

基于 CHARLS 的我国老年人失能转移规律研究*

王雪莹^{1,2} 胡泊^{1,2} 王闯世^{1,2} 吴疏桐^{1,2} 郝军^{1,2} 王杨^{1,2△} 樊静^{1,2△}

【摘要】目的 老年人失能已成为日益严峻的公共卫生问题。本研究旨在通过研究老年人失能转移规律为失能防治提供依据。**方法** 基于中国健康与养老追踪调查 (CHARLS) 2011—2018 年的数据,依据基本 (BADL) 及工具性 (IADL) 日常生活活动量表及美国长期护理调查 (NLTCS) 分级方法将失能状态分为 6 级,采用多状态 Markov 模型分析老年人失能转移规律。**结果** 共纳入 7308 名分析对象。随着失能程度加重,老年人向死亡转移的概率呈上升趋势。老年人处于健康、健康受损、轻度失能、中度失能、重度失能时状态不变概率分别为 0.343、0.106、0.169、0.053、0.031,平均逗留时间分别为 3.10、1.15、1.46、1.25、1.57 年。女性在各状态的总逗留时间均高于男性,在处于健康、健康受损、轻度失能状态时转移至其他更严重失能状态的风险均高于男性,但转移至死亡的风险均低于男性。**结论** 随着失能程度的增加,老年人死亡风险升高,初始状态为失能老年人相比初始状态为健康老年人更可能发生状态改变,老年人在健康状态逗留时间最长,但在相对短时间内极易发展为轻度失能,女性比男性更具有生存优势,但拥有相对较长的非健康生存期,建议一旦老年人进入失能状态立即采取积极应对措施,避免失能进一步恶化,尤其要关注女性失能老年人的护理需求。

【关键词】 老年人 失能 转移规律 Markov 模型

【中图分类号】 R195

【文献标识码】 A

DOI 10.11783/j.issn.1002-3674.2024.03.023

《第七次全国人口普查公报》显示,我国 65 岁以上老年人约占总人口的 13.5%^[1]。《2021 年国民经济和社会发展统计公报》也显示,预计到 2030 年,全国 60 岁及以上老年人占比将达到 25% 左右^[2]。失能不仅严重危害老年人生活质量,还会造成沉重社会负担。研究老年人失能转移规律,对于预防或减少老年人失能发生,减轻社会养老压力,提高老年人生活质量等均具有重大意义。

多状态 Markov 模型能同时考虑所有状态、状态间转移时间等信息,动态地评价疾病等进展^[3]。20 世纪 80 年代末国外已将其应用于医学领域^[4],90 年代末国内也开始使用^[5]。邓平基 (2022)^[6] 基于第六次人口普查和 2015 年全国 1% 人口抽样调查数据,利用离散 Markov 模型预测失能老年人口的规模;吴炳义 (2019)^[7] 基于 CLHLS 调查数据利用插值马尔可夫链法计算分性别、年龄的老年人口不同健康状态间转移概率、健康预期寿命,并预测老年人失能率;陶涛 (2019)^[8] 利用 CHARLS 数据构建 Markov 模型对老年人失能转移规律进行研究,然而该研究仅使用一次随访数据使得模型估算结果精度有限。郭庆 (2021)^[9] 虽基于两期 CHARLS 随访数据分析,但未考虑死亡吸收态,未纳入其他协变量并开展针对缺失值的敏感性分析。

因此本研究拟基于中国健康与养老追踪调查 (CHARLS) 2011—2018 年的调查数据,采用多状态 Markov 模型对老年人失能的转移规律进行分析,并纳入性别为协变量,为制定科学的老龄化失能应对策略提供循证决策依据。

资料与方法

1. 资料来源

研究数据来源于中国健康与养老追踪调查 (CHARLS),由北京大学国家发展研究院主持,于 2011 年开展基线调查。本研究选取 CHARLS 数据库中 2011、2013、2015、2018 年调查数据进行分析。考虑到多期随访存在失访及死亡可能,纳入人群为参与 CHARLS 至少两次连续随访的 60 岁及以上人群,数据清洗、按 ID 匹配后得到参与完整四期随访 2689 人,参与三期随访 1520 人,仅参与两期随访 3099 人。

