



论文

身体衰老引发的衰弱状态与健康进展

苗鑫蕾^{1,2}, 徐菲^{1,3}, 芦欣怡⁴, 祝伊琳^{1,3}, 赵辉¹, 郭秀花^{2,5}, 孟群⁶, 冷松^{1*}

1. 大连医科大学附属第二医院, 大连 116023

2. 北京市临床流行病学重点实验室, 北京 100069

3. 大连医科大学公共卫生学院, 大连 116000

4. 北京大学第三医院, 北京 100089

5. 首都医科大学公共卫生学院, 北京 100069

6. 中华预防医学会, 北京 100069

* 联系人, E-mail: dllengsong@163.com

收稿日期: 2024-11-16; 接受日期: 2024-12-19; 网络版发表日期: 2025-02-18

大连市科技人才创新项目(批准号: 2024RQ059)、大连市医学科学研究计划(批准号: 2322001)、大连医科大学附属第二医院“1+X”计划项目(批准号: 2022DXDL01, YJ2024000102)资助

摘要 人群健康发展过程中的衰弱状态被认为是一种新兴的健康负担, 大部分研究关注住院患者衰弱流行状况, 主要是老年人. 但在普通人群中的衰弱状态与健康进展之间的关联尚不清楚. 本研究使用了为数较少的大型体检人群的前瞻性队列评估衰弱的动态转变情况. 共有66152人受邀参加, 通过生物标志物、心理状况等49个项目计算衰弱指数并将人群划分为健康状态、轻度衰弱、中度衰弱和重度衰弱. 同时, 4种衰弱状态构建12条健康过渡路径, 我们使用马尔可夫模型来计算过渡模式. 基于这些路径, 健康进展过程也分为健康改善和健康恶化. 在调整潜在的混杂因素后, 在5598名参与者中使用Cox比例风险模型计算生活方式对健康进展的风险比(HR)和95%置信区间(95%CI). 本研究发现在10年的人群自然衰老中, 维持自己健康状况的概率为0.574, 45.33%参与者健康进展发生恶化. 女性的整体衰弱率高于男性. 研究发现, 摄入含糖饮料会使健康恶化的风险增加至少17%, 喝茶会使风险降低16%, 牛奶摄入不足会使风险增加22%以上($P<0.001$). 总人群中不健康刷牙行为(每天刷牙少于两次)的风险值为 $HR=1.13$ (95%CI: 1.04~1.22, $P<0.001$). 尽管存在局限性, 但这项研究有助于为人口衰弱转变的强度和早期识别人口衰弱风险提供见解. 衰弱在健康发展中经历着动态的转变, 生活方式与衰弱状态的不同变化有关, 尤其是饮料消费(含糖饮料、茶、牛奶)和口腔健康. 应特别关注老年女性的健康发展和年轻人(45岁以下)的饮料消费水平. 未来需要更多的研究制定精准的预防策略, 以延缓衰弱的进展.

关键词 衰弱状态, 健康进展, 衰老

随着人口老龄化的加速和期望寿命的延长, 人们越来越关注自身健康状况的变化^[1]. GBD2021的结果

显示, 全球人口的健康期望寿命已增加到62.2岁, 伤残调整生命年(DALYs)增加了17.6%^[2], 这进一步证明了

引用格式: 苗鑫蕾, 徐菲, 芦欣怡, 等. 身体衰老引发的衰弱状态与健康进展. 中国科学: 生命科学, 2025, 55: 575–589

Miao X L, Xu F, Lu X Y, et al. The frailty status and health progression caused by physical aging (in Chinese). Sci Sin Vitae, 2025, 55: 575–589, doi: 10.1360/SSV-2024-0325

人群疾病负担正在增加, 生活质量没有改善. 随着年龄的增长, 人们正面临着一场名为“衰弱”的新危机. 衰弱是一种新兴的健康负担, 也越来越受到国际关注^[3,4]. 衰弱的特征是生理功能下降, 这是一种与年龄相关的临床疾病, 导致人体对压力的易感性增加^[5,6]. 流行病学的证据表明, 由于缺乏黄金测量标准, 衰弱的中位患病率约为42% (4%~59%)^[7]. 大量研究也证实, 衰弱可能会导致一系列不良事件或疾病的发生, 如跌倒、心血管疾病、慢性肾脏疾病和癌症^[8,9]. 并且早期的综述和荟萃分析也证明, 采用健康的生活方式可以改善衰弱^[10-12].

各种研究表明, 衰弱是可逆的^[13], 它被认为是一个具有可识别的中间阶段的动态过程, 通常这些阶段被称为不同的衰弱状态^[14]. 识别早期衰弱有助于及时了解和改善健康状况^[15]. 近年来, 越来越多关于衰弱的研究证实, 体育锻炼或有规律的饮食习惯等生活方式在干预衰弱以提高期望寿命和健康进步方面发挥着重要作用^[16-18]. 然而, 很少有研究分析和阐明衰弱的动态转变模式. 在长期健康追踪中, 探讨生活方式与衰弱转变的健康进展的关系研究也很有限. 因此, 在公共卫生层面需要这些干预措施和长期护理建议, 以解决由衰弱复杂性引起的健康进展问题.

为了弥补目前的研究空白, 本研究旨在发现衰弱状态的变化模式, 并系统地证明生活方式与身体衰弱状态以及成年人健康进展之间的关联.

1 材料与方法

1.1 研究设计

本研究的参与者来自大连健康管理队列研究(DHMC), 这是一项开放的、目前中国为数不多的大型前瞻性体检队列之一, 由大连医科大学第二医院的体检人群建立, 调查自2014年开始, 目前已经完成了中国临床试验注册(ChiCTR2300073633), 旨在收集大量关于人体生化检查、辅助检查、健康问卷等的体检信息, 并评估人群健康状况及其变化.

在本研究中, 纳入来自DHMC的386131名18岁及以上的参与者. 其中, 66152名参与者定义为数据集N1, 他们在2014~2023年期间参加了至少两次调查, 有完整的基本体检结果, 或者没有恶性肿瘤等重大慢性疾病, 并且在动态前瞻性队列分析中最初没有处于重

度衰弱状态. 在N1中的5598人完成了生活方式的问卷调查. 随访截止日期的定义是在有效期内没有结果出现或结果首次出现的时间. 我们的目标是找到不同衰弱状态之间的转变, 以及健康进展的过程. 本研究已获得大连医科大学第二医院医学伦理委员会的批准(编号2022DXDL01), 并依据《赫尔辛基宣言》的原则进行. 研究的具体技术路线图见图1.

1.2 衰弱指数和衰弱状态

衰弱状态由衰弱指数(frailty index, FI)定义. FI根据累积的健康缺陷进行计算, 累计健康缺陷表示为当前健康缺陷总数与总健康缺陷的比例. 本研究根据既往研究^[19,20]指标推荐共创建了49项健康缺陷数, 包括血清检测、身体活动评估、自我报告的慢性病和心理状态. 49个项目见网络版附表1. 根据首次体检时的衰弱指数参与者被分为健康($0 \leq FI \leq 0.17$)、轻度衰弱($0.17 < FI \leq 0.26$)、中度衰弱($0.26 < FI \leq 0.30$)和重度衰弱($FI > 0.30$). 在动态队列分析的随访中, 每次参与者体检时衰弱状态的变化被用来评估健康进展.

1.3 马尔可夫模型

本研究应用连续时间状态马尔可夫模型来阐明衰弱状态随时间的变化. 简而言之, 本研究基于衰弱多状态马尔可夫模型模拟了一个假设人群在预定年限内健康的自然发展史. 多状态马尔可夫模型可以描述个体如何在连续的一段时间内在一系列状态之间转换. 在这项研究中, 我们将健康、轻度衰弱和中度衰弱定义为过渡状态, 将重度衰弱定义为吸收状态, 这意味着重度衰弱的参与者不会过渡到其他三种状态. 因此, 我们排除了基线时重度衰弱的参与者. 经过10年的发展, 最终有12条衰弱发展路径(马尔可夫路径). 本文假定在衰弱进程中, 从现有状态转移到下一状态仅取决于当前状态, 而与过去的状态无关, 即具有马尔可夫过程的无后效性特征.

不同衰弱状态的转移概率用 P 表示, P_{ij} 表示不同状态之间的转移概率, $i=1, 2, 3$, $j=1, 2, 3, 4$. 在10年的观察期内, 不同健康状况之间的转变可能会多次发生, 转换概率是一个没有记忆的随机过程. 转移概率矩阵 $\mathbf{P}(x, t)$ 是指在 x 岁时处于不同状态的组在 $(x+t)$ 岁时转移到每个状态的概率形成, 概率矩阵为:

