DOI:10.16016/j.2097-0927.202401065

COVID-19 疫情前后 28 个国家生育率变化及影响因素研究:线性模型和中断时间序列分析

陈 益[1,2],陈 卿[2],刘 涵[2],王大朋[1],曹 佳[1,2] 561113 贵阳,贵州医科大学公共卫生与健康学院,环境污染与疾病监控教育部重点实验室[1];400038 重庆,陆军军医大学(第三军医大学)军事预防医学系毒理学研究所,电磁辐射与医学防护教育部重点实验室[2]

[**摘要**] **目的** 分析 COVID-19 疫情暴发前后不同国家经季节和日历调整后的生育率(seasonally and calendar adjusted fertility rate,SAFR)趋势的变化及其影响因素。**方法** 使用国际人类生育力数据库(Human Fertility Database, HFD)中 28 个国家自 2012 年 1 月至 2022 年 12 月的月度 SAFR 数据,以 2020 年 12 月(2020 年 3 月疫情暴发起点加 9 个月妊娠过程)为节点划分为疫情前(2012.1-2020.11)和疫情后(2020.12-2022.12)进行比较,使用中断时间序列方法分析各国疫情前后的 SAFR 趋势(短期波动和长期趋势)是否发生变化,使用秩和检验分析疫情前 SAFR、人均 GDP、公共卫生和社会措施(public health and social measures,PHSM)和失业率是否与 SAFR 趋势变化有关。**结果** 疫情后 28 个国家中 19 个国家的 SAFR 出现短期下降,随后反弹。对于长期趋势,2 个国家由下降趋势转为上升趋势,8 个国家由上升趋势转为下降趋势,6 个国家的 SAFR 保持不变。SAFR 变化率下降主要集中在部分中欧国家以及地中海西岸的国家,而 SAFR 变化率增加的国家主要分布在北欧以及西欧地区。SAFR 无短期波动的国家疫情前的 SAFR 低于有短期波动的国家($P=0.041$),SAFR 变化率下降国家的疫情前 SAFR($P=0.005$)与人均 GDP($P=0.027$)均低于 SAFR 变化率上升国家。未发现 SAFR 短期波动或长期趋势与 PHSM 严重程度指数或失业率存在关联。**结论** COVID-19 疫情对 28 个国家的 SAFR 造成了不同的短期和长期影响,特别是经济水平和疫情前 SAFR 相对较低的国家可能更易遭到进一步打击。COVID-19 疫情对各国人口的更长期影响值得进一步关注。

[**关键词**] COVID-19;生育率;中断时间序列分析;影响因素
[**中图法分类号**] C921; R181.23; R181.81 [**文献标志码**] A

Change in fertility rate and its influencing factors in 28 countries before and after the COVID-19 pandemic: linear modeling and interrupted time-series analysis

CHEN Yi[1,2], CHEN Qing[2], LIU Han[2], WANG Dapeng[1], CAO Jia[1,2] [1]School of Public Health, Key Laboratory of Environmental Pollution Monitoring and Disease Control of Ministry of Education, Guizhou Medical University, Guiyang, Guizhou Province, 561113; [2]Key Laboratory of Medical Protection for Electromagnetic Radiation of Ministry of Education, Institute of Toxicology, Faculty of Military Preventive Medicine, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, 400038, China

[**Abstract**] **Objective** To analyze the changes in fertility trends of seasonally and calendar adjusted fertility rate (SAFR) in different countries before and after the COVID-19 pandemic outbreak and investigate the influence factors. **Methods** Monthly SAFR data of 28 countries during January 2012 and December 2022 were collected in the Human Fertility Database (HFD). The node of December 2020 (9-month delay in gestation from the start of the March 2020 outbreak) was used as the point of division for comparison between

[**基金项目**] 国家重点研发计划(2022YFC2702902)
[**通信作者**] 曹 佳,E-mail:caojia1962@126.com

2097-0927/Copyright © 2024, 陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循 CC BY 许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

the pre-(2012.1-2020.11) and post-pandemic (2020.12-2022.12) periods. Interrupted time series was used to analyze whether fertility rate trends (short-term fluctuations and long-term trends) changed before and after the pandemic in each country. Wilcoxon test was employed to analyze whether pre-pandemic fertility rate, GDP per capita, public health and social measures (PHSM) and unemployment rate were associated with the changes in fertility trends. **Results** Nineteen out of the 28 countries experienced a short-term decline in fertility rate after the pandemic, which subsequently rebounded. With respect to long-term trends, 2 countries shifted from a declining trend to an increasing trend, 8 countries shifted from an increasing trend to a declining trend, and 6 countries had their SAFR unchanged. The SAFR decline was mainly observed in some of the countries of Central Europe and the Western Mediterranean, while its increase was mainly in Northern and Western Europe. Pre-pandemic SAFR was lower in the countries with no short-term fluctuations in SAFR than those with short-term fluctuations ($P=0.041$). The countries with declining rate of SAFR had significantly lower pre-pandemic SAFR ($P=0.005$) and GDP per capita ($P=0.027$) than the countries with increasing rate of SAFR. No association was found between short-term fluctuations or long-term trends in fertility rate and the PHSM severity index or unemployment rate. **Conclusion** The COVID-19 pandemic has had varying short- and long-term impacts on SAFR in 28 countries, with the countries with relatively low economic levels and pre-pandemic SAFRs more vulnerable to further blows. The longer-term impacts of the COVID-19 pandemic on the populations of each country deserve further attention.