最终收集数据内容:年龄、性别、基本日常生活活动 BADL (包括洗澡、穿衣、如厕、吃饭、上下床及控制大小便)、工具性日常生活活动 IADL (包含做饭、做家务、理财、购买物品及吃药)、是否死亡。考虑纳入性别为协变量。

2. 老年人失能状态分类依据

近些年失能相关研究倾向于将 BADL 与 IADL 相结合^[5]。本研究将 CHARLS 中选择没有困难视为该项无障碍,而其余项均表示有障碍。为充分探究失能转移规律,遵循何文炯^[10] 依据美国长期护理调查 (NLTCS) 分级方法将失能分为 6 级,如表 1 所示。

3. 研究方法

(1) 模型参数

* 基金项目:中国医学科学院阜外医院高水平医院临床科研业务费 (2023-GSP-GG-1)

1. 中国医学科学院阜外医院 (100037)

2. 国家心血管病中心

△通信作者:王杨, E-mail: wangyang@mrbc-nccd.com;樊静, E-mail: jing.fan@nccd.org.cn

多状态 Markov 模型中,状态分暂态和吸收态^[11]。Markov 链是一种随机事件序列,其未来取值只与现在取值有关,而与过去取值无关,即为无后效性的随机过程^[12]。基于老年人失能发生发展过程的时间连续性 & 状态可数性,本研究采用多状态 Markov 模型进行分析。

表 1 老年人失能状态分类标准

失能状态	状态描述
健康	能完成所有 IADL 和 BADL
健康受损	仅不能完成 IADL,能完成全部 BADL
轻度失能	无法完成 1~2 项 BADL
中度失能	无法完成 3~4 项 BADL
重度失能	无法完成 5~6 项 BADL
死亡	死亡

①转移强度:在 t 时刻前处于状态 i 的个体在极短的时间 δ_t 内转移到状态 j 的概率可用 $q_{ij}(t, z(t))$ 描述:

$$q_{ij}(t, z(t)) = \lim_{\delta_t \rightarrow 0} P(S(t + \delta_t) = j | S(t) = i) / \delta_t$$

其中 $S(t)$ 为在某时刻所处状态, q_{ij} 来自一个 $R \times R$ 的矩阵 Q 。

②平均逗留时间 T :指某状态在单次逗留期间的平均期限, $T = -1/q_{rr}$ 。其中 q_{rr} 是转移强度矩阵中对角线位置的值。

③转移概率:转移概率矩阵 $P(u, t+u)$ 中第 (i, j) 项描述 u 时刻处于状态 i 的个体在 $(t+u)$ 时刻处于状态 j 的概率:

$$P(u, t+u) = Prob(X(t+u) = j | X(t) = i)$$

④模型的拟合结果评价:R 软件“msm”包里 plot 功能可通过比较各状态的观测和期望频数及百分比来判断模型的拟合效果。而 Pearson 拟合优度检验可输出对应检验统计量和 P 值,具有更高的效能和实际意义。

(2) 模型构建

本研究假定,除死亡外的五状态均可相互转移或

停留在此状态,建立 Markov 模型如图 1,并将在后续分析中予以验证。

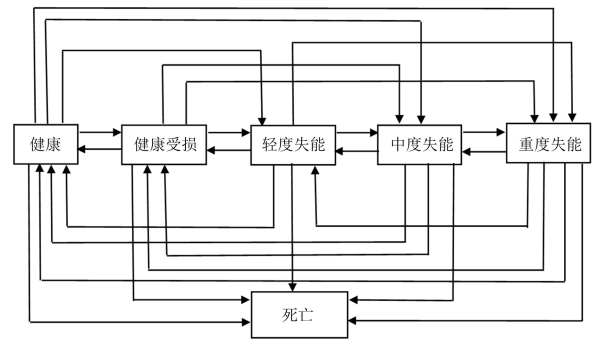


图 1 Markov 模型构建

(3) 敏感性分析

CHARLS 数据中,老年人失能变量缺失比例超过 10%,需进行填补后与未填补对模型构建影响的敏感性分析。使用多重插补后发现,填补前后,整体特征分布、各状态间转移强度及概率呈现的规律类似,此外,模型的拟合程度几乎无差异,认为数据的缺失对本研究结果无显著影响。