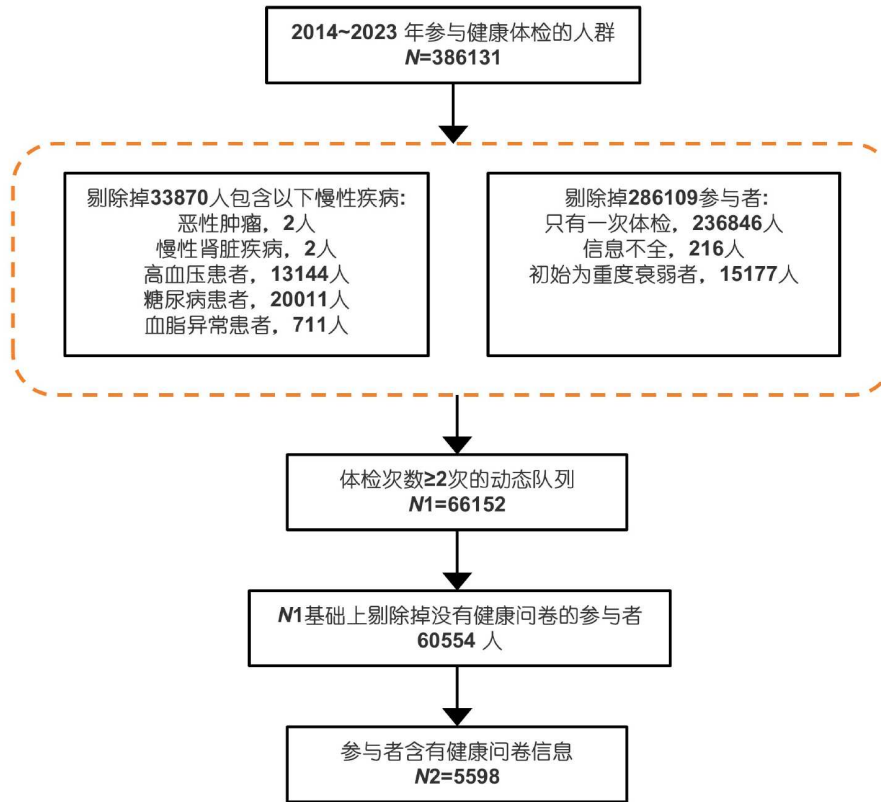


图 1 排纳流程图

Figure 1 Flowchart of this study

$$P(x, t) = \begin{bmatrix} {}_tP_x^{11} & {}_tP_x^{12} & {}_tP_x^{13} & {}_tP_x^{14} \\ {}_tP_x^{21} & {}_tP_x^{22} & {}_tP_x^{23} & {}_tP_x^{24} \\ {}_tP_x^{31} & {}_tP_x^{32} & {}_tP_x^{33} & {}_tP_x^{34} \\ {}_tP_x^{41} & {}_tP_x^{42} & {}_tP_x^{43} & {}_tP_x^{44} \end{bmatrix},$$

其中, P_x^{ab} 表示转移的概率强度, $a=1, 2, 3$, $b=1, 2, 3, 4$. 在马尔可夫转移矩阵中, 第四行的吸收状态实际上为 $[0, 0, 0, 1]$.

1.4 健康进展

根据衰弱状态本研究定义了12条马尔可夫路径, 然后重新定义了一个新的二元健康发展变量, 称为健康进展, 包括健康改善和健康恶化. 健康改善包括5种衰弱状态进展: 健康到健康、轻度衰弱到健康、轻度衰弱到轻度衰弱、中度衰弱到健康、中度衰弱到轻度衰弱. 将剩余的7种状态进展定义为健康状况恶化, 即健康至轻度衰弱、健康至中度衰弱、健康至重度衰弱、轻度衰弱至中度衰弱、轻度衰弱至重度衰弱、中

度衰弱至中度衰弱和轻度衰弱至重度衰弱. 健康进展路径见图2.

1.5 生活方式与协变量的定义

协变量来自通过体检进行的健康问卷. 拥有高等教育及以上学历是指获得本科或研究生学历. 吸烟和饮酒被分为是(有相关经验)或否(没有相关经验). 根据每天自我报告的刷牙频率来定义刷牙习惯. 代谢当量(MET)根据参与者报告的相关体力活动类型和时间计算, $MET \leq 3$, $3 < MET \leq 6$ 和 $MET > 6$ 分别定义为轻度体力活动、中度体力活动和超体力活动^[21]. 本研究将60岁以下睡眠时间超过7 h和60岁以上睡眠时间在5~8 h之间定义为正常睡眠^[22]. 膳食营养标准根据《中国居民膳食指南(2022)》的规定进行评估, 其中包括对谷物、肉类、蛋类、水产品、块茎、蔬菜、水果、坚果、豆制品、白水和牛奶的24 h综合评估^[23]. 将饮用咖啡的频率定义为不喝咖啡, 轻度饮用意味着每周1~5杯, 每

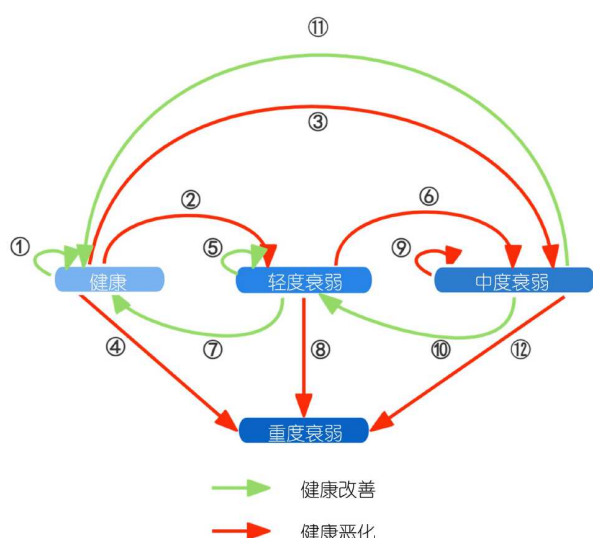


图2 衰弱状态与健康进展
Figure 2 Frailty status and health progression

周超过5杯定义为过量饮用(一杯近300 mL)。根据每天少于一杯(300 mL)的参考,茶的饮用量被定义为不喝茶、轻度饮用(每天1~7杯)和过量饮用(超过8杯)。含糖饮料被定义为不饮用含糖饮料、轻度饮用(每周1~4瓶)和过量饮用(每周超过4瓶,一瓶近500 mL)。

1.6 统计分析

根据纵向分析中基线FI的四分位数组,正态分布连续变量表示为均值±标准差,通过使用Mann-Whitney *U*检验进行分析,否则用均值四分位数表示。两个或多个独立样本使用Kruskal-Wallis *H*检验。加权卡方检验用于分类变量,以评估描述性分析中的差异。我们使用gompertz函数建立Cox比例风险回归模型来分析生活方式与健康进展之间的关系。本研究共建立三个模型,第一个是未调整的模型,第二个是调整了年龄和性别的模型,称为最小调整模型,最后一个是在第二个模型的基础上调整了教育的模型,名为完全调整模型。

敏感性分析包括:(i)使用有向无环图(DAG)对潜在的混杂因素进行了初步探索。DAG是因果结构的图形表示,可以说明潜在的偏差^[24]。DAG显示了结果(健康进展)、暴露(生活方式)和混杂因素之间的潜在关系。这种关系是复杂的,有时是双向的。特别是年龄、教育程度和性别,可能通过分析中未包括的另一个或

其他潜在因素(如图中虚线和“?”所示)发挥作用,见图3。(ii)将威布尔函数替换为Cox比例风险模型的主要函数;(iii)将指数函数替换为Cox比例风险模型中的主要函数;(iv)建立加速失败模型,验证生活方式与健康进展之间的关系。

桑基图显示了2014~2023年衰弱状态的变化。所有分析均在Stata 17.0和R 4.3.1中进行, $P<0.05$ 被认为具有统计学意义。

2 结果

2.1 参与者的基本特征

表1显示了根据衰弱程度划分的参与者特征。共有66152名参与者(平均年龄42.94岁),由35102名女性组成(53.1%),中度衰弱的女性比例低于男性。此外,5598名健康问卷调查参与者显示,中度衰弱的人受教育程度较低,吸烟、饮酒、刷牙习惯不良,没有喝咖啡或茶的习惯($P<0.05$)。

2.2 衰弱状态的转移概率

图4总结在历经10年内参与者的衰弱状态转移情况。结果显示,45.33%的参与者的健康过渡情况正在恶化,54.67%的参与者的过渡情况正在改善。健康状况恶化的概率随着年龄的增长而增加,大约从41.83%增加到55.20%。女性参与者的转变恶化百分比(41.09%)低于男性参与者(50.91%)。

2.3 衰弱状态的转移和健康进展

12条变化路径的衰弱状态与健康进展强度如图5所示。在10年的衰弱进展期间,保持自己健康状况的人的比例相对较高,保持健康的概率为0.574,保持轻度衰弱的概率为0.423,保持中度衰弱的可能性为0.255。在健康改善的进展中,轻度衰弱恢复健康、中度衰弱恢复轻度衰弱和中度衰弱恢复健康的比例分别为0.216, 0.272和0.090。在健康状况恶化的进展中,中度衰弱的参与者进展为重度衰弱的概率为0.375。衰弱的进展因性别而异,女性的整体衰弱率高于男性,老年人群患重度衰弱的可能性更高(图6)。

