158981.
- [25] Dearaujo AL, Silva LCR, Fernandes JR, et al. Elderly men with moderate and intense training lifestyle present sustained higher antibody responses to influenza vaccine [J]. *Age*, 2015, 37(6): 105.
- [26] Kohut ML, Cooper MM, Nickolaus MS, et al. Exercise and psychosocial factors modulate immunity to influenza vaccine in elderly individuals [J]. *The Journals of Gerontology. Series a, Biological Sciences and Medical Sciences*, 2002, 57(9): M557 - M562.
- [27] Kumar D, Verma S, Mysorekar IU. COVID - 19 and pregnancy: clinical outcomes; mechanisms, and vaccine efficacy [J]. *Translational Research*, 2023, 251: 84 - 95.
- [28] Collier ARY, McMahan K, Yu JY, et al. Immunogenicity of COVID - 19 mRNA vaccines in pregnant and lactating women [J]. *JAMA: the Journal of the American Medical Association*, 2021, 325(23): 2370 - 2380.
- [29] Khoury DS, Cromer D, Reynaldi A, et al. Neutralizing antibody levels are highly predictive of immune protection from symptomatic SARS - CoV - 2 infection [J]. *Nature Medicine*, 2021, 27(7): 1205 - 1211.

收稿日期: 2023-11-06