4. 软件分析

变量筛选、多重插补、变量再赋值、按 ID 匹配多水平数据、基线及随访期统计描述在 SPSS 24.0 中完成;多状态 Markov 模型的构建、转移规律和模型拟合均在 R 3.6.3“msm”包中完成^[10]。

结 果

1. 基线及随访期信息

研究共纳入 7308 名分析对象。4 次调查中,女性所占比例稍高于男性,健康状态人数最多近似半数,其次是轻度失能约占 20%。人群的平均随访时长为 4.65 年。如表 2 所示。

表 2 纳入 Markov 模型老年人各年份特征分布 (n/%)

特征	年份			
	2011	2013	2015	2018
性别				
男	1869 (44.7)	2400 (44.9)	2832 (44.4)	2472 (44.1)
女	2316 (55.3)	2945 (55.1)	3547 (55.6)	3133 (55.9)
失能状态				
健康	2109 (50.4)	2670 (50.0)	2963 (46.4)	2337 (41.7)
健康受损	621 (14.8)	726 (13.6)	843 (13.2)	831 (14.8)
轻度失能	934 (22.3)	1126 (21.1)	1511 (23.7)	1213 (21.6)
中度失能	316 (7.6)	335 (6.3)	460 (7.2)	411 (7.3)
重度失能	205 (4.9)	189 (3.5)	250 (3.9)	286 (5.1)
死亡	-	299 (5.6)	352 (5.5)	527 (9.4)
总计	4185	5345	6379	5605

2. 随访期内失能状态转移情况

随访期内分别有 7103 例 (50.0%) 和 2058 例 (14.49%) 处于健康、健康受损、轻、中、重度失能分别有 3372 例 (23.74%)、1065 例 (7.50%)、608 例 (4.28%)。期

间状态不变有 6216 例 (43.76%)，状态改善、变差率分别为 20.89% (2968/14206)、27.06% (3844/14206)，期间死亡 1178 例 (8.29%)。如表 3 所示。

表 3 2011-2018 年老年人失能变化情况

初状态	末状态						合计
	健康	健康受损	轻度失能	中度失能	重度失能	死亡	
健康	4229	934	1260	240	93	347	7103 (50.0%)
健康受损	763	463	466	131	63	172	2058 (14.49%)
轻度失能	1010	464	1118	326	183	271	3372 (23.74%)
中度失能	112	99	266	251	148	189	1065 (7.50%)
重度失能	35	32	89	98	155	199	608 (4.28%)
合计	6149 (43.28%)	1992 (14.02%)	3199 (22.52%)	1046 (7.36%)	642 (4.52%)	1178 (8.29%)	14206

3. 老年人失能状态转移强度矩阵

表 4 显示,健康状态老年人最易转移至轻度失能且死亡概率低;而健康受损、轻度失能、中度失能、重度失能状态老年人状态改善与恶化强度的比值分别为 0.91、1.89、1.42、1.27。可见,老年人处于任一失能状态均有改善可能,健康受损态改善强度最高,为 0.155。

表 4 老年人失能状态转移强度矩阵

初始状态	转移后状态					
	健康	健康受损	轻度失能	中度失能	重度失能	死亡
健康	-0.170	0.055	0.075	0.014	0.006	0.021
健康受损	0.155	-0.325	0.095	0.027	0.013	0.035
轻度失能	0.123	0.057	-0.275	0.040	0.022	0.033
中度失能	0.044	0.039	0.104	-0.317	0.058	0.074
重度失能	0.024	0.022	0.061	0.067	-0.312	0.137