2.4 生活方式对健康进展的作用

研究发现,无论在总人口中摄入何种程度的含糖

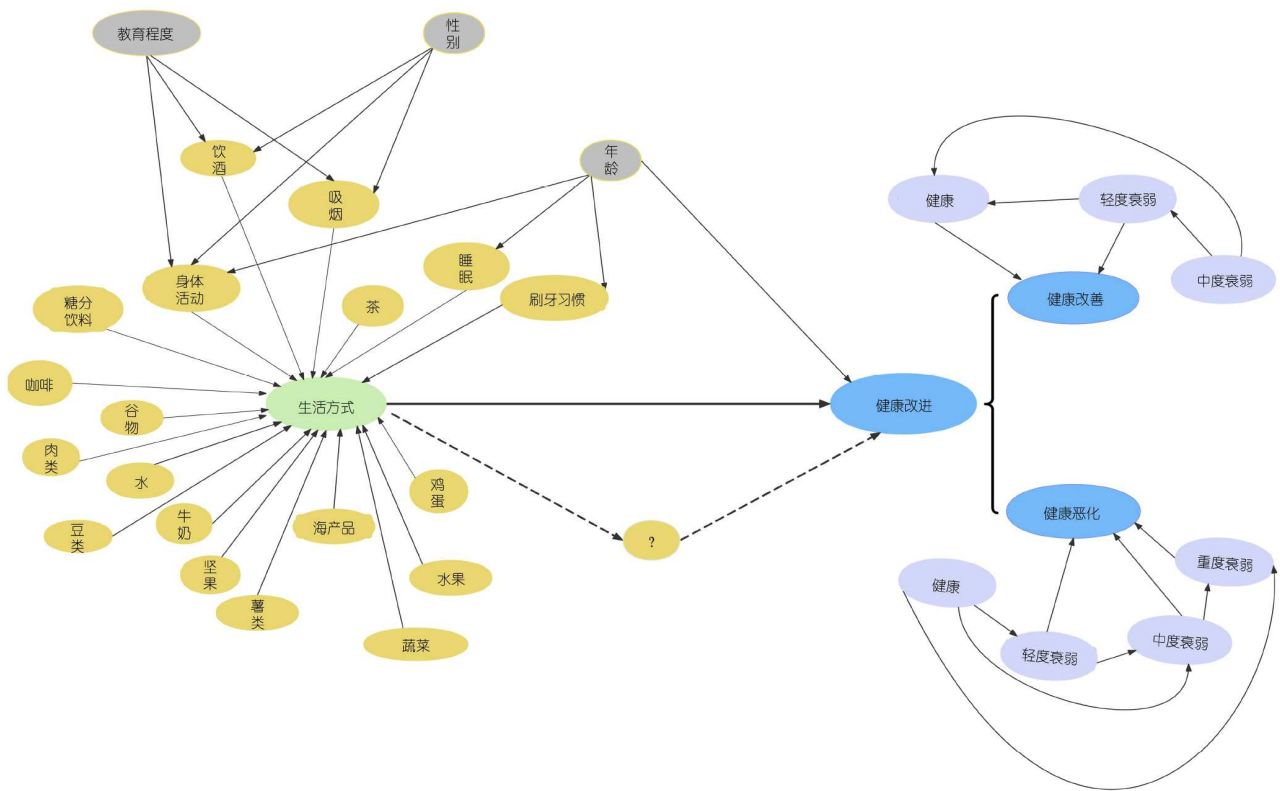


图 3 有向无环图解释潜在的因果关联

Figure 3 Explanations of potential causal relationships using directed acyclic graphs

饮料, 含糖饮料都会加速人口健康状况的恶化, 其中轻度饮用增加17%恶化风险($HR=1.17$, $95\%CI=1.08\sim 1.26$, $P<0.001$), 过量饮用增加19%的恶化风险($HR=1.19\%$, $95\%CI=1.02\sim 1.39$, $P=0.029$), 这在性别和45岁以下人群中仍然显著, 如表2所示. 适度饮茶可以降低女性和45岁以上人群的整体健康恶化风险(总 $HR=0.9$ ($95\%CI=0.82\sim 1.00$, $P=0.045$); 女性的 $HR=0.83$ ($95\%CI=0.73\sim 0.95$, $P=0.01$); 男性的 $HR=0.84$ ($95\%CI=0.74\sim 0.96$, $P=0.01$)). 同样, 如果牛奶、海鲜、水和谷物不符合标准, 也会对健康恶化产生积极影响. 应该注意的是, 充足的海鲜实际上会使老年人的健康状况恶化.

为了进一步检验生活方式与健康进展之间关联的稳健性, 我们进行了三项敏感分析. 我们发现, 摄入含糖饮料在不同程度上仍会加速健康恶化的过程, 在性别和年龄组中差异显著($P<0.05$). 牛奶摄入不足和不规律的刷牙习惯也会加速健康状况的恶化($P<0.05$). 结果可以参见表3~5.

3 讨论

据我们所知, 这是第一项调查衰弱状态转变和生活方式对健康进展作用的研究. 在为期10年的队列研究中, 本团队使用马尔可夫模型确定了12条衰弱状态的变化路径和2条健康进展路径(健康改善和健康恶化). 在中国体检人群中, 人群普遍处于健康或轻度衰弱状态, 大多数人在接下来的十年里通常会保持原有的健康状态. 自然发展条件下健康改善的概率为54.67%. 生活方式与不同性别和年龄段的健康进展有关, 这种关联的主要因素是含糖饮料、茶和牛奶的消费以及刷牙习惯. 然而, 65岁以上老年人摄入足够的谷物和肉类会对健康状况的改善产生负面影响.

本研究根据衰弱指数确定了4种衰弱状态, 结果表明, 在很长一段时间内, 不同衰弱状态之间存在高度动态的转变, 这与之前的报告一致^[25,26], 衰弱将是我们在下个世纪将面临的最严重的全球公共卫生挑战^[27]. 许多研究结果支持个体衰老过程在整个生命过程中表现

表 1 参与者的基本特征

Table 1 The characteristics of cohort participants

变量	健康	轻度衰弱	中度衰弱	总人群	P值
年龄(岁)	40.21±12.68	42.51±13.30	47.37±14.11	42.94±13.60	<0.001
性别					<0.001
男性	8796 (28.33)	9811 (31.6)	12443 (40.07)	31050 (46.94)	
女性	17438 (49.68)	11764 (33.51)	5897 (16.8)	35102 (53.06)	
受教育程度					<0.001
接受高等教育	2152 (42.35)	1813 (35.67)	1117 (21.98)	5082 (90.85)	
没有接受过高等教育	103 (20.12)	197 (38.48)	212 (41.41)	512 (9.15)	
吸烟经历					<0.001
无	2108 (44.73)	1687 (35.79)	918 (19.48)	4713 (84.19)	
有	150 (16.95)	324 (36.61)	411 (46.44)	885 (15.81)	
饮酒史					<0.001
无	1689 (46.52)	1302 (35.86)	640 (17.63)	3631 (64.86)	
有	569 (28.93)	709 (36.04)	689 (35.03)	1967 (35.14)	
刷牙习惯					<0.001
两次/天	1739 (43.42)	1405 (35.08)	861 (21.5)	4005 (71.54)	
少于两次/天	354 (29.16)	466 (38.39)	394 (32.45)	1214 (21.69)	
至少2次/天	165 (43.54)	140 (36.94)	74 (19.53)	379 (6.77)	
身体活动					0.675
轻度	131 (38.64)	134 (39.53)	74 (21.83)	339 (6.06)	
中度	1459 (40.37)	1297 (35.89)	858 (23.74)	3614 (64.56)	
重度	668 (40.61)	580 (35.26)	397 (24.13)	1645 (29.39)	
睡眠时间					0.222
达标	16949 (39.88)	14745 (34.69)	10810 (25.43)	42504 (97.45)	
不达标	461 (41.38)	395 (35.46)	258 (23.16)	1114 (2.55)	
心理评分	2.44±6.79	2.38±6.72	1.91±6.03	2.27±6.57	<0.001
咖啡					<0.001
不喝	1303 (37.79)	1270 (36.83)	875 (25.38)	3448 (61.59)	
中度	842 (44.36)	646 (34.04)	410 (21.6)	1898 (33.9)	
过量	113 (44.84)	95 (37.7)	44 (17.46)	252 (4.5)	
茶					<0.001
不喝	1451 (45.95)	1102 (34.9)	605 (19.16)	3158 (56.41)	
中度	773 (33.87)	851 (37.29)	658 (28.83)	2282 (40.76)	
过量	34 (21.52)	58 (36.71)	66 (41.77)	158 (2.82)	
糖分饮料					0.155
不喝	1140 (39.18)	1047 (35.98)	723 (24.85)	2910 (51.98)	
中度	1072 (41.61)	921 (35.75)	583 (22.63)	2576 (46.02)	
过量	46 (41.07)	43 (38.39)	23 (20.54)	112 (2)	
BMI					<0.001
正常	14073 (41.43)	12407 (36.53)	7485 (22.04)	33965 (51.34)	
不正常	6317 (19.63)	11710 (36.38)	14160 (43.99)	32187 (48.66)	

