

期望寿命相关指标的发展和應用

孙秋芬 吕筠 李立明

北京大学公共卫生学院流行病与卫生统计学系 100191

通信作者:吕筠,Email:lvjun@bjmu.edu.cn

【摘要】 期望寿命相关指标是目前应用最为广泛的衡量人群总体健康水平或疾病负担的指标之一。随着长期随访的人群队列的增加,越来越多的研究开始探索此类指标的影响因素。本文将就期望寿命相关研究中较常采用的指标及其定义、计算的基本原理和在慢性病流行病学研究中的应用实例进行综述。

【关键词】 期望寿命; 健康; 计算原理; 慢性病流行病学

基金项目: 国家自然科学基金(81941018)

Development and application of health indicators of life expectancy

Sun Qiufen, Lyu Jun, Li Liming

Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Peking University, Beijing 100191, China

Corresponding author: Lyu Jun, Email: lvjun@bjmu.edu.cn

【Abstract】 Health indicators of life expectancy are widely used to evaluate the overall health level of population or the disease burden in population. With the increase of the cohorts to which long-term follow-ups were made, more studies have explored the influencing factors of such indicators. This paper summarizes the commonly used indicators and their definitions, the basic principles of calculation, and the application of such indicators in the epidemiological studies of chronic diseases.

【Key words】 Life expectancy; Health; Principle of calculation; Chronic disease epidemiology

Fund program: National Natural Science Foundation of China (81941018)

2011年,我国首次在《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》中将期望寿命列入经济社会发展的主要指标之一^[1]。相对于死亡率等传统分析指标,期望寿命相关的指标不易受人口规模和年龄结构的影响^[2],且易于被非专业人士理解,因此在疾病负担评估中被广泛应用。本文将对期望寿命相关研究中较常采用的指标及其定义、计算的基本原理和在慢性病流行病学研究中的应用实例进行概述。

一、期望寿命

期望寿命(life expectancy, LE)是指在各年龄组死亡率保持现有水平不变的情况下,同时期出生的一批人平均可存活的年数^[3]。期望寿命一般基于现时寿命表(current life

table)又称横断面寿命表计算,其核心为年龄别死亡概率。死亡概率可由死亡监测等横断面资料中特定时期的年龄别死亡率转换获得,前提为在该时期内,各年龄组的死亡发生近似服从均匀分布^[4]。此外,构建寿命表的年龄组间隔不宜大于5岁;间隔越小,死亡概率的估计值越接近真实值^[4]。

二、健康期望寿命

伴随全球老龄化的发展,年龄相关的慢性病问题日益突出,如心脑血管疾病、癌症、慢性阻塞性肺病、糖尿病以及神经退行性疾病如帕金森症等^[5]。一方面,全球人口的期望寿命持续增长,自2000年至今,平均增幅约为每五年1.7岁,并在2016年达到了71.97岁^[6];另一方面,带病长期生存的情况也越来越普遍,因此,死亡率和期望寿命等指标

DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20200717-00955

收稿日期 2020-07-17 本文编辑 李银鸽

引用本文:孙秋芬,吕筠,李立明.期望寿命相关指标的发展和應用[J].中华流行病学杂志,2021,42(9):1677-1682. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20200717-00955.



已不足以全面反映一个人群的健康水平。健康期望寿命(healthy life expectancy, HLE)作为一项综合了死亡以及疾病或残疾导致的非健康状态的指标,可反映个体在完全健康状态下生存的平均年数^[4]。2016年,全球平均出生健康期望寿命为63.34岁,与出生期望寿命相比,意味着全球人口平均约有8.63年在不完全健康的状态下度过^[6]。

2002年,健康期望寿命和伤残进程国际网络(International Network on Health Expectancy and the Disability Process, REVES)的研究者Robine^[7]对HLE相关指标进行了厘清,按是否有权重调整将HLE分为健康状态期望寿命和健康调整期望寿命两大类,见表1。