4. 老年人失能转移总体规律

调查从 2011 起至 2018 年,平均逗留时间显示老年人从健康转移至死亡平均需要 8.53 年,为展示完整转归流程故选择 10 年期转移概率矩阵。矩阵中对角线上下分别表示状态恶化、改善。随着基线状态从健康到重度失能,转移后状态不变概率大体呈下降趋势,初始状态为失能老年人比初始状态为健康老年人更具有状态改变倾向。健康受损、轻度失能、中度失能、重度失能状态改善概率低于变差概率;中度失能状态改善的概率最高为 0.443,重度失能死亡概率最高为 0.695。随着失能程度加重,向死亡状态转移的概率呈上升趋势。处在健康、健康受损、轻度失能、中度失能、重度失能状态的平均逗留时间分别为 3.10、1.15、1.46、1.25、1.57 年。如表 5、表 6 所示。

表 5 老年人各失能状态转移的 10 年期转移概率矩阵

初始状态	逗留时间 (年,95%CI)	转移后状态					
		健康	健康受损	轻度失能	中度失能	重度失能	死亡
健康	3.10(2.93,3.27)	0.343	0.121	0.186	0.065	0.055	0.231
健康受损	1.15(1.05,1.25)	0.297	0.106	0.164	0.059	0.051	0.323
轻度失能	1.46(1.36,1.58)	0.300	0.108	0.169	0.062	0.055	0.306
中度失能	1.25(1.12,1.41)	0.225	0.083	0.134	0.053	0.050	0.454
重度失能	1.57(1.41,1.76)	0.121	0.046	0.075	0.031	0.031	0.695

表 6 老年人各失能状态改善、不变和变差的概率

状态	改善	不变	变差
健康	-	0.343	0.657
健康受损	0.297	0.106	0.597
轻度失能	0.408	0.169	0.423
中度失能	0.443	0.053	0.504
重度失能	0.274	0.031	0.695

-:表示无此数据

5. 性别对老年人失能转移规律的影响

以性别为协变量构建风险转移矩阵,矩阵中不同状态的风险比(hazard ratio,HR)代表女性和男性在对应状态间发生转移的风险之比。结果显示,在处于健

康、健康受损、轻度失能状态时,女性转移至其他更严重失能状态的风险大多高于男性,转移至死亡的风险均低于男性,然而中度失能女性转移至死亡的风险大大增加,如表 7 所示。