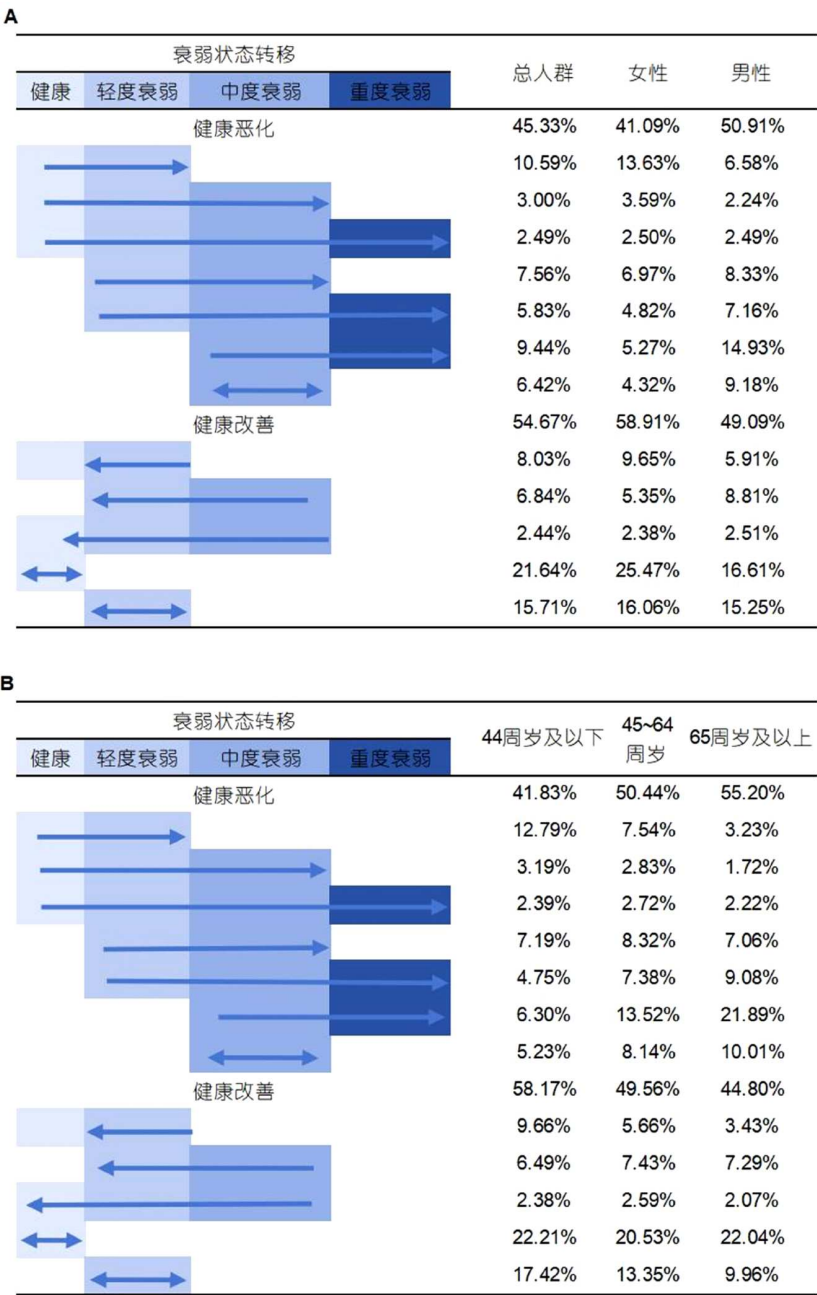


图 4 不同性别和年龄层中各健康状态人群转移占比. 根据(A)总体、女性和男性以及(B)不同年龄组观察到的衰弱状态转变的概率(%). 数据以概率的形式呈现, 箭头显示了衰弱之间的过渡方向

Figure 4 Proportion of health status transition among different genders and age groups. Probability (%) of observed transitions among frailty status by (A) overall, female and male, and (B) different age groups. Data are presented as probability. The arrow displays the direction of the transition among frailty status

出非线性特征, 至少有3种健康状态的改变: 身体衰弱、出现一些临床症状和疾病或死亡^[6,28], 因此衰弱的改善可以直接影响临床症状甚至疾病的发生. 在本团队的研究人群中, 更大比例的人的衰弱状态有所改善. 在

这种情况下, 一种解释可能是慢性病患者通过长期健康监测对疾病的发展进行了很好的控制. 到2023年底, 中国居民医疗保险的覆盖率已超过95%, 医疗保险药品目录的扩大使更多患者能够及时使用新药^[29]. 因此,

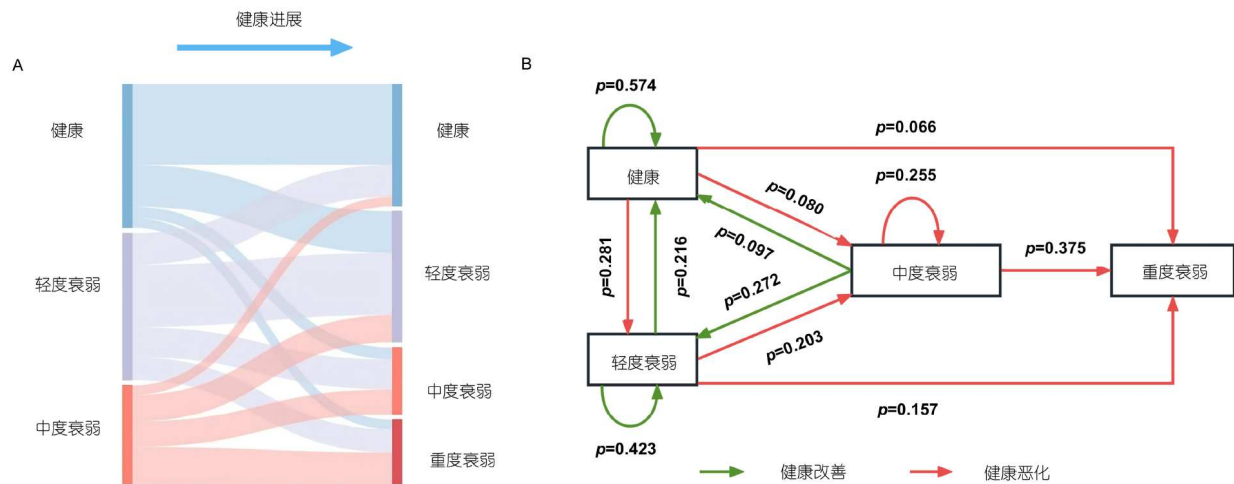


图 5 衰弱状态转变强度和健康进展. A: 人群健康进展的桑基图, 它说明了在事件过程中, 衰弱从最初的三种状态到四种状态的进展和转变. B: 健康进展的强度图, 绿线表示健康改善的过程, 红线表示健康恶化的过程

Figure 5 Frailty status transition intensity and the health progression. A: The Sankey diagram of population health progression, which illustrates the progression and transition of frailty from the initial three status to four status during the course of an event; B: the intensity graph of health progression, with green lines indicating the process of health improvement, and red lines indicating the process of health deterioration

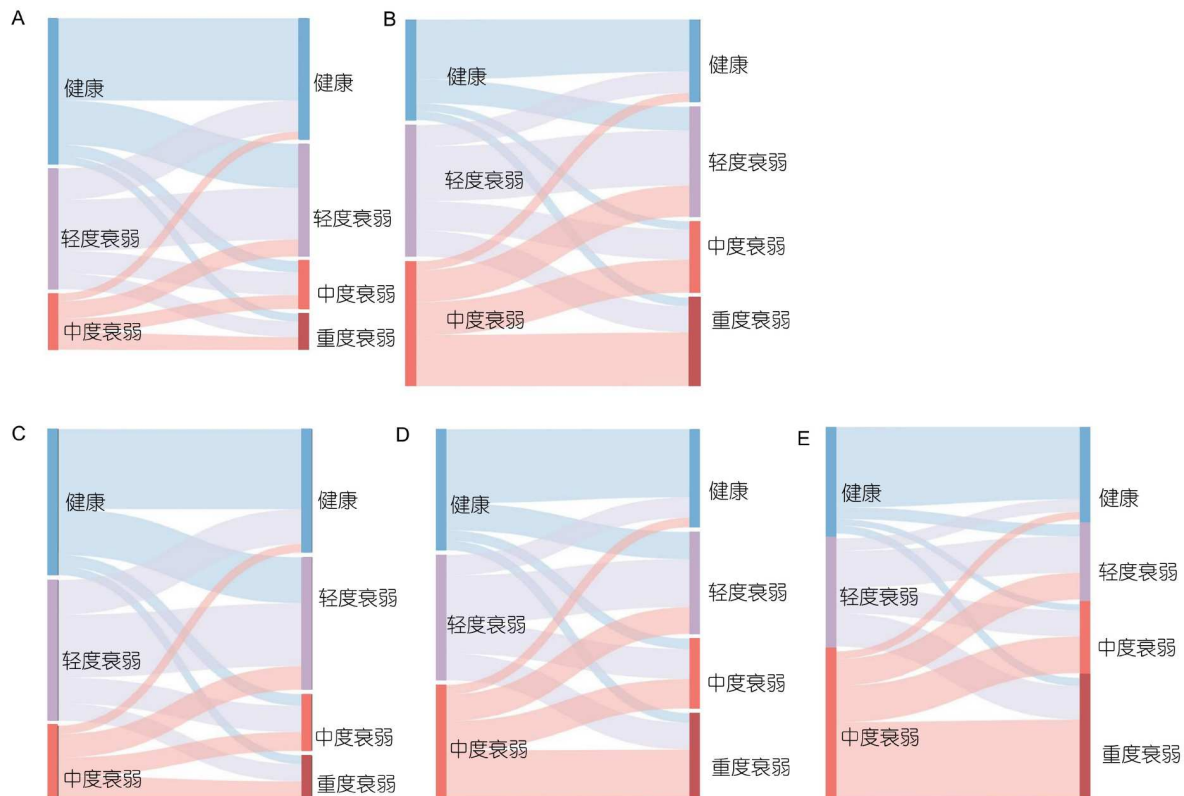


图 6 不同性别和年龄层中衰弱状态的转变情况. A~E分别代表男性、女性、44周岁及以下、45~64周岁、65周岁及以上人群健康进展的桑基图

Figure 6 Frailty status transition in sex and age. A~E represent the Sankey diagram of population health progression in male, female, ≤44 years old,

表 2 生活方式与健康进展之间的关系(gompertz函数建立Cox比例风险回归模型)^{a)}
Table 2 The relationship between lifestyle and health progression (Cox hazard ratio model using gompertz function)^{a)}