[**Key words**] COVID-19; fertility rate; interrupted time-series analysis; influencing factors

Supported by the National Key R&D Program of China (2022YFC2702902). Corresponding author: CAO Jia, E-mail: caojia1962@126.com

过去50年,世界各国的生育率正在普遍下降,全球总和生育率已经从1960年的4.7跌至2021年的2.3[1]。而生育率的下降将会产生劳动力短缺、人口老龄化以及社会保障制度变化等各方面的影响[2]。有研究认为,2020年全球流行的新型冠状病毒肺炎(COVID-19)疫情可能通过引发经济和社会变化从而对生育意愿和生育率造成重创[3]。COVID-19疫情的传播、实施的防控措施以及造成的经济冲击在世界各地区之间存在很大差异,因此不同国家面对COVID-19疫情冲击时的生育率变化很可能各不相同。有研究分析了COVID-19疫情对欧洲14个国家出生人数的影响,发现实施控制措施9个月后西班牙、比利时和意大利等11个国家的出生人数显著下降;随后1~3个月内有5个国家的出生人数开始恢复[4]。例如芬兰2021年生育率的每月增长为1.8%~11.0%[5]。也有研究显示疫情后韩国生育率与疫情前水平并无差异[6]。但上述研究大多数只针对单个国家或数个国家,并且使用的生育指标不尽一致,难以相互比较。更重要的是,上述研究主要关注对生育率的短期影响,目前所有研究的观察时间局限在2021年之前,COVID-19疫情对于生育率是否存在更长远的影响,目前缺乏相关研究。

本研究使用人类生育力数据库(Human Fertility Database, HFD)中全球28个国家2012-2022年生育率波动数据资源(short-term fertility fluctuations, STFF),通过中断时间序列分析比较COVID-19疫情暴发前后经季节和日历调整后的生育率(seasonally and calendar adjusted fertility rate,SAFR)的短期和长期趋势是否发生变化,并探索与之相关的影响因素。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究选择HFD数据库中短期生育率波动数据资源(STFF)数据系列(https://www.humanfertility.org/Data/STFF)中的国家。由于本研究的时间窗为2012-2022年,下载数据时更新到2022年12月的国家有28个,包含了23个欧洲国家、3个亚洲国家和2个北美洲国家(法国、意大利、比利时、以色列、日本、韩国、俄罗斯、美国、西班牙、葡萄牙、奥地利、丹麦、德国、保加利亚、匈牙利、捷克、希腊、斯洛文尼亚、加拿大、波兰、立陶宛、瑞士、芬兰、爱尔兰、荷兰、挪威、瑞典和拉脱维亚)。

1.2 研究数据

28个国家的月度SAFR数据均来自STFF数据库[7]。STFF数据系列的目的是在更详细的生命统计数据和指标公布之前,及时提供关于出生人数和生育率的月度趋势信息。由于大多数国家的生育率呈现出季节性模式,如果不调整季节性,月度出生趋势则不能在相邻月份之间进行比较。因此本研究选择使用STFF数据库中的SAFR数据进行分析。具体调整方法另有

文献描述[8],数据可在“HFD STFF(humanfertility.org)”网站“seasonally- and calendar-adjusted data”版块下载。

1.3 时间窗划分

数据库涉及的大部分国家在2020年2月左右发现首例COVID-19病例,于2020年3月开始疫情暴发流行。同时,由于本研究针对生育率,考虑到从怀孕到分娩的平均时间为9个月左右,于疫情初期怀孕的妇女在9个月后才会陆续分娩,因此本研究将2012年1月至2020年11月的SAFR数据划分为疫情前,将2020年12月至2022年12月的SAFR数据划分为疫情后。

1.4 潜在影响因素的测量

鉴于相关研究认为COVID-19疫情可能从社会经济和防疫措施等方面影响生育率,本研究将公共卫生和社会措施(public health and social measures,PHSM)、人均GDP和失业率作为潜在影响因素加以分析。PHSM是指个人、机构、社区、地方、国家政府以及国际机构为抑制或阻止传染病传播而采取的行动。根据WHO的定义,PHSM严重程度指数是根据不同时期下国家实施的PHSM来确定的,主要涉及面罩和/或口罩佩戴,改建或关闭学校,企业的调整或关闭,对公共和私人集会的限制,限制国内行动,公共交通和居家、国际旅行限制(入境限制、检疫和检测)6项指标。PHSM严重程度指数范围为0~100,数值越大则表明政策措施越严格。本研究从世界卫生组织(https://www.who.int)处获取疫情期间各国PHSM严重程度指数数据。此外,通过世界银行数据库(https://data.worldbank.org)获得各个国家2020-2021年的年度人均GDP数据;于经济合作与发展组织(https://www.oecd.org)处获得2020-2021年各国失业率数据。

1.5 统计学分析

为了估计COVID-19疫情后的SAFR趋势是否与疫情前有所不同,本研究使用中断时间序列分析(interrupted time-series analysis,ITSA)模型进行分析。ITSA是一种准实验方法,其假设是:如果干预措施对趋势没有影响,则干预前的趋势可以推断到干预后;若干预有效果,则干预后的结局(如死亡率或疾病发病率)发生变化,其斜率和(或)截距与干预前存在差异[9-10]。由于ITSA不需要设置对照组,只需要收集干预前后多个时间点的结局数据,通过比较干预前后结局的变化从而估计干预的效果,因此是评估突发事件或社会变化对人群健康影响的统计学方法,目前已被广泛应用于疫苗接种、交通法规的实施以及临床治疗等干预评估[11-12]。本研究主要使用R软件“dplyr”程序包进行建模,模型为:

$$Y=\beta_0+\beta_1\times T+\beta_2\times D+\beta_3\times P+\beta_4\times F+\varepsilon$$

其中Y为各国相应的月度SAFR数据;T为连续时间序列,取值为0、1、2…132;D为时间分界节点,疫情前对应编码为0,疫情后编码为1;P为疫情后时间延宕(月数)疫情前为0,疫情后为1、2、3…25;F为疫情后首个月的标记变量,即用来分析SAFR短期波动的时间窗,疫情前为0,疫情后第1个月为1,其余时间点为0。β_0为截距项,代表研究初始时间(2012年)各国SAFR的初始值;β_1代表COVID-19疫情前SAFR每月的变化率;β_2代表疫情后截距的改变量;β_3代表疫情后SAFR斜率相对于疫情前(β_1)的差值;β_4代表疫情后第1个月的短期波动情况,代表近期影响,ε为误差项。