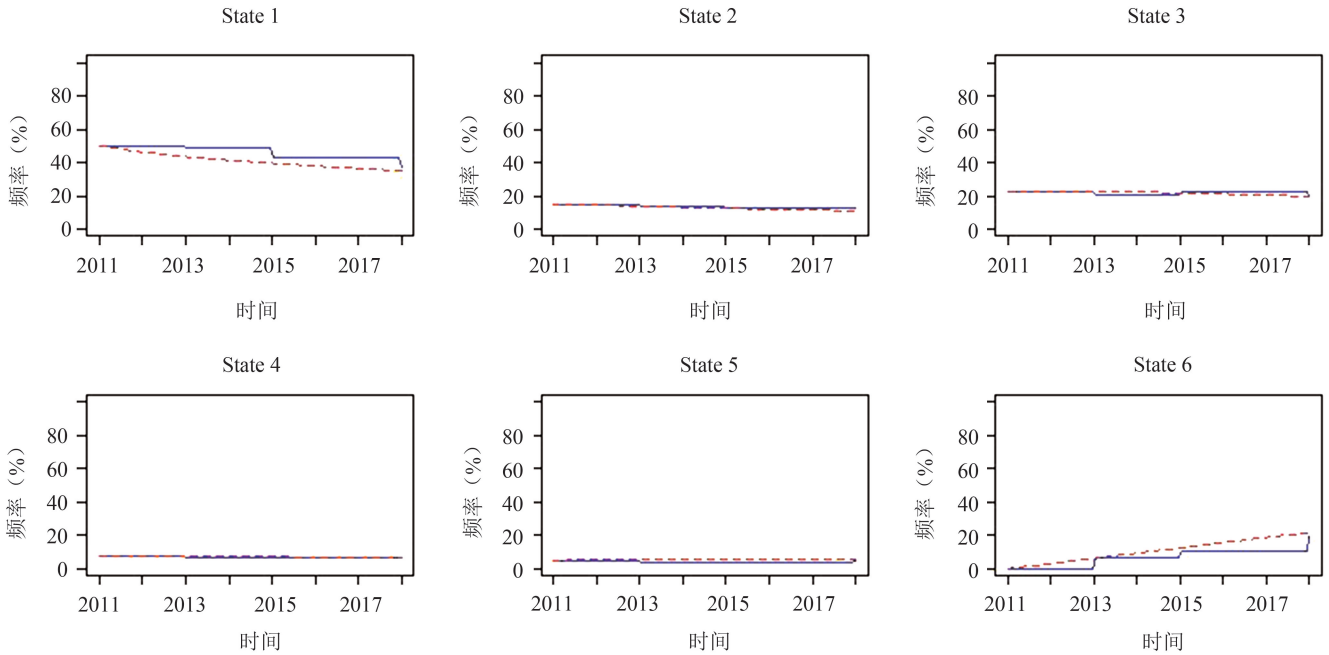
6. 模型拟合结果

Markov 模型拟合图中,纵横坐标分别为时间、频率,红色虚线和蓝色实线分别代表各状态理论频数和实际频数百分比曲线。由图 2 可知,状态 1 和状态 6 存在实际频数轻微高估、低估的情况,这可能是由于极端状态容易受到多个因素的影响。Pearson 型拟合优度的检验结果也显示,P 值上下限均>0.05,可见模型拟合效果良好。

表 7 基于性别的转移后状态及对应风险比

初始状态	转移后状态及对应风险比 HR(95% CI)					
	健康	健康受损	轻度失能	中度失能	重度失能	死亡
健康	-	1.37(1.16,1.63)	1.07(0.78,1.40)	1.93(1.45,2.63)	1.23(1.02,1.49)	0.47(0.26,0.81)
健康受损	1.08(0.76,1.41)	-	1.03(0.81,1.27)	1.72(1.24,2.42)	1.01(0.79,1.23)	0.29(0.04,0.57)
轻度失能	0.86(0.65,1.15)	1.03(0.79,1.28)	-	1.01(0.71,1.32)	1.04(0.84,1.29)	0.64(0.23,0.78)
中度失能	1.13(0.94,1.39)	0.92(0.70,1.21)	1.28(0.84,1.47)	-	0.78(0.33,0.98)	5.01(4.17,5.91)
重度失能	2.35(1.97,2.64)	1.49(1.01,2.20)	1.54(0.99,2.31)	1.41(0.94,2.12)	-	0.87(0.65,1.16)

注:-表示无此数据



* :state 1~6 分别代表健康、健康受损、轻度失能、中度失能、重度失能、死亡。

图 2 模型中各失能状态观测率与预测率符合情况

讨论

1. 老年人状态不变或改善与状态变差一样普遍存在

本研究中老年人基线失能率为 35.51%,其中轻度失能占比最高,转移期内失能好转率(20.89%)低于失能恶化率(27.06%),可见老年人状态不变或改善与状态变差一样普遍存在,这与国内外研究结果一致。Gill^[13]的研究结果显示,基线至少存在一项 ADL 失能并能在两年内完全恢复 ADL 功能的老年人占比为 28%;陶涛等^[8]的研究显示 2011 到 2013 年间老年人失能状态改善率、恶化率分别为 12.65%和 25.76%,结果与本研究不同可能是由于缺失值处理的差异。