变量	总人群	女性	男性	44周岁及以下	45~64周岁	65周岁及以上
糖分饮料						
中度	1.17 (1.08, 1.26)**	1.14 (1, 1.29)	1.19 (1.07, 1.31)**	1.17 (1.07, 1.28)**	1.12 (0.95, 1.33)	—
过量	1.19 (1.02, 1.39)*	1.14 (0.9, 1.45)	1.22 (1, 1.5)	1.18 (1.01, 1.39)*	0.73 (0.39, 1.39)	—
吸烟	0.99 (0.89, 1.1)	0.98 (0.88, 1.1)	0.86 (0.51, 1.47)	1.09 (0.94, 1.25)	0.89 (0.74, 1.06)	0.43 (0.1, 1.95)
酒精消费	0.96 (0.88, 1.05)	0.91 (0.81, 1.03)	1.03 (0.91, 1.15)	0.96 (0.86, 1.06)	0.98 (0.83, 1.14)	0.55 (0.1, 2.92)
茶						
中度	0.9 (0.82, 1)*	0.83 (0.73, 0.95)*	1.05 (0.9, 1.23)	0.84 (0.74, 0.96)*	1.01 (0.85, 1.19)	—
过量	0.85 (0.7, 1.04)	0.9 (0.71, 1.15)	0.71 (0.49, 1.03)	0.78 (0.6, 1.02)	0.91 (0.66, 1.25)	—
咖啡						
中度	0.96 (0.89, 1.04)	0.86 (0.76, 0.99)*	1.01 (0.91, 1.11)	1.01 (0.93, 1.11)	0.85 (0.72, 1)	—
过量	1.08 (0.9, 1.29)	0.98 (0.69, 1.39)	1.11 (0.9, 1.36)	1.16 (0.96, 1.4)	0.9 (0.53, 1.52)	—
睡眠	0.95 (0.87, 1.04)	0.87 (0.75, 1)	1.01 (0.9, 1.13)	0.97 (0.88, 1.07)	0.88 (0.71, 1.09)	—
刷牙习惯	1.13 (1.04, 1.22)**	1.19 (1.07, 1.33)**	1.06 (0.95, 1.18)	1.08 (0.98, 1.19)	1.24 (1.08, 1.42)**	0.82 (0.14, 4.72)
身体活动	0.99 (0.99, 1)	0.99 (0.98, 1)	1 (0.99, 1.01)	0.99 (0.99, 1)	0.99 (0.98, 1.01)	0.84 (0.69, 1.01)
谷类	1.06 (0.94, 1.19)	1.08 (0.91, 1.28)	1.04 (0.87, 1.23)	1.02 (0.88, 1.19)	1.04 (0.84, 1.28)	3.03 (1.44, 4.71)**
蛋类	1.08 (0.98, 1.17)	1.07 (0.93, 1.24)	1.08 (0.96, 1.21)	1.05 (0.95, 1.16)	1.04 (0.86, 1.27)	4.42 (3.42, 5.27)
海鲜	1.06 (0.97, 1.15)	1.14 (1, 1.29)	1 (0.89, 1.11)	1.05 (0.96, 1.16)	1.01 (0.86, 1.19)	0.71 (0.62, 0.85)**
薯类	0.95 (0.87, 1.04)	1 (0.88, 1.14)	0.9 (0.8, 1.02)	0.91 (0.82, 1.01)	1.04 (0.88, 1.23)	3.33 (0.38, 8.84)
蔬菜	1 (0.88, 1.14)	1.01 (0.82, 1.25)	1.01 (0.85, 1.19)	1.08 (0.92, 1.26)	0.88 (0.7, 1.11)	0.71 (0.08, 6.15)
水果	0.97 (0.89, 1.05)	0.97 (0.85, 1.12)	0.98 (0.89, 1.09)	0.93 (0.84, 1.02)	1.08 (0.92, 1.27)	0.31 (0.04, 2.32)
豆	1.01 (0.88, 1.15)	0.97 (0.79, 1.19)	1.02 (0.86, 1.22)	0.97 (0.83, 1.13)	1.01 (0.77, 1.31)	0.38 (0.03, 4.96)
坚果	1 (0.94, 1.07)	1.05 (0.95, 1.16)	0.96 (0.89, 1.04)	1.05 (0.97, 1.14)	0.89 (0.8, 1)	0.56 (0.15, 2.11)
肉	0.98 (0.84, 1.13)	0.98 (0.79, 1.23)	0.96 (0.79, 1.18)	1.1 (0.91, 1.34)	0.96 (0.76, 1.21)	0.08 (0.01, 1.06)
牛奶	1.29 (1.19, 1.4)**	1.22 (1.08, 1.38)**	1.35 (1.21, 1.51)**	1.27 (1.15, 1.4)**	1.37 (1.18, 1.58)**	4.83 (2.58, 7.06)
白水	0.96 (0.89, 1.04)	0.93 (0.82, 1.05)	0.98 (0.88, 1.07)	0.9 (0.82, 0.98)	1.19 (1.03, 1.38)	1.42 (0.36, 5.57)

a) 表中的结果是风险比及其95%置信区间(HR.(95%CI)). 粗体表示该值具有统计学意义, *表示 $P<0.05$, **表示 $P<0.001$

这项政策直接促进了所有人获得健康的可能性和公平性. 此外, “健康中国”倡议使更多人了解并提高了其自我管理能力^[30], 为人们积极改善健康提供了可能性, 这可能意味着衰弱更容易逆转, 健康改善的可能性更高.

男性和女性之间存在健康差异, 这在之前的研究中得到了广泛证明^[31,32], 本团队的研究证实, 女性健康的恶化率低于男性. 女性通常会经历持续时间更长的轻度或中度衰弱. 然而, 一旦男性处于衰弱状态, 他们的健康状况就会迅速恶化到难以逆转的程度. GBD2021的结果显示, 女性的健康期望寿命高于男性, 而带残带病的生存年高于男性^[2]. 根据之前的研究, 本

团队再次证实在实现更长寿命的阶段, 女性会经历更不健康的寿命和较差的生活质量. 因此, 在长期老年健康管理中, 应持续关注女性健康的发展和转型.

尽管我们计算衰弱的方法不同于基于使用5个体表特征方式进行计算^[33,34]. 但越来越多的研究指出, 需要更新对衰弱的评估, 即考虑生物标志物的累积损伤^[4,27,35]. 我们的衰弱评估在此基础上考虑了异常的血液检查和心理健康状况. 建立了3个回归模型来分析生活方式与具有相同衰弱发展路径的人群之间的关系, 发现生活方式在很大程度上决定了健康发展. 如今, 口腔健康正受到越来越多的关注, 因为大量研究结果表

表 3 生活方式与健康进展之间的关系(威布尔函数建立Cox比例风险回归模型)^{a)}

Table 3 The relationship between lifestyle and health progression (Cox hazard ratio model using Weibull function)^{a)}

变量	总人群	女性	男性	44周岁及以下	45~64周岁	65周岁及以上
糖分饮料						
中度	0.15 (0.07, 0.23)**	0.17 (0.06, 0.27)**	0.14 (0.01, 0.26)*	0.15 (0.06, 0.23)	0.11 (-0.06, 0.28)	-
过量	0.16 (0.01, 0.32)*	0.19 (-0.01, 0.4)	0.12 (-0.12, 0.36)	0.13 (-0.03, 0.29)	-0.3 (-0.94, 0.34)	-
吸烟	-0.02 (-0.13, 0.09)	-0.18 (-0.71, 0.35)	-0.03 (-0.14, 0.09)	0.08 (-0.06, 0.23)	-0.14 (-0.32, 0.04)	-1.35 (-2.96, 0.26)
酒精消费	-0.04 (-0.12, 0.05)	0.04 (-0.08, 0.16)	-0.1 (-0.22, 0.02)	-0.03 (-0.14, 0.07)	-0.03 (-0.19, 0.13)	-0.41 (-2.21, 1.39)
茶						
中度	-0.1 (-0.2, 0)	0.07 (-0.09, 0.22)	-0.19 (-0.33, -0.06)**	-0.14 (-0.27, -0.01)	-0.01 (-0.17, 0.16)	-
过量	-0.12 (-0.32, 0.08)	-0.26 (-0.63, 0.11)	-0.09 (-0.34, 0.15)	-0.18 (-0.45, 0.08)	-0.08 (-0.39, 0.24)	-
咖啡						
中度	-0.04 (-0.12, 0.04)	0.02 (-0.08, 0.12)	-0.15 (-0.28, -0.02)*	0.02 (-0.07, 0.11)	-0.16 (-0.33, 0)	-
过量	0.05 (-0.12, 0.23)	0.09 (-0.12, 0.29)	-0.05 (-0.4, 0.31)	0.12 (-0.07, 0.31)	-0.11 (-0.64, 0.42)	-
睡眠	-0.05 (-0.14, 0.04)	0.01 (-0.1, 0.13)	-0.14 (-0.28, 0.01)	-0.02 (-0.12, 0.08)	-0.15 (-0.36, 0.07)	-
刷牙习惯	0.12 (0.04, 0.2)**	0.05 (-0.06, 0.16)	0.19 (0.07, 0.3)**	0.08 (-0.01, 0.17)	0.23 (0.09, 0.36)	0.14 (-1.86, 2.13)
身体活动	-0.01 (-0.01, 0)	0 (-0.01, 0.01)	-0.01 (-0.02, 0)	0 (-0.01, 0)	-0.01 (-0.02, 0.01)	-0.19 (-0.38, 0)
谷类	0.06 (-0.06, 0.18)	0.04 (-0.13, 0.21)	0.08 (-0.09, 0.25)	0.01 (-0.13, 0.16)	0.05 (-0.17, 0.26)	2.5 (0.74, 4.26)*
蛋类	0.07 (-0.02, 0.16)	0.06 (-0.05, 0.18)	0.07 (-0.07, 0.21)	0.04 (-0.05, 0.14)	0.04 (-0.16, 0.23)	2 (-1.05, 5.04)
海鲜	0.05 (-0.03, 0.13)	0 (-0.11, 0.1)	0.12 (0, 0.25)	0.05 (-0.05, 0.14)	0.01 (-0.15, 0.17)	-5.17 (-7.95, -2.39)**
薯类	-0.05 (-0.14, 0.04)	-0.09 (-0.21, 0.03)	0 (-0.13, 0.13)	-0.08 (-0.19, 0.02)	0.05 (-0.12, 0.22)	1.14 (-1.2, 3.48)
蔬菜	0.01 (-0.11, 0.14)	0.02 (-0.15, 0.18)	0.02 (-0.19, 0.23)	0.06 (-0.09, 0.22)	-0.09 (-0.32, 0.14)	-0.71 (-3.18, 1.77)
水果	-0.04 (-0.12, 0.05)	-0.03 (-0.13, 0.08)	-0.03 (-0.16, 0.11)	-0.07 (-0.17, 0.02)	0.06 (-0.11, 0.22)	-1.47 (-3.74, 0.8)
豆	0 (-0.13, 0.14)	0.01 (-0.17, 0.19)	-0.03 (-0.23, 0.17)	-0.03 (-0.18, 0.13)	-0.01 (-0.28, 0.26)	-1.08 (-3.67, 1.5)
坚果	0.01 (-0.06, 0.07)	-0.03 (-0.11, 0.05)	0.05 (-0.05, 0.15)	0.05 (-0.03, 0.12)	-0.1 (-0.22, 0.01)	-0.62 (-1.99, 0.76)
肉	-0.01 (-0.16, 0.13)	-0.04 (-0.24, 0.16)	0 (-0.23, 0.23)	0.09 (-0.11, 0.28)	-0.02 (-0.26, 0.21)	-2.93 (-5.5, -0.37)*
牛奶	0.24 (0.16, 0.33)**	0.27 (0.16, 0.38)**	0.21 (0.08, 0.33)**	0.22 (0.12, 0.32)	0.32 (0.18, 0.47)	2.21 (-0.05, 4.48)
白水	-0.04 (-0.11, 0.04)	-0.03 (-0.12, 0.07)	-0.07 (-0.19, 0.05)	-0.11 (-0.19, -0.02)	0.18 (0.03, 0.33)	0.7 (-0.76, 2.16)