此外,由于以色列、立陶宛、拉脱维亚和波兰的SAFR在疫情前的趋势有所转折,因此本研究使用“segmented”包的分段线性回归找出转折点,使用转折点到2020年11月作为疫情前的时间段。

由于有研究提示生育率存在疫情后的短期波动现象,这可能使得生育率长期趋势的分析中由于少数数据点的剧烈波动而受到影响。为了排除这种潜在影响,本研究额外开展了敏感性分析,将2020年9月至2021年3月的数据删除之后重新进行中断时间序列分析,观察对研究结果的影响。

根据疫情后SAFR是否短期下降将28个国家分为2组,同理使用Wilcoxon检验评估人均GDP、PHSM严重程度指数和失业率是否存在差异。为了判断疫情发生2年后的SAFR的长期变化情况,本研究根据疫情前SAFR数据拟合的模型生成SAFR预测值,将实际值与预测值的差比预测值得出SAFR变化率。然后根据SAFR变化率是否增加划分为2组,使用Wilcoxon符号秩和检验来评估2组间人均GDP、PHSM严重程度指数和失业率是否存在差异。所有统计分析使用R 4.2.1和SPSS 26.0软件实现。使用ArcGIS 10.8制作地图。

2 结果

2.1 SAFR变化趋势

疫情前,28个国家中有17个国家的SAFR均处于下降趋势,9个国家的SAFR处于上升趋势,2个国家的SAFR不变(表1)。除以色列和韩国外,其余国家的SAFR主要介于1.2~2.0的区间内;以色列处于较高水平,为2.8~3.2;韩国则相反,SAFR从2012年的1.3左右持续下降到2022年0.8左右的水平。

采用分段线性回归发现以色列、立陶宛、拉脱维亚

和波兰分别在2018年2月、2016年3月、2016年6月和2018年7月前后的SAFR发生转折,因此分别将以色列的2018年2月至2020年11月、立陶宛的2016年3月至2020年11月、拉脱维亚的2016年6月至2020年11月以及波兰的2018年7月至2020年11月划分为疫情前。对疫情后各国SAFR的短期波动分析显示,28个国家中大部分都经历了SAFR的短期下降,随后经历了反弹,其中有19个国家SAFR的短期波动有统计学意义(表1)。

对疫情后各国SAFR的长期趋势分析显示,各国SAFR趋势的变化也不同。美国和西班牙在疫情前SAFR为下降趋势,疫情后其下降速度分别减缓了3.17×10^{-3}($P<0.001$)和2.97×10^{-3}($P=0.009$),德国、保加利亚、匈牙利、捷克、希腊、斯洛文尼亚、波兰和拉脱维亚等8个国家的SAFR在疫情前为上升趋势,而疫情后其上升速度分别降低了7.70×10^{-3}($P<0.001$)、2.28×10^{-3}($P=0.029$)、3.47×10^{-3}($P=0.019$)、14.34×10^{-3}($P<0.001$)、8.53×10^{-3}($P<0.001$)、4.74×10^{-3}($P<0.001$)、7.45×10^{-3}($P<0.001$)和9.98×10^{-3}($P<0.001$),差异均具有统计学意义。而瑞士等9个国家在疫情前SAFR处于下降趋势,疫情后下降速度加快。法国等6个国家疫情前为下降趋势,疫情后其斜率未发生变化(图1)。

由于SAFR存在疫情后的短期波动现象,为了排除短期波动对长期趋势的影响,本研究将2020年9月至2021年3月的数据删除之后重新进行了中断时间序列分析,以此作为敏感性分析,结果见表2。疫情后,美国和西班牙的SAFR上升趋势消失;比利时、日本和法国的SAFR加速下降;以色列SAFR的加速下降趋势消失,此外,其余结果并无明显不同。