表1 健康期望寿命指标分类

指标分类	指标分类依据	具体指标
健康状态期望寿命	国际疾病分类	无病期望寿命
	国际功能、残疾和健康分类	无残疾期望寿命
	健康状况自评	自评健康期望寿命
健康调整期望寿命	健康状况权重调整	伤残调整期望寿命 质量调整期望寿命

1. 健康状态期望寿命:健康状态期望寿命(health state expectancy, HSE)是指在特定健康状态下的生存年数,不同研究可选择不同的健康状态作为HSE的评价终点,如无特定疾病、残疾或日常活动能力受限等^[7]。

(1)无病期望寿命:根据国际疾病分类(International Classification of Diseases, ICD)的疾病定义,无病期望寿命(disease-free life expectancy)以某种或某一类疾病的发生作为判定终点。常见的有未患某种慢性病的期望寿命或基于问卷评分的无认知障碍的期望寿命^[7]。

(2)无残疾期望寿命:根据国际功能、残疾和健康分类(International Classification of Functioning, disability and health, ICF)的残疾分类标准,无残疾期望寿命(disability-free life expectancy, DFLE)以残疾作为判定终点^[7]。与之相似的还有以基于问卷获得的日常活动能力(activities of daily living, ADL)或工具性日常活动能力(instrumental activities of daily living, IADL)评价为基础的主动期望寿命(active life expectancy, ALE)^[8]。老年人中的残疾发生率更高,可严重影响个体生命质量,并加重社会经济负担,因此,ALE在老年研究中应用十分广泛。

(3)自评健康期望寿命:以人群自评健康状况或可感知的健康体验为依据,对人群健康状况进行评定的指标被称为自评健康期望寿命(self-perceived healthy life expectancy)^[7]。虽然该指标的依据为个体对自我健康状况的主观认知评价,但因为引入了个人心理因素,可直接由问卷调查获得,不需链接卫生服务和疾病监测系统记录,降低了就医行为差异和医生水平或观念不同导致的偏倚,因此也被广泛应用^[9]。

值得一提的是,由于健康是一个复杂、多维的生理学和

社会现象,用于衡量自评健康状况的问卷内容需相对全面。目前应用广泛的是36条目简明健康调查表(short-form 36 health survey, SF-36),涵盖了生理功能、生理职能、躯体疼痛、总体健康、生命活力、社会功能、情感职能、心理健康等8个维度^[10]。但个人对自身健康的评价标准可能不同,在采用人群自报健康资料评估健康水平时可能发生“切点位移偏倚”;或者,如果人群整体偏向高估自身的健康水平,还会发生“顶效应”^[11]。可能的解决办法是利用健康情景问卷和HOPIT模型(Hierarchical Ordered Probit Model)进行调整,提高不同人群自报健康水平的可比性^[11]。

2. 健康调整期望寿命:将因疾病或残疾导致的不完全健康状态下的生存年数考虑在内,个体可在完全健康状态下生存的平均年数称为健康调整期望寿命(health-adjusted life expectancy, HALE)^[12]。相比HSE指标,HALE对人群死亡率及不同健康状态或疾病的现患率和严重程度更加敏感,能更全面地反映人群健康水平。目前常用的HALE指标有伤残调整期望寿命(disability-adjusted life expectancy, DALE)和质量调整期望寿命(quality-adjusted life expectancy, QALE)^[13]。

HALE的计算方法总体上分3步:①定义和描述拟分析的健康状态或疾病;②对第一步描述的每种健康状态赋值,常被称为健康相关寿命质量(health-related quality of life, HRQOL)权重;③将不同健康状态的权重值整合到期望寿命估计值中^[14]。当HRQOL权重与年龄无关时,HALE可看作是多种特定健康状态下的HSE加权后的总和^[14]。