a) 表中的结果是回归系数及其95%置信区间(coeff.(95%CI)). 粗体表示该值具有统计学意义, *表示 $P<0.05$, **表示 $P<0.001$

明, 口腔健康与衰弱密切相关, 称为口腔衰弱^[36,37]. 茶改善健康的机制通常被解释为减少氧化和炎症反应, 以及减少肌肉萎缩, 从而促进衰弱的改善^[38-40]. 含糖饮料已被确定为衰弱风险的驱动因素, 因为膳食糖在其病因中的作用已得到充分证实^[41,42]. 牛奶和乳制品中的钙和酪蛋白等微量和常量营养素被认为可以预防龋齿和抑制细菌, 保持口腔健康, 减缓衰弱^[43]. 这些生活方式之间的相互作用可以解释为引发炎症反应或骨骼肌质量损失的过程, 从而加速衰弱^[44-46]. 本研究结果支持, 含糖饮料和每天刷牙少于两次会加速衰弱的过程, 喝牛奶或茶可以减缓衰弱的过程. 建议男性和45岁以下的人注意饮料消费, 而女性和中年人(45~64岁)开始

注意口腔健康, 本研究结果认为这有助于改善早期衰弱. 增加蛋白质可以改善肌肉质量, 而最近的研究表明, 控制健康老年人群的碳水化合物摄入量比增加蛋白质来改善衰弱更可靠^[47-49], 本研究结果也支持这一结果, 即老年人群谷物摄入量的增加会加剧衰弱的进展. 因此, 强调需要适度减少老年人口的粮食消费.

这是中国首次通过大规模体检数据测量健康或亚健康人群衰弱及其动态转变及健康进展的研究. 本研究结果证实了衰老中衰弱的可逆性, 并表明了其转变的最可能方向. 然而, 这项研究仍然存在一些局限性. 首先, 参与者仅来自一个健康管理中心, 基线时年龄小于60岁的人占研究参与者的很大比例(88.99%). 这些

表 4 生活方式与健康进展之间的关系(指数函数建立Cox比例风险回归模型)^{a)}
Table 4 The relationship between lifestyle and health progression (Cox hazard ratio model using exponential function)^{a)}

变量	总人群	女性	男性	44周岁及以下	45–64周岁	65周岁及以上
糖分饮料						
中度	0.12 (0.04, 0.2)*	0.09 (−0.04, 0.21)	0.14 (0.04, 0.24)*	0.12 (0.03, 0.21)*	0.08 (−0.09, 0.24)	–
过量	0.14 (−0.02, 0.29)	0.08 (−0.16, 0.32)	0.18 (−0.02, 0.39)	0.12 (−0.04, 0.28)	−0.25 (−0.89, 0.39)	–
吸烟	−0.01 (−0.12, 0.1)	0 (−0.11, 0.12)	−0.19 (−0.72, 0.34)	0.08 (−0.07, 0.22)	−0.09 (−0.27, 0.08)	−1.18 (−2.67, 0.31)
酒精消费	0 (−0.09, 0.08)	−0.04 (−0.16, 0.08)	0.05 (−0.07, 0.17)	−0.02 (−0.12, 0.09)	0.01 (−0.14, 0.17)	−0.3 (−1.79, 1.19)
茶						
中度	−0.05 (−0.15, 0.05)	−0.13 (−0.26, 0.01)	0.08 (−0.07, 0.24)	−0.09 (−0.21, 0.04)	0.03 (−0.14, 0.19)	–
过量	−0.07 (−0.27, 0.13)	−0.04 (−0.28, 0.21)	−0.19 (−0.56, 0.18)	−0.13 (−0.4, 0.14)	−0.02 (−0.33, 0.3)	–
咖啡						
中度	−0.02 (−0.1, 0.06)	−0.11 (−0.24, 0.03)	0.02 (−0.07, 0.12)	0.03 (−0.06, 0.12)	−0.12 (−0.29, 0.04)	–
过量	0.05 (−0.13, 0.23)	−0.02 (−0.38, 0.33)	0.08 (−0.13, 0.28)	0.12 (−0.06, 0.31)	−0.19 (−0.71, 0.33)	–
睡眠	−0.03 (−0.12, 0.05)	−0.11 (−0.26, 0.03)	0.01 (−0.1, 0.13)	−0.02 (−0.12, 0.08)	−0.09 (−0.31, 0.13)	–
刷牙习惯	0.1 (0.02, 0.18)*	0.14 (0.03, 0.25)*	0.05 (−0.06, 0.16)	0.08 (−0.02, 0.17)	0.16 (0.02, 0.29)*	−0.03 (−1.53, 1.46)
身体活动	0 (−0.01, 0)	−0.01 (−0.02, 0)	0 (−0.01, 0.01)	0 (−0.01, 0)	0 (−0.02, 0.01)	−0.13 (−0.31, 0.05)
谷类	0.04 (−0.08, 0.16)	0.03 (−0.14, 0.21)	0.04 (−0.13, 0.21)	0 (−0.15, 0.14)	0.03 (−0.18, 0.24)	1.05 (−0.39, 2.49)
蛋类	0.03 (−0.06, 0.12)	0.03 (−0.11, 0.17)	0.03 (−0.08, 0.14)	0.02 (−0.08, 0.12)	−0.01 (−0.2, 0.19)	1.42 (−1.24, 4.08)
海鲜	0.04 (−0.04, 0.12)	0.09 (−0.03, 0.22)	−0.01 (−0.11, 0.1)	0.04 (−0.06, 0.13)	−0.01 (−0.17, 0.15)	−2.95 (−5.09, −0.81)*
薯类	−0.03 (−0.12, 0.05)	0.01 (−0.12, 0.14)	−0.07 (−0.19, 0.05)	−0.07 (−0.17, 0.04)	0.04 (−0.13, 0.2)	0.62 (−1.27, 2.5)
蔬菜	0.01 (−0.11, 0.14)	0.02 (−0.19, 0.23)	0.02 (−0.15, 0.18)	0.05 (−0.11, 0.21)	−0.07 (−0.3, 0.15)	−0.53 (−2.5, 1.44)
水果	−0.03 (−0.11, 0.05)	−0.01 (−0.15, 0.13)	−0.03 (−0.13, 0.07)	−0.07 (−0.16, 0.03)	0.07 (−0.09, 0.23)	−0.56 (−2.35, 1.23)
豆	0 (−0.14, 0.13)	−0.01 (−0.22, 0.19)	−0.01 (−0.19, 0.17)	−0.03 (−0.18, 0.12)	0.02 (−0.25, 0.28)	−1.2 (−3.65, 1.25)
坚果	0 (−0.07, 0.06)	0.03 (−0.07, 0.12)	−0.03 (−0.11, 0.05)	0.04 (−0.04, 0.12)	−0.11 (−0.23, 0)*	−0.28 (−1.38, 0.81)
肉	−0.01 (−0.16, 0.14)	0.01 (−0.22, 0.23)	−0.03 (−0.23, 0.17)	0.07 (−0.13, 0.26)	−0.02 (−0.26, 0.21)	−0.83 (−3, 1.33)
牛奶	0.19 (0.11, 0.27)**	0.12 (0, 0.25)	0.24 (0.13, 0.35)**	0.18 (0.08, 0.28)**	0.21 (0.07, 0.36)*	0.63 (−1.23, 2.49)
白水	−0.03 (−0.11, 0.04)	−0.06 (−0.18, 0.06)	−0.03 (−0.12, 0.07)	−0.08 (−0.17, 0.01)	0.12 (−0.03, 0.27)	0.16 (−1.1, 1.43)

a) 表中的结果是回归系数及其95%置信区间(coeff.(95%CI)). 粗体表示该值具有统计学意义, *表示 $P<0.05$, **表示 $P<0.001$

可能会将本研究的结果局限于年轻人群. 然而, 由于疾病的年轻性, 需要在老龄化人群的早期而不是在老年时发现衰弱, 因此仍然需要来自更广泛的多中心健康或亚健康人群的体检样本来证明. 其次, 本研究没有对日常行为障碍进行任何评估. 由于衰弱与合并症或残疾等之间关系的复杂性, 即使已经证明了多个模型结果的稳定性, 仍然需要在未来纳入体征和步态等数据. 同时, 随访期的平均值为3.51年, 这可能低估了衰弱的转变概率. 最后, 前期研究也证实, 环境因素以及社会经济状态对人群健康的进展和衰弱的改变存在影响, 本文未纳入这些风险因素, 同时由于考虑问卷的完整性, 在最终纳入生活方式分析的人群中存在一定的

选择偏倚. 因此这些都可能会低估了生活方式对健康进展的影响.