表1 COVID-19疫情前后28个国家SAFR的中断时间序列分析

国家	疫情前斜率		疫情后斜率变化		疫情后第1个月	
	$\beta_1(95\%CI)\times10^{-3}$	P	$\beta_3(95\%CI)\times10^{-3}$	P值	$\beta_4(95\%CI)\times10^{-2}$	P
芬兰	-5.17(-5.41,-4.93)	<0.001	-4.84(-7.08,-2.60)	<0.001	-12.26(-20.45,-4.07)	0.004
韩国	-4.53(-4.84,-4.22)	<0.001	1.74(-1.18,4.66)	0.241	-1.16(-11.84,9.53)	0.831
挪威	-3.84(-4.04,-3.64)	<0.001	-7.72(-9.61,-5.83)	<0.001	-18.79(-25.70,-11.88)	<0.001
爱尔兰	-3.21(-3.43,-2.98)	<0.001	-5.32(-7.47,-3.18)	<0.001	-20.00(-27.84,-12.15)	<0.001
俄罗斯	-2.58(-2.97,-2.18)	<0.001	-0.59(-4.32,3.15)	0.757	-2.96(-16.64,10.72)	0.670
瑞典	-2.46(-2.67,-2.26)	<0.001	-9.90(-11.80,-7.99)	<0.001	-11.16(-18.13,-4.19)	0.002
美国	-2.37(-2.54,-2.20)	<0.001	3.17(1.55,4.79)	<0.001	-9.17(-15.10,-3.23)	0.003
法国	-2.20(-2.42,-1.98)	<0.001	3.93(-1.68,2.46)	0.708	-12.30(-19.88,-4.72)	0.002
比利时	-2.18(-2.36,-2.00)	<0.001	-1.19(-2.93,-0.55)	0.179	-16.67(-23.04,-10.30)	<0.001
加拿大	-2.12(-2.30,-1.95)	<0.001	-2.21(-3.90,-0.52)	0.011	-11.29(-17.47,-5.11)	<0.001
荷兰	-1.82(-2.00,-1.65)	<0.001	-5.87(-7.52,-4.22)	<0.001	-15.66(-21.69,-9.62)	<0.001
意大利	-1.64(-1.83,-1.46)	<0.001	1.65(-0.80,3.39)	0.061	-15.49(-21.83,-9.15)	<0.001
西班牙	-0.99(-1.23,-0.76)	<0.001	2.97(0.76,5.18)	0.009	-19.49(-27.58,-11.39)	<0.001
以色列	-0.71(-1.14,-0.28)	0.001	-4.18(-8.25,-0.11)	0.044	-29.07(-43.97,-14.18)	<0.001
日本	-0.70(-0.91,-0.49)	<0.001	-1.36(-3.34,0.62)	0.177	-5.24(-12.49,2.01)	0.155
立陶宛	-0.60(-1.07,-0.13)	0.013	-8.06(-12.52,-3.61)	<0.001	-6.16(-22.47,10.15)	0.456
瑞士	-0.54(-0.73,-0.36)	<0.001	-7.71(-9.46,-5.95)	<0.001	-11.07(-17.49,-4.64)	0.001
丹麦	0.06(-0.23,0.36)	0.668	-11.95(-14.72,-9.17)	<0.001	-15.65(-25.79,-5.50)	0.003
奥地利	0.21(-0.03,0.45)	0.086	-3.69(-5.98,-1.41)	0.002	-7.81(-16.17,0.55)	0.067
斯洛文尼亚	0.49(0.26,0.73)	<0.001	-4.74(-6.97,-2.51)	<0.001	-8.93(-17.08,-7.86)	0.032
希腊	0.65(0.38,0.91)	<0.001	-8.53(-11.06,-6.01)	<0.001	-19.89(-29.14,-10.65)	<0.001
拉脱维亚	0.85(0.27,1.43)	0.004	-9.98(-15.46,-4.50)	<0.001	-10.62(-30.68,9.44)	0.297
保加利亚	0.93(0.72,1.15)	<0.001	-2.28(-4.31,-0.24)	0.029	-13.93(-21.38,-6.49)	<0.001
德国	1.56(1.27,1.85)	<0.001	-7.70(-10.42,-4.99)	<0.001	-5.39(-15.34,4.56)	0.286
波兰	1.79(1.49,2.10)	<0.001	-7.45(-10.34,-4.55)	<0.001	-10.15(-20.75,0.45)	0.060
匈牙利	2.21(1.91,2.52)	<0.001	-3.47(-6.37,-0.57)	0.019	-15.78(-26.39,-5.16)	0.004
葡萄牙	2.27(2.01,2.53)	<0.001	7.09(4.63,9.55)	<0.001	-2.21(-11.22,6.80)	0.628
捷克	3.68(3.45,3.91)	<0.001	-14.34(-16.49,-12.19)	<0.001	-17.74(-25.60,-9.88)	<0.001

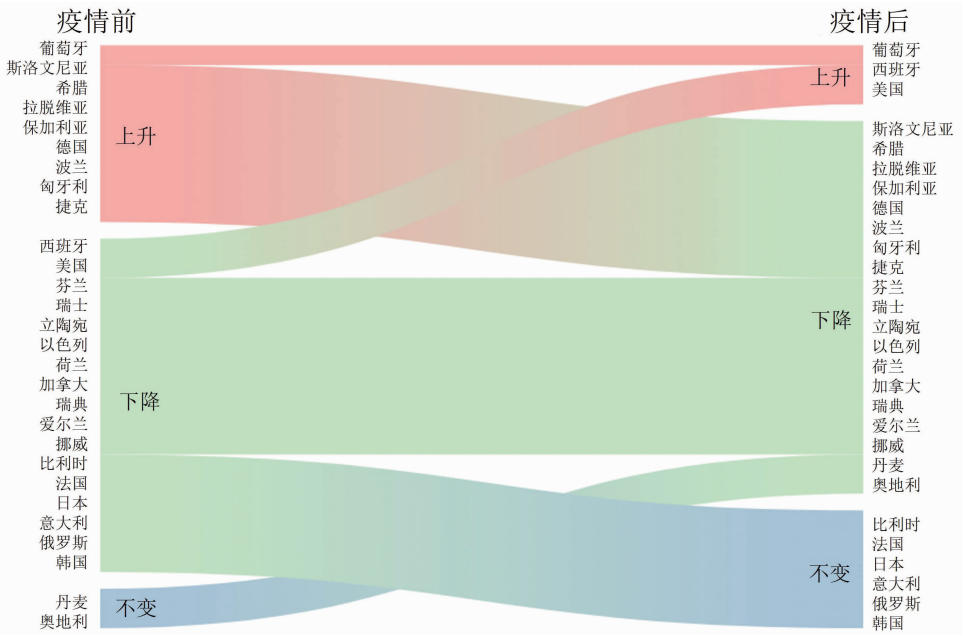


图 1　疫情前后 28 个国家的 SAFR 趋势变化桑基图

表 2　COVID-19 疫情前后 28 个国家去除短期波动影响后 SAFR 的中断时间序列分析(敏感性分析)