(1)伤残调整期望寿命:2000年,WHO将DALE纳为成员国人群健康状况的评价指标^[14]。该指标可用于判断不同伤残水平对期望寿命和寿命质量的综合影响。伤残相关的健康领域分3个维度:①身体功能和结构(body functions & structures)的残损(impairment):指生理功能、心理功能或解剖结构上的缺陷或异常;②活动受限(activity limitation):指个体日常生活的活动能力受限,如进食、洗澡、穿衣、行走等;③参与局限(participation restriction):指个体参加社会生活、学习和工作、履行社会职责等存在障碍^[15-16]。与伤残严重性相关的HRQOL权重可基于个人自报健康状态得出,大小介于0~1之间,0表示完全健康,1表示死亡^[14]。

(2)质量调整期望寿命:QALE更多地应用于临床或公共卫生干预措施的成本效果分析^[17-18]。HRQOL权重以个体或群体的健康状态分值为基础,主要涉及健康的5个方面:行动能力、疼痛或不适、自理能力、焦虑或抑郁、日常活动^[17]。估算QALE时采用的HRQOL权重与DALE恰好相反,0表示死亡,1表示完全健康。根据HRQOL权重对寿命表中生存人年数(L_x)加权可直接获得质量调整寿命年(quality-adjusted life years, QALY),用干预措施的净成本除以QALY便可得到成本效用比(cost-utility ratio),意为QALY每增长一个单位所需花费的成本。某一特定年龄至死亡的全部QALY之和除以该年龄尚存人口数即为QALE^[19]。但是,由于目前评估健康的金标准尚不明确,健

康状态测量工具的标准效度难以判定,导致 QALE 在国内外的研究中应用受限。

3. 主要计算方法:根据资料来源不同,HLE 的计算方法可分为 2 类。第一类依托横断面资料,主要采用 Sullivan's 法^[20];第二类依托队列资料,主要采用多状态寿命表法^[21]。

(1) Sullivan's 法:2014 年,欧洲健康期望寿命监测组织(European Health Expectancy Monitoring Unit, EHEMU)更新了 Sullivan's 法计算指南^[4]。除了估算期望寿命所需的年龄别死亡率数据以外,Sullivan's 法还需要获得同时期特定健康状态或疾病的年龄别现患率,并以此作为权重对寿命表中 L_x 进行加权。当估算 HALE 时,年龄别现患率由 HRQOL 加权年龄别现患率或 HRQOL 权重代替。

由于该方法使用横断面数据,以某一时点的“现患率”代替队列人群从健康向疾病或残疾转换的“发生概率”,因此有研究认为其结果可能会低估一段时期内该队列人群的健康状况^[22]。但是,目前只有少数国家具有一定规模的、长期随访的人群队列,且队列研究可能由于其随访过程中的失访或样本量不足导致转换概率的估算存在偏倚。相对而言,高质量的横断面资料可能更具有人群代表性^[4]。

(2) 多状态寿命表法:是指按队列的分年龄和健康状态的死亡率和各健康状态间的转换概率计算 HLE,避免了 Sullivan's 法中用“率”代替“概率”的假定。它使用发生率、死亡率、恢复率来综合考虑不同健康状态之间的真实转换概率,可以降低 Sullivan's 法导致的误差^[23]。2003 年和 2010 年,研究者分别开发了 IMaCh 和 SPACE 程序用于多状态寿命表法的计算。

Markov 模型原理如图 1 所示。对于基线没有目标疾病或残疾状态(“健康”)的队列人群而言,“健康”至“不健康”状态之间的生存期(即疾病或残疾诊断之前),以及“健康”直接至“死亡”之间的生存期,均被认为是健康生存年数;而“不健康”至“死亡”之间的生存期以及“不健康”至“健康”状态之间的恢复期则是非健康的生存年数^[24]。