4 结论

尽管存在局限性, 但这项研究有助于为人口衰弱转变的强度和早期识别人群衰弱风险提供见解. 衰弱在健康发展中经历着动态的转变, 不同性别的衰弱程度不同. 生活方式与衰弱状态的不同变化有关, 尤其是饮料消费和口腔健康. 应特别关注老年女性的健康发展和年轻人(45岁以下)的饮料消费水平. 未来需要更多的研究来制定精准的预防策略, 以延缓衰弱的进展.

表 5 生活方式与健康进展之间的关系(加速失效模型)^{a)}
Table 5 The relationship between lifestyle and health progression (accelerated failure model)^{a)}

变量	总人群	女性	男性	44周岁及以下	45~64周岁	65周岁及以上
糖分饮料						
中度	-0.08 (-0.12,-0.04)**	-0.08 (-0.13,-0.03)*	-0.06 (-0.12, 0.01)	-0.08 (-0.12,-0.03)*	-0.01 (-0.09, 0.07)	-
过量	-0.07 (-0.15, 0.01)	-0.09 (-0.2, 0.01)	-0.05 (-0.17, 0.08)	-0.05 (-0.13, 0.04)	0.06 (-0.24, 0.36)	-
吸烟	0.01 (-0.05, 0.07)	0.11 (-0.16, 0.37)	0.01 (-0.05, 0.07)	-0.04 (-0.11, 0.04)	0.06 (-0.04, 0.15)	0.32 (-0.14, 0.78)
酒精消费	0.02 (-0.03, 0.06)	-0.03 (-0.09, 0.03)	0.08 (0.01, 0.14)*	0.01 (-0.04, 0.06)	0.06 (-0.03, 0.14)	0.17 (-0.22, 0.57)
茶						
中度	0.04 (-0.02, 0.09)	-0.05 (-0.13, 0.04)	0.11 (0.04, 0.18)*	0.03 (-0.03, 0.1)	0.01 (-0.08, 0.09)	-
过量	0.04 (-0.07, 0.15)	0.08 (-0.11, 0.27)	0.04 (-0.09, 0.17)	0.03 (-0.11, 0.18)	0.04 (-0.13, 0.2)	-
咖啡						
中度	0.02 (-0.02, 0.06)	-0.01 (-0.06, 0.04)	0.11 (0.04, 0.18)*	0 (-0.05, 0.04)	0.08 (0, 0.16)	-
过量	0.01 (-0.08, 0.1)	-0.01 (-0.12, 0.09)	0.1 (-0.08, 0.28)	-0.02 (-0.12, 0.07)	0.07 (-0.17, 0.31)	-
睡眠	0.01 (-0.03, 0.06)	-0.02 (-0.08, 0.04)	0.05 (-0.02, 0.13)	-0.01 (-0.06, 0.04)	0.12 (0.01, 0.22)*	-
刷牙习惯	-0.04 (-0.08, 0)*	-0.01 (-0.07, 0.04)	-0.08 (-0.14,-0.02)*	-0.03 (-0.08, 0.02)	-0.1 (-0.17,-0.03)*	-0.2 (-0.54, 0.15)
身体活动	0 (0, 0)	0 (-0.01, 0)	0 (0, 0.01)	0 (0, 0)	0 (0, 0.01)	0.05 (0.01, 0.1)*
谷类	-0.02 (-0.08, 0.05)	-0.01 (-0.1, 0.07)	-0.02 (-0.11, 0.07)	0 (-0.07, 0.08)	0.01 (-0.1, 0.12)	-0.35 (-0.72, 0.02)
蛋类	-0.04 (-0.09, 0)	-0.04 (-0.1, 0.02)	-0.04 (-0.11, 0.03)	-0.03 (-0.08, 0.02)	-0.02 (-0.12, 0.08)	-0.4 (-1.1, 0.29)
海鲜	-0.03 (-0.07, 0.01)	-0.01 (-0.07, 0.04)	-0.05 (-0.12, 0.02)	-0.03 (-0.08, 0.02)	0.02 (-0.06, 0.1)	1.25 (0.69, 1.82)**
薯类	0.03 (-0.01, 0.08)	0.05 (-0.01, 0.11)	0.02 (-0.05, 0.09)	0.05 (0, 0.1)	-0.01 (-0.09, 0.08)	-0.31 (-0.81, 0.19)
蔬菜	-0.01 (-0.08, 0.05)	-0.02 (-0.1, 0.06)	-0.02 (-0.13, 0.09)	-0.04 (-0.12, 0.04)	0.05 (-0.06, 0.17)	0.12 (-0.41, 0.65)
水果	0.01 (-0.03, 0.06)	0.02 (-0.03, 0.07)	0 (-0.07, 0.07)	0.03 (-0.02, 0.08)	-0.03 (-0.11, 0.06)	0.33 (-0.13, 0.79)
豆	-0.01 (-0.08, 0.06)	-0.02 (-0.11, 0.06)	0.03 (-0.08, 0.14)	0 (-0.08, 0.08)	-0.04 (-0.17, 0.1)	0.55 (-0.14, 1.24)
坚果	-0.01 (-0.04, 0.03)	0 (-0.04, 0.04)	-0.02 (-0.07, 0.04)	-0.02 (-0.06, 0.02)	0.06 (0, 0.11)	-0.02 (-0.27, 0.23)
肉	0 (-0.07, 0.08)	0.04 (-0.06, 0.15)	-0.05 (-0.17, 0.07)	-0.02 (-0.12, 0.08)	0.01 (-0.11, 0.13)	0.26 (-0.26, 0.77)
牛奶	-0.11 (-0.15,-0.07)**	-0.11 (-0.16,-0.05)**	-0.11 (-0.17,-0.04)*	-0.11 (-0.16,-0.05)**	-0.12 (-0.19,-0.04)*	-0.34 (-0.8, 0.12)
白水	0.03 (-0.01, 0.06)	0.02 (-0.03, 0.07)	0.05 (-0.02, 0.11)	0.05 (0, 0.09)*	-0.07 (-0.15, 0)	-0.08 (-0.43, 0.27)

a) 表中的结果是回归系数及其95%置信区间(coeff.(95%CI))。粗体表示该值具有统计学意义, *表示 $P<0.05$, **表示 $P<0.001$

参考文献

1 Santomauro D F, Mantilla Herrera A M, Shadid J, et al. Global prevalence and burden of depressive and anxiety disorders in 204 countries and territories in 2020 due to the COVID-19 pandemic. *Lancet*, 2021, 398: 1700–1712

2 Ferrari A J, Santomauro D F, Aali A, et al. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet*, 2024, 403: 2133–2161

3 Gordon E H, Hubbard R E. Frailty: understanding the difference between age and ageing. *Age Ageing*, 2022, 51: afac185

4 Dent E, Martin F C, Bergman H, et al. Management of frailty: opportunities, challenges, and future directions. *Lancet*, 2019, 394: 1376–1386

5 Pilotto A, Custodero C, Maggi S, et al. A multidimensional approach to frailty in older people. *Ageing Res Rev*, 2020, 60: 101047

6 Clegg A, Young J, Iliffe S, et al. Frailty in elderly people. *Lancet*, 2013, 381: 752–762

7 Handforth C, Clegg A, Young C, et al. The prevalence and outcomes of frailty in older cancer patients: a systematic review. *Ann Oncol*, 2015, 26: 1091–1101

8 An T J, Lim J, Lee H, et al. Breathlessness, frailty, and sarcopenia in older adults. *Chest*, 2024, 166: 1476–1486

9 Qazi S, Seligman B, Preis S R, et al. Measuring frailty using self-report or automated tools to identify risk of cardiovascular events and mortality: the million veteran program. *J Am Heart Assoc*, 2024, 13: e033111