国家	疫情前校正斜率		疫情后斜率变化	
	β_1(95%*CI*)×10^{-3}	*P*	β_3(95%*CI*)×10^{-3}	*P*
以色列	−7.31(−9.21,−5.42)	<0.001	−0.15(−4.05,3.74)	0.937
芬兰	−5.30(−5.54,−5.06)	<0.001	−5.37(−7.82,−2.92)	<0.001
韩国	−4.43(−4.76,−4.10)	<0.001	1.44(−1.92,4.80)	0.398
拉脱维亚	−3.80(−4.67,−2.92)	<0.001	−8.49(−12.42,−4.57)	<0.001
挪威	−3.74(−3.99,−3.57)	<0.001	−8.75(−10.89,−6.62)	<0.001
立陶宛	−3.54(−4.65,−2.43)	<0.001	−6.59(−11.30,−1.87)	0.007
爱尔兰	−3.21(−3.45,−2.96)	<0.001	−3.48(−5.68,−1.28)	0.002
俄罗斯	−2.55(−2.97,−2.13)	<0.001	−2.55(−6.84,1.73)	0.241
瑞典	−2.39(−2.59,−2.18)	<0.001	−11.45(−13.54,−9.36)	<0.001
美国	−2.23(−2.39,−2.07)	<0.001	1.56(−0.05,3.17)	0.057
法国	−2.14(−2.32,−1.96)	<0.001	−3.65(−5.48,−1.83)	<0.001
比利时	−2.12(−2.28,−1.95)	<0.001	−3.68(−5.36,−1.99)	<0.001
加拿大	−1.95(−2.11,−1.80)	<0.001	−3.84(−5.40,−2.28)	<0.001
荷兰	−1.79(−1.97,−1.62)	<0.001	−7.17(−8.98,−5.35)	<0.001
波兰	−1.74(−3.59,1.18)	0.066	−3.76(−6.91,−0.60)	0.021
意大利	−1.60(−1.79,−1.41)	<0.001	0.62(−1.30,2.53)	0.525
西班牙	−0.86(−1.07,−0.65)	<0.001	0.11(−2.03,2.24)	0.922
日本	−0.55(−0.75,−0.35)	<0.001	−3.27(−5.32,−1.23)	0.002
瑞士	−0.44(−0.63,−0.25)	<0.001	−7.91(−9.86,−5.97)	<0.001
丹麦	0.19(−0.11,0.50)	0.212	−13.40(−16.50,−10.30)	<0.001
奥地利	0.34(0.10,0.59)	0.007	−4.08(−6.62,−1.55)	0.002
斯洛文尼亚	0.50(0.25,0.75)	<0.001	−5.25(−7.80,−2.69)	<0.001
希腊	0.67(0.39,0.95)	<0.001	−8.93(−11.79,−6.06)	<0.001
保加利亚	0.98(0.75,1.20)	<0.001	−2.87(−5.14,−0.60)	0.014
德国	1.71(1.41,2.01)	<0.001	−7.88(−10.93,−4.83)	<0.001
匈牙利	2.20(1.88,2.53)	<0.001	−3.82(−7.16,−0.48)	0.026
葡萄牙	2.42(2.15,2.69)	<0.001	6.46(3.73,9.18)	<0.001
捷克	3.82(3.59,4.04)	<0.001	−14.02(−16.35,−11.70)	<0.001

2.2 疫情后 SAFR 变化情况

将疫情后不同国家的 SAFR 变化率标记在地图上(图 2),可见其呈现一定的地域分布规律。欧洲国家中,中欧国家以及地中海西岸的葡萄牙和西班牙下降较为明显,西欧国家以及北欧的芬兰上升较为明显。其余非欧洲国家中,加拿大、美国、韩国和以色列没有明显下降,日本下降较为明显。

2.3 SAFR 短期波动及长期趋势的影响因素分析

按照 SAFR 变化率是否上升进行分组,立陶宛、捷克、葡萄牙、日本、德国、丹麦、波兰、瑞典、奥地利、西班牙、保加利亚、匈牙利、瑞士、希腊、斯洛文尼亚、加拿大、俄罗斯和韩国为 SAFR 变化率下降组;意大利、法国、美国、拉脱维亚、比利时、荷兰、爱尔兰、挪威、以色列和芬兰为 SAFR 变化率上升组,其中比利时、立陶宛、挪威和瑞典缺少 PHSM 严重程度指数数据;保加利亚、俄罗斯和瑞士缺少失业率数据。对不同组别 2020-2021 年人均 GDP、PHSM 严重程度指数、失业率以及疫情前各组 SAFR 的平均值进行秩和检验,结果发现人均 GDP($P=0.027$)和疫情前 SAFR($P=0.005$)在不同 SAFR 变化率组中不同,SAFR 变化率升高组的疫情前 SAFR 和人均 GDP 均显著高于 SAFR 变化率下降组。但 PHSM 严重程度指数和失业率在 2 组中差异无统计学意义(表 3)。按照是否存在短期波动进行分组,瑞士、法国、瑞典、丹麦、美国、芬兰、匈牙利、斯洛文尼亚、爱尔兰、保加利亚、比利时、荷兰、加拿大、捷克、挪威、西班牙、希腊、以色列、意大利为有短期波动组;波兰、奥地利、日本、德国、拉脱维亚、立陶宛、葡萄牙、俄罗斯、韩国为无短期波动组。疫情前 SAFR($P=0.041$)在不同短期波动分组中不同,短期波动组在疫情前的 SAFR 显著高于无短期波动组;人均 GDP 呈现边缘阳性结果($P=0.052$),短期波动组的人均 GDP 高于无短期波动组;PHSM 严重程度指数和失业率在 2 组中差异无统计学意义(表 3)。