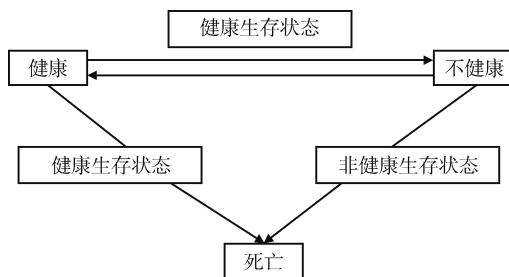


图 1 多状态寿命表法 Markov 模型原理

三、伤残调整寿命损失年

DALE 虽能反映不同伤残水平对人群健康的影响,但仍不能直观展示不同疾病导致的人群健康损失大小^[14]。伤残调整寿命年(disability-adjusted life year, DALY)则是将 HRQOL 权重与特定疾病联系起来,衡量目前人口健康水平与理想状态之间的差异^[14]。目前, DALY 的计算是以全球期望寿命最长的日本人群的平均期望寿命作为标准期望寿

命。全球疾病负担(Global Burden of Disease, GBD)研究公布了详细的 DALY 计算指南,其概念公式为 $DALY = YLL + YLD$ ^[25];其中, YLL 为因早死所致的寿命损失年(years of life lost),即标准期望寿命与死亡年龄之差。YLD 为疾病所致伤残引起的健康寿命损失年(years lived with disability),可利用疾病或残疾状态下的生存年数和疾病别 HRQOL 权重进行计算^[26]。

GBD 对 HRQOL 权重开展了深入的研究;但是,构建该权重系数时只参考了个别国家的抽样调查数据,难以代表其他国家或地区的真实情况^[27]。当将该权重值应用于中国人群时,可能会影响 YLD 估计的准确性^[28]。

另外,估算 DALY 时还需对社会和人群偏好予以考虑。在疾病负担研究早期, DALY 主要用于反映早死和伤残对社会生产力水平构成的影响^[17]。由于不同年龄个体的生产力水平存在差异,在估算 DALY 时会额外利用年龄权重(age weight)对结果进行校正;具有生产力的劳动力人口相比于婴幼儿或老年人会被赋予更大的年龄权重^[29]。但是,针对年龄权重可能导致社会不公平和歧视的质疑一直存在;近年来, GBD 报告中已不再使用年龄权重对 DALY 进行校正。

由于现有伤残对健康的损害会在未来一段时间里持续存在,为了便于对不同时点的疾病负担进行综合比对,还需将未来的健康寿命年损失折合为当年的健康损失,所使用的折算率称为贴现率(discount rate),又称时间权重^[17]。GBD 报告对未来损失的健康寿命年采用 3% 的时间贴现率,意味着从时间偏好的角度来讲,未来一年的健康寿命年的价值相当于当年的 97%^[29]。不过,关于是否需要健康损失进行贴现,仍然存在争议。

是否对年龄或时间进行加权可直接影响到 YLD 的估算。YLD 的标准算法为发病人数与平均病程时间相乘,再利用 HRQOL 权重加权。患病人数约为发病人数与病程的乘积,因此基于患病人数计算的 YLD 与利用发病人数和病程的计算结果近似。但是,当考虑年龄和时间权重时,基于患病人数的估算则会产生偏差^[29]。

四、期望寿命相关指标的应用

近年来,期望寿命在慢性病流行病学研究领域的应用逐渐增多。美国芝加哥心脏协会(Chicago Heart Association, CHA)^[30-32]、多因素干预试验(Multiple Risk Factor Intervention Trial, MRFIT)和弗雷明汉心脏研究(Framingham Heart Study, FHS)^[33-34]最早开展了基于大型队列的生活方式与期望寿命的关联分析。研究者整合了 3 种资料进行分析:①一般人群某时期年龄别死亡率;②一般人群同时期生活方式因素的年龄别分布;③基于队列研究获得的生活方式与死亡之间的关联效应值。Stamler 等^[30]曾利用 CHA 和 MRFIT 项目中共 36 万男性与 6 229 名女性开展了迄今最大人群规模的吸烟、血清胆固醇和血压与期望寿命的关联分析。结果显示,经过长达 22 年的随访,基线不吸烟、低胆固醇(<200 mg/dl)且血压正常($\leq 120/80$ mmHg, 1 mmHg=0.133 kPa)的健康人群 40 岁以上期望寿命相对其他