2. 老年人失能转移规律

本研究中,随着失能程度增加,老年人或将面临更高的死亡风险。相比于初始状态为非失能的老年人,初始状态为失能的老年人具有更高发生状态改变的可能,这与学者戴玲燕^[14]的结果一致。老年人在健康、

健康受损、重度失能的逗留时间较长,而在轻度失能、中度失能的逗留时间较短,认为当老年人进入失能状态,若不及时干预,将顺序发展为重度失能,与陶涛^[8]、何文炯^[10]等研究结论相一致。此外,分析显示,初始状态为失能的老年人具有更高的向其他状态转移的可能性以及更低的在各个失能状态停留的时间,出现这一现象可能是由于失能相比非失能状态老年人具备某些失能发生发展的危险因素,且处于失能状态老年人会通过积极治疗、加强自我管理改变自身失能状态。综上,老年人在健康、健康受损态平均逗留时间较长,若积极主动采取预防性措施,极有可能避免失能的发生,此外,老年人进入失能态后的平均逗留时间偏短,因此在老年人进入失能态后,应迅速启动应对措施,避免失能的进一步恶化。

3. 男性更有健康优势,女性更有生存优势

基于性别的老年人失能转移规律结果显示,女性在各状态总逗留时间高于男性,基线处在健康、健康受损或轻度失能态的男性相比女性更有健康优势,但生

存优势劣于女性,然而中度失能的女性死亡的风险大幅增加。吴炳义^[7]等的研究结果也表明,女性老年人比男性老年人享有更长的预期寿命,但女性老年人非健康生存期相对较长,这可能是由于不同性别存在生理差异^[15],性别化的家庭及社会分工使得男性的社会、家庭地位相对更高,因此更容易获得由子女或配偶提供的照护服务^[16]。因此,政府在失能相关养老服务供给的制度规划中,可考虑更多关注女性老年人需求。

4. 研究的优势和局限性

本研究的优势在于:①数据源 CHARLS 涉及多省人群,具有很好的代表性;②纳入了基线及多次随访的数据。本研究不足为:①CHARLS 缺乏具体的死因信息导致对转移概率的估计可能存在差异;②目前算法仅能估计状态间的转移概率,但状态转移背后的原因及影响因素还有待进一步挖掘;③研究在假设符合 Markov 无后效性基础上开展,需要深入验证。

(志谢:感谢北京大学国家发展研究院提供 CHARLS 数据。)