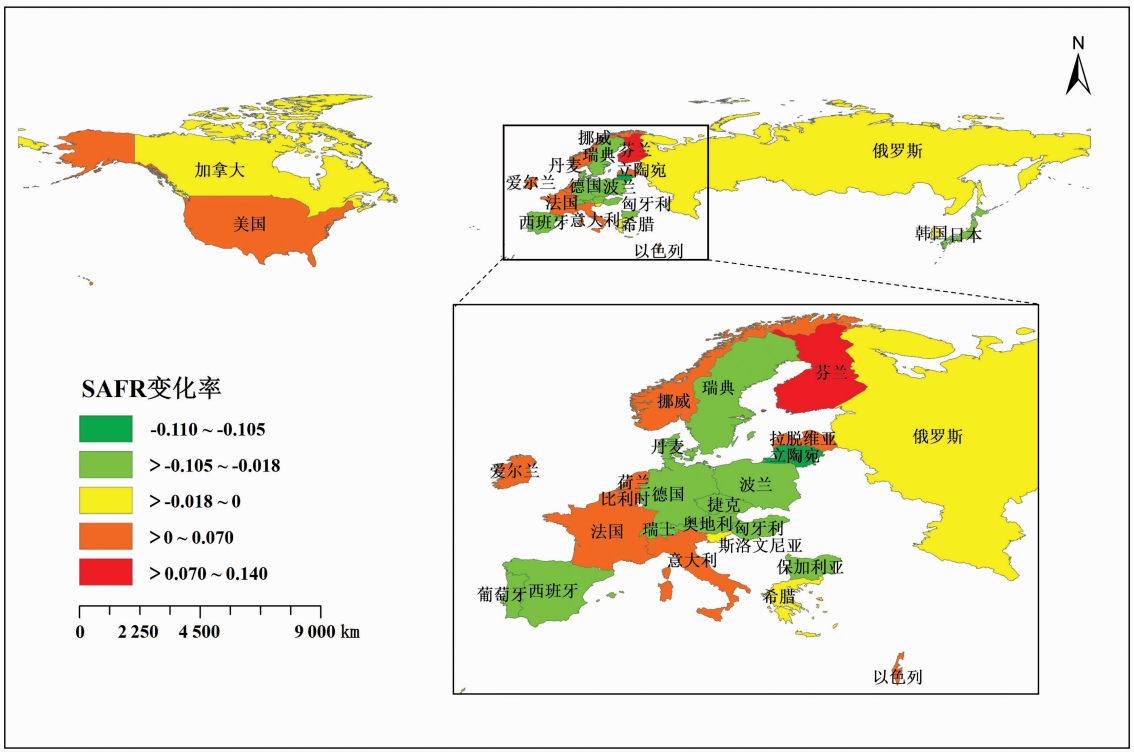


图 2 COVID-19 疫情后不同国家 SAFR 变化率地理热图

表 3 SAFR 长期及短期变化影响因素分析[$M(P_{25},P_{75})$]

变量	短期波动			SAFR 变化率		
	无短期波动($n=9$)	短期波动($n=19$)	P	下降($n=18$)	升高($n=10$)	P
疫情前 SAFR	1.47(1.34,1.62)	1.63(1.52,1.79)	0.041	1.51(1.35,1.62)	1.67(1.61,1.84)	0.005
人均 GDP/万美元	2.34(1.83,4.44)	4.84(2.7,6.44)	0.052	2.80(1.84,4.95)	4.99(3.95,7.00)	0.027
PHSM 严重程度指数	48.34(48.30,48.36)	48.35(48.30,48.35)	0.806	48.34(48.31,48.36)	48.34(48.29,48.35)	0.759
失业率/%	4.97(3.37,7.60)	6.04(4.61,8.66)	0.180	5.37(3.62,8.62)	6.38(4.62,7.85)	0.506

3 讨论

本研究利用人类生育力数据库中28个国家的SAFR数据,采用中断时间序列分析方法,评估COVID-19后SAFR趋势是否改变,同时探索不同变化的影响因素。研究发现,19个国家在疫情后出现了SAFR的短暂下降,随后出现补偿性反弹。芬兰等9个国家在疫情之后SAFR下降速度加快,葡萄牙加速上升,希腊等8个国家疫情后转变为下降趋势,美国和西班牙转变为上升趋势,仅有日本等6个国家并未受到疫情的明显影响。SAFR变化率下降主要集中在部分中欧国家以及地中海西岸的国家,而SAFR增加的国家主要分布在北欧以及西欧地区。SAFR无短期波动的国家疫情前的SAFR低于有短期波动的国家,SAFR变化率下降国家的疫情前SAFR与人均GDP均低于SAFR变化率上升国家。未发现SAFR短期波动或长期趋势与PHSM严重程度指数或失业率存在关联。

与之前发表的部分国家的研究一致[13-15],本研究发现众多国家的生育率在2020年12月(即疫情后9个月)都出现了短期显著下降,随后在2021年1-3月左右出现均出现了恢复性反弹。对于生育率的下降,COVID-19疫情对生育率的影响可能通过直接影响和间接影响两种方式。首先,有研究提示COVID-19疫情可能导致男性和女性生殖能力下降[16-17],也可能造成怀孕妇女出现流产等不良妊娠结局[18],这也许会导致部分生育率损失。但是感染人群主要为老年和慢性病人群[19],育龄期人群感染率不高,因此对生育率的影响有限。微观经济证据表明,经济的不确定性和未来收入预期的恶化会对生育意愿产生负面影响;对于宏观证据来说,失业率似乎是反映家庭经济状况恶化和不确定性以及预测生育动态的最佳指标。美国1项研究发现失业率每上升1个百分点,生育率就会下降0.86%[14]。疫情最初,大多数国家都实施了封锁措施来减缓疾病的传播,导致全球经济活动放缓,企业减产或倒闭,致使失业率升高[20]。未来的不确定性增加,导致民众产生焦虑,从而选择推迟生育或者放弃生育,这可能导致了各国生育率的短期下降。随后的生育率反弹,可能是由于各国陆续出台政策以缓解经济动荡[21-22];COVID-19疫苗的问世同样也可能缓解了民众对COVID-19的恐惧,使得生育率出现反弹。此外,辅助生殖机构对生育率的贡献可能因为封锁期间的停用而中断从而造成生育率短暂地下降,解封后又为反弹做出贡献[23]。然而本研究结果显示,不同短期波动分组国家的PHSM严重程度指数和失业率没有差别。PHSM严重依赖社区的参与,可能需要很长时间才能有效[24]。虽然大多数国家的政府都实施了不同的PHSM组合来应对COVID-19,但个人和社会PHSM应对的时间(初始实施和措施的长度)、程度和范围差异很大。与中国不同,本研究中大多数国家的控制措施从3月初开始,持续到5、6月开始放松,作用效果可能有限。此外,PHSM指数不能反映各种封控措施的实际实施情况。其他可能影响对PHSM依从性的因素,如文化和个人健康信念和行为以及疫苗接种率,可能因国家而异,也没有被指数所涵盖[25],这些原因可能导致没有观察到不同短期波动分组国家的PHSM水平存在差别。未来需要将PHSM指数与其他人口依从性指标结合使用来进一步探讨其对生育的影响。生育率短期波动的国家人均GDP高于无短期波动的国家,可能是因为人均GDP高的国家的疫情响应更快速,民众能够及时速调整适应。此外,出现短期波动的国家在疫情前生育率更高,这提示原本生育率更高的国家中可能存在部分更加敏感的育龄期人群,容易受到疫情的影响。