- 10 Aucoin S D, Hao M, Sohi R, et al. Accuracy and feasibility of clinically applied frailty instruments before surgery. *Anesthesiology*, 2020, 133: 78–95
- 11 Knoop V, Costenoble A, Vella Azzopardi R, et al. The operationalization of fatigue in frailty scales: a systematic review. *Ageing Res Rev*, 2019, 53: 100911
- 12 Angulo J, El Assar M, Álvarez-Bustos A, et al. Physical activity and exercise: strategies to manage frailty. *Redox Biol*, 2020, 35: 101513
- 13 Boucham M, Salhi A, El Hajji N, et al. Factors associated with frailty in older people: an umbrella review. *BMC Geriatr*, 2024, 24: 737
- 14 Ofori-Asenso R, Chin K L, Mazidi M, et al. Global incidence of frailty and prefrailty among community-dwelling older adults. *JAMA Netw Open*, 2019, 2: e198398
- 15 Kojima G, Taniguchi Y, Iliffe S, et al. Transitions between frailty states among community-dwelling older people: a systematic review and meta-analysis. *Ageing Res Rev*, 2019, 50: 81–88
- 16 Cohen C I, Benyaminov R, Rahman M M, et al. Frailty: a multidimensional biopsychosocial syndrome. *Med Clin N Am*, 2023, 107: 183–197
- 17 García-Peña C, Ávila-Funes J A, Dent E, et al. Frailty prevalence and associated factors in the Mexican health and aging study: a comparison of the frailty index and the phenotype. *Exp Gerontol*, 2016, 79: 55–60
- 18 Lin C C, Li C I, Chang C K, et al. Reduced health-related quality of life in elders with frailty: a cross-sectional study of community-dwelling elders in Taiwan. *PLoS One*, 2011, 6: e21841
- 19 Searle S D, Mitnitski A, Gahbauer E A, et al. A standard procedure for creating a frailty index. *BMC Geriatr*, 2008, 8: 24
- 20 Fan J, Yu C, Guo Y, et al. Frailty index and all-cause and cause-specific mortality in Chinese adults: a prospective cohort study. *Lancet Public Health*, 2020, 5: e650–e660
- 21 Bull F C, Al-Ansari S S, Biddle S, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*, 2020, 54: 1451–1462
- 22 Watson N F, Badr M S, Belenky G, et al. Recommended amount of sleep for a healthy adult: a joint consensus statement of the American Academy of Sleep Medicine and Sleep Research Society. *Sleep*, 2015, 38: 843–844
- 23 Chinese Nutrition Society. Dietary Guidelines for Chinese Residents (2022) (in Chinese). Beijing: People's Health Publishing House, 2022 [中国营养学会. 中国居民膳食指南(2022). 北京: 人民卫生出版社, 2022]
- 24 Dekkers O M, Laugesen K, Groenwold R H H. Directed acyclic graphs in clinical research. *Eur J Endocrinol*, 2024, 190: E5–E7
- 25 Xue Q, Bandeen-Roche K, Tian J, et al. Progression of physical frailty and the risk of all-cause mortality: is there a point of no return? *J Am Geriatr Soc*, 2021, 69: 908–915
- 26 Gijzel S M W, van de Leemput I A, Scheffer M, et al. Dynamical resilience indicators in time series of self-rated health correspond to frailty levels in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2017, 72: 991–996
- 27 Dlima S D, Hall A, Aminu A Q, et al. Frailty: a global health challenge in need of local action. *BMJ Glob Health*, 2024, 9: e015173
- 28 Fried L P, Cohen A A, Xue Q L, et al. The physical frailty syndrome as a transition from homeostatic symphony to cacophony. *Nat Aging*, 2021, 1: 36–46
- 29 National Healthcare Security Administration. Statistical Express of Medical Security Development in 2023 (in Chinese). 2024. Available from URL: https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202404/content_6944653.htm [国家医保局. 2023年医疗保障事业发展统计快报. 2024. 见网址: https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202404/content_6944653.htm]
- 30 Healthy China Action Promotion Committee. Healthy China Action (in Chinese). 2019. Available from URL: <https://www.jkzgx.cn/> [健康中国行动推进委员会. 健康中国行动. 2019. <https://www.jkzgx.cn/>]
- 31 Paula D P, Camacho M, Barbosa O, et al. Sex and population differences in the cardiometabolic continuum: a machine learning study using the UK Biobank and ELSA-Brasil cohorts. *BMC Public Health*, 2024, 24: 2131
- 32 Gordon E H, Hubbard R E. Differences in frailty in older men and women. *Med J Aust*, 2020, 212: 183–188
- 33 McIsaac D I, MacDonald D B, Aucoin S D. Frailty for perioperative clinicians: a narrative review. *Anesth Analg*, 2020, 130: 1450–1460
- 34 Shaw J F, Budiansky D, Sharif F, et al. The association of frailty with outcomes after cancer surgery: a systematic review and metaanalysis. *Ann Surg Oncol*, 2022, 29: 4690–4704
- 35 Hoogendijk E O, Afilalo J, Ensrud K E, et al. Frailty: implications for clinical practice and public health. *Lancet*, 2019, 394: 1365–1375
- 36 Tanaka T, Takahashi K, Hirano H, et al. Oral frailty as a risk factor for physical frailty and mortality in community-dwelling elderly. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2018, 73: 1661–1667

- 37 Dibello V, Zupo R, Sardone R, et al. Oral frailty and its determinants in older age: a systematic review. [Lancet Healthy Longev](#), 2021, 2: e507–e520
- 38 de Mello V D, Lankinen M A, Lindström J, et al. Fasting serum hippuric acid is elevated after bilberry (*Vaccinium myrtillus*) consumption and associates with improvement of fasting glucose levels and insulin secretion in persons at high risk of developing type 2 diabetes. [Mol Nutr Food Res](#), 2017, 61: 1700019
- 39 Saoi M, Li A, McGlory C, et al. Metabolic perturbations from step reduction in older persons at risk for sarcopenia: plasma biomarkers of abrupt changes in physical activity. [Metabolites](#), 2019, 9: 134
- 40 Álvarez-Satta M, Berna-Erro A, Carrasco-García E, et al. Relevance of oxidative stress and inflammation in frailty based on human studies and mouse models. [Aging](#), 2020, 12: 9982–9999
- 41 Moores C J, Kelly S A M, Moynihan P J. Systematic review of the effect on caries of sugars intake: ten-year update. [J Dent Res](#), 2022, 101: 1034–1045
- 42 Hajishafiee M, Kapellas K, Listl S, et al. Effect of sugar-sweetened beverage taxation on sugars intake and dental caries: an umbrella review of a global perspective. [BMC Public Health](#), 2023, 23: 986
- 43 Zupo R, Castellana F, De Nucci S, et al. Beverages consumption and oral health in the aging population: a systematic review. [Front Nutr](#), 2021, 8: 762383
- 44 Ye L, Liang R, Liu X, et al. Frailty and sarcopenia: A bibliometric analysis of their association and potential targets for intervention. [Ageing Res Rev](#), 2023, 92: 102111
- 45 Sayed N, Huang Y, Nguyen K, et al. An inflammatory aging clock (iAge) based on deep learning tracks multimorbidity, immunosenescence, frailty and cardiovascular aging. [Nat Aging](#), 2021, 1: 598–615
- 46 Carbery I, Selinger C P, Todd O, et al. Considerations on multimorbidity and frailty in inflammatory bowel diseases. [J Crohns Colitis](#), 2024, 18: ii46–ii54
- 47 Yang S, Wu L, Huang H, et al. Diet and lifestyle behaviours simultaneously act on frailty: it is time to move the threshold of frailty prevention and control forward. [BMC Public Health](#), 2024, 24: 1097
- 48 Struijk E A, Fung T T, Rodriguez-Artalejo F, et al. Specific dairy foods and risk of frailty in older women: a prospective cohort study. [BMC Med](#), 2024, 22: 89
- 49 Hsu K J, Liao C D, Tsai M W, et al. Effects of exercise and nutritional intervention on body composition, metabolic health, and physical performance in adults with sarcopenic obesity: a meta-analysis. [Nutrients](#), 2019, 11: 2163

The frailty status and health progression caused by physical aging

MIAO XinLei^{1,2}, XU Fei^{1,3}, LU XinYi⁴, ZHU YiLin^{1,3}, ZHAO Hui¹, GUO XiuHua^{2,5},
MENG Qun⁶ & LENG Song^{1*}

¹ The Second Hospital of Dalian Medical University, Dalian 116023, China

² Beijing Municipal Key Laboratory of Clinical Epidemiology, Beijing 100069, China

³ School of Public Health, Dalian Medical University, Dalian 116000, China

⁴ Peking University Third Hospital, Beijing 100089, China

⁵ School of Public Health, Capital Medical University, Beijing 100069, China

⁶ Continuing Education Professional Committee, Chinese Preventive Medicine Association, Beijing 100069, China

* Corresponding author; E-mail: dlengsong@163.com

The frailty status during the process of population health development is considered an emerging health burden, and most studies focus on the prevalence of frailty among hospitalized patients, mainly the elderly. But the association between frailty and health progression in the general population is still unclear. This study used a prospective cohort of a small population undergoing large-scale physical examinations to assess the dynamic changes in frailty. A total of 66152 people were invited to participate, and the frailty index was calculated based on 49 items including biomarkers and psychological status, and the population was divided into healthy status, mild frailty, moderate frailty, and severe frailty. At the same time, 12 healthy transition paths were constructed for the four frailty status, and we used a Markov model to calculate the transition patterns. Based on these pathways, the process of health progression is also divided into health improvement and health deterioration. After adjusting for potential confounding factors, Cox proportional hazards model was used to calculate the hazard ratio (HR) and 95% confidence interval (95%CI) of lifestyle on health progression among 5598 participants. This study found that the probability of maintaining own health status during 10 years of natural aging in the population was 0.574, with 45.33% of participants experiencing deterioration in their health progress. The overall frailty rate of women is higher than that of men. Research has found that consuming sugary drinks increases the risk of health deterioration by at least 17%, drinking tea reduces the risk by 84%, and insufficient milk intake increases the risk by over 22%, $P < 0.001$. The risk value for unhealthy brushing behavior (brushing less than twice a day) in the general population is $HR = 1.13$ (95%CI: 1.04~1.22, $P < 0.001$). Despite its limitations, this study contributes to providing insights into the intensity of population health transitions and early identification of population frailty risks. Frailty undergoes dynamic changes in health progression, and lifestyle is related to different changes in frailty status, especially in beverage consumption (sugary drinks, tea, milk) and oral health. Special attention should be paid to the health progression of elderly women and the beverage consumption level of young people (under 45 years old). Future research is needed to develop precise prevention strategies to delay the progression of frailty.

frailty status, health progression, aging

doi: [10.1360/SSV-2024-0325](https://doi.org/10.1360/SSV-2024-0325)