特征人群可延长 5.8 岁。

国内的期望寿命研究近年来也在增多,通过计算人群归因分值(population attributable fraction, PAF)估算危险因素导致的期望寿命损失。研究表明,高血压、吸烟和 BMI 是目前导致我国人群慢性病死亡的最重要因素;2030 年,若此类危险因素的暴露水平能够达到 WHO 提出的目标,中国人群出生期望寿命相对 2013 年可分别延长 4.9、4.0 和 3.8 岁^[35]。相对而言,饮酒和少体力活动对期望寿命的影响较小^[35-37]。但是,由于计算 PAF 时所使用的 RR 值是来自全球不同人群队列研究 Meta 分析的结果,研究的估计值有可能无法完全反映中国人群的实际情况。

生活方式与以心血管疾病(cardiovascular disease, CVD)为判定终点的无病期望寿命的关联研究较为常见,如来自 FHS^[33-34]、欧美健康和老龄化联盟(Consortium on Health and Ageing Network of Cohorts in Europe and the United States, CHANCES)^[38]和荷兰鹿特丹队列(Rotterdam Study, RS)^[39-40]的研究。近年来又逐渐应用到 2 型糖尿病、癌症、慢性呼吸系统疾病和神经退行性疾病等老年慢性疾病^[40-41]。上述 FHS 的一项研究表明,当以 CVD 作为判定终点时,相比肥胖者(BMI \geq 30.0 kg/m²),正常体重的女性(18.5 \leq BMI $<$ 25.0 kg/m²)>50 岁无病期望寿命可延长 3.1 岁^[33]。而在美国的护士队列研究中,正常体重的女性相对肥胖者,>50 岁无 3 种慢性病(即癌症、CVD、2 型糖尿病)的期望寿命可延长约 5.5 岁^[42]。

有美国和欧洲等国的人群研究显示,在多种生活方式因素中,吸烟和肥胖可导致老年人群损失最大的 ALE;相比之下,饮酒和膳食的影响较小^[43-44]。例如,其中一项研究对 5 248 名>65 岁老年人进行了 26 年长期随访,研究表明,相比正常体重者,肥胖者>65 岁 ALE 与期望寿命之比可降低 7.3%,而膳食评分最低五分位组相比最高五分位组只降低了 3.7%^[44]。

国内的研究者基于中国老年健康影响因素跟踪调查(Chinese Longitudinal Healthy Longevity Survey, CLHLS)也开展了多项研究。其中一项研究基于 2002-2005 年的队列开展,并用 ALE 和自评健康期望寿命两项指标进行比较分析^[45]。研究表明,在 80 岁以上的老年人中,同年龄组的自评健康期望寿命均明显小于 ALE,尤其是 80~91 岁的老年人自评健康期望寿命较 ALE 低 22.58%~32.59%。这一结果提示高龄老年人心理状态的早衰,高龄老年人的心理问题应成为今后健康老龄化工作的重点。

近年来,英国、芬兰、法国、瑞典等欧洲国家的研究者对吸烟、体力活动和 BMI 与自评健康期望寿命之间的关联开展了一系列分析^[46-47]。其中一项在 50~75 岁的芬兰前瞻性职业队列人群中开展的研究要求参与者直接对自身整体健康状况进行评价,由 1~5 表示,分数越高表示健康状况越差。研究表明,少体力活动导致的自评健康期望寿命损失比无病期望寿命损失更大。具体地讲,相比体力活动水平最低组,最高组 50 岁自评健康期望寿命和 5 种慢性病的期