美国、西班牙和葡萄牙在疫情后SAFR的长期趋势分析结果中与大多数国家相反,呈现上升趋势。但在疫情后SAFR变化率的分析中,西班牙和葡萄牙出现下降。这可能由于西班牙在疫情初始阶段SAFR短期急剧下降,随后的反弹及上升趋势未能弥补短期下降带来的SAFR减少;而葡萄牙并未经历短期波动,SAFR下降之后并没有迅速反弹,而是缓慢回升。此外,疫情前西班牙、希腊和意大利等国外来人员的生育率高于本国人[26],疫情的封控措施限制了外来人员的入境,可能导致生育率的损失。例如,美国研究发现其2020年生育率下降的部分原因是外籍妇女的出生率大幅下降导致的[27]。此外,与本研究结果一致,韩国研究发现其2021年前生育率与疫情前的水平并无差异[6]。可能是由于该国其他社会因素对于生育意愿已经造成显著抑制,其生育率在疫情前已经很低,因此疫情对于生育意愿并未造成进一步的影响。

COVID-19疫情发生后,各个国家采取的应对措施很大程度上影响了全球经济形势,迫使企业倒闭、失业率升高和经济增长放缓[28]。本研究发现生育率变化率增加的国家人均GDP显著高于生育率变化率减少的国家。在经济较为发达的国家,人们对事业发展和生活质量的追求致使生育率处于较低水平,因此疫情对生育率的负面影响相对较小。此外,政府为支持经济而采取的迅速而有力的干预措施有助于挽救就业岗位,提供经济缓冲。有研究发现疫情期间育龄妇女的

心理压力增大[29],人均 GDP 较高的国家在医疗保健方面的高支出可能减少妇女在 COVID-19 期间的生育压力。此外,这些国家接受的难民在疫情期间难以获得避孕用品,也会导致生育率升高[30]。这些情况有助于揭示人均 GDP 与生育率变化呈现的关联。

随着 COVID-19 疫情封控措施的逐步取消,全球经济出现复苏,但各国经济复苏趋势存在差异,就业率仍然低于疫情前的水平。疫情封控措施的取消并不代表 COVID-19 的后续影响已经完全消失。本研究结果提示疫情对世界生育率的持续下降趋势造成了额外影响,面临人口危机、老龄化社会的国家势必越来越多。各国必须做好准备以应对公共财政、医疗保健和社会服务的影响。

与其他研究相比,本研究主要优势在于:第一,使用了涉及 28 个国家的 2012-2022 年的生育率数据,补充了包括 2021 年之后的生育率数据,对于疫情后生育率的研究进行了更深入的分析。第二,从长期趋势和短期波动两方面入手,分析了疫情发生 2 年后不同国家生育率趋势的短期和长期变化差异。

同时,本研究也存在一些局限性。第一,本研究是一个使用国家级数据进行的生态学研究,因此无法推断出个人层面的结论,难以进行因果论证。第二,本研究无法控制个体的年龄、学历、经济状况等混杂因素,尽管这些因素已被证实是生育率的重要影响因素。

综上所述,本研究表明不同国家疫情后的生育率变化不同。在 28 个分析国家中,19 个国家的生育率在 COVID-19 疫情发生 9 个月后出现了短期下降,随后又出现反弹;19 个国家在疫情后生育率处于加速下降状态。了解造成这些现象的影响因素对疫情后生育率的变化至关重要,可以帮助各国制定更有效的政策和措施,减轻疫情对生育率的负面影响,促进人口健康和社会稳定发展。

参考文献:

[1] World Bank Open Data[EB/OL]. [2023-12-04]. https://data.worldbank.org.

[2] BLOOM D E, KUHN M, PRETTNER K. Fertility in high-income countries: trends, patterns, determinants, and consequences[J]. Annu Rev Econ, 2024. DOI: 10.1146/annurev-economics-081523-013750.

[3] AASSVE A, CAVALLI N, MENCARINI L, *et al*. The COVID-19 pandemic and human fertility[J]. Science, 2020, 369(6502): 370-371. DOI: 10.1126/science.abc9520.

[4] DE GEYTER C, MASCIOCCHI M, GOBRECHT-KELLER U. Excess mortality caused by the COVID-19 pandemic negatively impacts birth numbers in European countries[J]. Hum Reprod, 2022, 37(4): 822-827. DOI: 10.1093/humrep/deac031.

[5] NISÉN J, JALOVAARA M, ROTKIRCH A, *et al*. Fertility recovery despite the COVID-19 pandemic in Finland? [J]. Finn J Soc Res, 2022. DOI: 10.51815/fjsr.120361.

[6] JUNG M, LEE D S. Subnational variations in births and marriages during the COVID-19 pandemic in South Korea [J]. DemRes, 2023, 48: 867-882. DOI: 10.4054/demres.2023.48.30.

[7] Short-term fertility fluctuations[EB/OL]. [2022-11-06]. https://www.humanfertility.org/Data/STFF.

[8] Short-Term fertility fluctuations data series (STFF)-Methodological note[EB/OL]. [2022-09-26]. https://www.humanfertility.org/File/GetDocumentFree/Docs/STFFnote.pdf.

[9] BERNAL J L, CUMMINS S, GASPARRINI A. Interrupted time series regression for the evaluation of public health interventions: a tutorial[J]. Int J Epidemiol, 2017, 46(1): 348-355. DOI: 10.1093/ije/dyw098.

[10] 邵华, 王琦琦, 胡跃华, 等. 中断时间序列分析及其在公共卫生领域中的应用[J]. 中华流行病学杂志, 2015, 36(9): 1015-1017.
SHAO H, WANG Q Q, HU Y H, *et al*. Interrupted time-series analysis and its application in public health[J]. Chin J Epidemiol, 2015, 36(9): 1015-1017.