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 第七次全国人口普查公报(第五号). (2021-05-11). http://www.stats.gov.cn/zt_18555/zdtjgz/zgrkpc/dqcrkpc/ggl/202302/t20230215_1904001.html.
- [2] 中华人民共和国国家统计局. 中华人民共和国 2021 年国民经济和社会发展统计公报. (2022-02-28). http://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t20230203_1901393.html.
- [3] 刘欢, 胡天天. 多维度失能测度指标体系构建及失能分级研究. 人口与经济, 2021(1): 82-98.
- [4] Kay R. A Markov Model for Analysing Cancer Markers and Disease States in Survival Studies. *Biometrics*, 1986, 42(4): 855-865.
- [5] 潘海燕, 孔丹莉, 胡利人, 等. 多状态统计模型在慢性病流行病学研究中的应用进展. *中国卫生统计*, 2007, 24(4): 440-443.
- [6] 邓平基. 基于 Markov 模型的失能老年人口规模预测. *中国老年学杂志*, 2022, 42(20): 5121-5125.
- [7] 吴炳义, 武继磊, 于奇. 中国老年人生活自理健康预期寿命的多状态模型分析. *中国人口科学*, 2019(4): 92-101+128.
- [8] 陶涛, 周英, 戴玲燕, 等. 采用多状态 Markov 模型分析我国老年人失能转移规律. *中国全科医学*, 2019, 22(10): 1165-1170.
- [9] 郭庆, 吴忠. 基于 Markov 模型的群体分异视角下失能老人长期护理需求预测及费用估算. *中国卫生统计*, 2021, 38(6): 870-873.
- [10] 何文炯, 洪蕾. 中国老年人失能状态转移规律研究. *社会保障研究*, 2013(6): 45-55.
- [11] 余红梅. 多状态模型简介. *中国卫生统计*, 2005, 22(3): 177-180.
- [12] 安小妹, 凌莉. Markov 模型在生命统计中的研究进展. *中国卫生统计*, 2007, 24(4): 436-439.
- [13] Gill TM, Robison JT, Tinetti ME. Predictors of Recovery in Activities of Daily Living Among Disabled Older Persons Living in the Community. *Journal of General Internal Medicine*, 1997, 12(12): 757-762.
- [14] 戴玲燕. 多状态 Markov 模型研究老年人失能转移及影响因素. 广州: 广州医科大学, 2018.
- [15] 魏蒙, 王红漫, 王晓军. 中国不同特征老年人失能轨迹差异分析. *中国公共卫生*, 2017, 33(12): 1689-1692.
- [16] 王哲斌, 郑志杰. 中国中老年人失能状况公平性与影响因素. *北京大学学报(医学版)*, 2020, 52(3): 500-505.
- (责任编辑:郭海强)
- (上接第 440 页)
- [10] Alberti KG, Zimmet PZ. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part1: diagnosis and classification of diabetes mellitus provisional report of a WHO consultation. *Diabet Med*, 1998, 15(7): 539-553.
- [11] 王力红, 魏楠, 赵霞, 等. 老年患者中央导管相关血流感染风险预测评分模型构建与验证. *中国感染控制杂志*, 2019, 18(3): 225-231.
- [12] 陈茹, 郑荣寿, 张思维, 等. 2015 年中国食管癌发病和死亡情况分析. *中华预防医学杂志*, 2019, 53(11): 1094-1097.
- [13] Li B, Zhang Y, Miao L, et al. Esophagectomy with three-field versus two-field lymphadenectomy for middle and lower thoracic esophageal cancer: long-term outcomes of a randomized clinical trial. *J Thorac Oncol*, 2021, 16(2): 310-317.
- [14] Liao Y, Li C, Xia C, et al. Spatial distribution of esophageal cancer mortality in China: a machine learning approach. *Int Health*, 2021, 13(1): 70-79.
- [15] Yang CS, Chen XL. Research on esophageal cancer: with personal perspectives from studies in China and Kenya. *Int J Cancer*, 2021, 149(2): 264-276.
- [16] Lorenzo A, Goltsman D, Apostolou C, et al. Diabetes Adversely Influences Postoperative Outcomes After Oesophagectomy: An Analysis of the National Surgical Quality Improvement Program Database. *Cureus*, 2022, 14(1): 221-226.
- [17] Liu G, Peng L, Liu B, et al. Analysis of risk factors for pulmonary infection in patients with minimally invasive esophagectomy. *Oncol Lett*, 2019, 17(3): 3283-3288.
- [18] Gómez-Sandoval JR, Robles-Cervantes JA, Hernández-González SO, et al. Efficacy of clindamycin compared with amoxicillin-metronidazole after a 7-day regimen in the treatment of periodontitis in patients with diabetes: a randomized clinical trial. *BMJ Open Diabetes Res Care*, 2020, 8(1): 65-68.
- [19] 刘思博, 石玉慧. 个体化护理干预对食管癌合并糖尿病围术期的应用效果分析. *中国医刊*, 2020, 55(3): 340-343.
- [20] 张海红, 王斌, 吴晓雅. 基于多因素 logistic 回归及列线图模型预测脓毒症休克患者发生脑卒中风险. *中国卫生统计*, 2022, 39(4): 604-606.
- [21] 郑敏, 张宇铮, 吕海永, 等. 基于 logistic 回归的二分类结局临床预测模型的 Stata 实现方法. *中国卫生统计*, 2022, 39(3): 461-464.
- (责任编辑:张悦)