[11] 李雨橦, 庞元捷, 吕敏, 等. 北京市肺炎球菌疫苗免费接种政策对老年人肺炎住院的影响[J]. 中华疾病控制杂志, 2023, 27(3): 357-362. DOI: 10.16462/j.cnki.zhjbkz.2023.03.020.
LI Y T, PANG Y J, LYU M, *et al*. Effect of the free pneumococcal vaccination policy on the hospital admissions for pneumonia among the elderly in Beijing[J]. Chin J Dis Contr Prev, 2023, 27(3): 357-362. DOI: 10.16462/j.cnki.zhjbkz.2023.03.020.

[12] 徐笑寒, 欧春泉. 评估公共卫生干预效果的中断时间序列方法及其应用[J]. 中国卫生统计, 2023, 40(1): 41-44. DOI: 10.11783/j.issn.1002-3674.2023.01.009.
XU X H, OU C Q. An introduction to interrupted time series design in evaluating the effect of public health interventions and its application[J]. Chin J Health Stat, 2023, 40(1): 41-44. DOI: 10.11783/j.issn.1002-3674.2023.01.009.

[13] LAPPEGÅRD T, KORNSTAD T, DOMMERMUTH L, *et al*. Understanding the positive effects of the COVID-19 pandemic on women's fertility in Norway[J]. Popul Dev Rev, 2023. DOI: 10.1111/padr.12539.

[14] KEARNEY M S, LEVINE P B. The US COVID-19 baby bust and rebound[J]. J Popul Econ, 2023, 36(4): 2145-2168. DOI: 10.1007/s00148-023-00965-x.

[15] ERMISCH J. The very temporary effect of Covid-19 on English fertility[EB/OL]. [2022-09-11]. https://osf.io/preprints/socarxiv/ufdhk/.

[16] LI F Y, LU H, ZHANG Q, *et al*. Impact of COVID-19 on female fertility: a systematic review and meta-analysis protocol[J]. BMJ Open, 2021, 11(2): e045524. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-045524.

[17] SEYMEN C M. The other side of COVID-19 pandemic: Effects on male fertility[J]. J Med Virol, 2021, 93(3): 1396-1402. DOI: 10.1002/jmv.26667.

[18] SALEM D, KATRANJI F, BAKDASH T. COVID-19 infection in pregnant women: Review of maternal and fetal outcomes[J]. Int J Gynaecol Obstet, 2021, 152(3): 291-298. DOI: 10.1002/ijgo.13533.

[19] YADAV R, ACHARJEE A, SALKAR A, *et al*. Mumbai mayhem of COVID-19 pandemic reveals important factors that influence susceptibility to infection [J]. EClinicalMedicine, 2021, 35: 100841. DOI: 10.1016/j.eclinm.2021.100841.

[20] NASEER S, KHALID S, PARVEEN S, *et al*. COVID-19 outbreak: Impact on global economy [J]. Front Public Health, 2022, 10: 1009393. DOI: 10.3389/fpubh.2022.1009393.

[21] OECD. Supporting people and companies to deal with the COVID-19 virus: Options for an immediate employment and social-policy response[EB/OL]. (2020-03-20)[2023-12-06]. https://www.oecd-ilibrary.org/employment/supporting-people-and-companies-to-deal-with-the-covid-19-virus-options-for-an-immediate-employment-and-social-policy-response_d33dffe6-en.

[22] JAVIER C V, EDUARDO N, LIBERTAD M, *et al*. The impact of the COVID-19 pandemic on social, health, and economy[J]. Sustainability, 2021, 13(11): 6314.

[23] CHAE-KIM J, KIM T T, GAVRILOVA-JORDAN L, *et al*. Assisted reproductive technology procedures in the Us prior to and during the COVID-19 pandemic[J]. Fertil Steril, 2021, 116(3): e299. DOI: 10.1016/j.fertnstert.2021.07.805.

[24] SEALE H, DYER C E F, ABDI I, *et al*. Improving the impact of non-pharmaceutical interventions during COVID-19: examining the factors that influence engagement and the impact on individuals[J]. BMC Infect Dis, 2020, 20(1): 607. DOI: 10.1186/s12879-020-05340-9.

[25] WIPPEL C, OWEN L, COCCIOLONE D, et al. Using the public health and social measures severity index for analysing government responses to COVID-19 in the WHO European region [EB/OL]. [2024-03-18]. https://doi.org/10.1101/2023.11.21.23298818.

[26] KOTZAMANIS B. Fertility of nationals and foreigners in Spain, Italy, and Greece during and after the economic recession and refugee crisis[J]. Ingeo, 2022(77): 57. DOI: 10.14198/ingeo.19061.

[27] BAILEY M J, CURRIE J, SCHWANDT H. The COVID-19 baby bump in the United States[J]. Proc Natl Acad Sci U S A, 2023, 120(34): e2222075120. DOI: 10.1073/pnas.2222075120.

[28] BLUSTEIN D L, GUARINO P A. Work and unemployment in the time of COVID-19: the existential experience of loss and fear[J]. J Humanist Psychol, 2020, 60(5): 702-709. DOI: 10.1177/0022167820934229.

[29] ALMEIDA M, SHRESTHA A D, STOJANAC D, *et al*. The impact of the COVID-19 pandemic on women's mental health[J]. Arch Womens Ment Health, 2020, 23(6): 741-748. DOI: 10.1007/s00737-020-01092-2.

[30] MOURTADA R, MELNIKAS A J. Crisis upon crisis: a qualitative study exploring the joint effect of the political, economic, and pandemic challenges in Lebanon on Syrian refugee women's fertility preferences and behaviour[J]. Confl Health, 2022, 16(1): 35. DOI: 10.1186/s13031-022-00468-8.

(收稿:2024-01-14;修回:2024-04-15)

(编辑 张 维)