望寿命(包括心脏病、脑卒中、慢性肺病、恶性肿瘤和糖尿病)可分别延长 6.3 和 2.9 岁^[47]。有研究者分析了这种差异的可能原因,一方面,自评健康反映的是个体的整体健康状态,即使伴有慢性病,个体对自身健康的感受也可以很好;另外一个解释是,评估自评健康期望寿命时允许自评的健康状态发生好转,而在评估无慢性病期望寿命时,则不考虑慢性病从有到无的转换^[46]。2006 年以来,HALE 指标被逐渐应用于慢性病流行病学研究中,国内外研究一致表明,吸烟、饮酒、BMI、膳食和体力活动等生活方式因素均与 HALE 密切相关^[48-51]。在一项基于欧洲癌症和营养学前瞻性研究(European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition study, EPIC)荷兰队列的分析中,研究者对比分析了 QALY 和 DALY 的结果差异,结果显示地中海膳食模式与 DALY 之间的相关性略大于 QALY^[26, 52]。研究者认为这种差异至少部分是因为两项指标的疾病权重差异所致。DALY 使用的残疾权重是由医学专家根据疾病所致残疾和功能损失给出;而 QALY 使用的效用(utility)权重反映的是个体患病时期的生命质量,通常基于一般人群的偏好来设定。

基于前瞻性人群队列开展的 HALE 相关研究也存在一定的局限性。对随访结束时依然健在的研究对象,研究假定其可以活至理论平均期望寿命,并且健康状态不会改变^[26, 53]。但是,现实生活中这类人群可能早于平均期望寿命死亡,或发生健康状态的恶化;因此,上述研究假设可能导致 HALE 被高估,又被称为“右删失偏倚”。通过延长人群队列的随访观察时间可以一定程度地控制上述偏倚^[49]。目前的研究表明,对于 20~70 岁的研究人群而言,中位随访期不宜低于 12 年^[26, 49, 53]。

五、小结

期望寿命作为易于解释和理解的指标,在疾病负担评估和影响因素研究中已被广泛应用。但在全球老龄化的背景下,带病长期生存的情况也越来越普遍,健康期望寿命系列指标得到发展与应用。基于横断面资料的 Sullivan's 法的应用最为广泛。然而,随着长期随访的人群队列的增加,且在研究疾病发生和死亡风险的影响因素的同时,研究者也越来越关注生命质量的影响因素;因此,基于队列研究的多状态寿命表法也逐渐得到了广泛应用。目前,健康期望寿命相关指标除了用于衡量人群总的健康水平或疾病负担,在西方国家也逐渐拓展应用到相关的影响因素研究中。随着中国人群长期随访队列的增加,健康期望寿命相关的研究证据也会逐渐积累起来。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] 国务院. 国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要[EB/OL]. (2011-03-16) [2020-07-15]. http://www.gov.cn/2011lh/content_1825838.htm. The State Council. Outline of the 12th Five-year Plan for national economic and social development[EB/OL].

- (2011-03-16) [2020-07-15]. http://www.gov.cn/2011lh/content_1825838.htm.
- [2] Lhachimi SK, Nusselder WJ, Smit HA, et al. Potential health gains and health losses in eleven EU countries attainable through feasible prevalences of the life-style related risk factors alcohol, BMI, and smoking: a quantitative health impact assessment[J]. *BMC Public Health*, 2016, 16:734. DOI:10.1186/s12889-016-3299-z.
- [3] World Health Organization. Indicator definitions and metadata[EB/OL]. (2006) [2020-07-01]. <http://www.who.int/whosis/indicatordefinitions/en>.
- [4] Robine JM, Jagger C, Oyen HV, et al. Health expectancy calculation by the sullivan method: a practical guide[R]. 3rd ed. Ehemu, 2007.
- [5] Willcox BJ, He QM, Chen RD, et al. Midlife risk factors and healthy survival in men[J]. *JAMA*, 2006, 296(19): 2343-2350. DOI:10.1001/jama.296.19.2343.
- [6] World Health Organization. World Health Statistics 2019: Monitoring health for the SDGs, sustainable development goals[M]. World Health Organization, 2019.
- [7] Robine JM. A new health expectancy classification system [M]//Murray CJL, Salomon JA, Mathers CD, et al. Summary measures of population health: concepts, ethics measurement and applications. Geneva: World Health Organization, 2002:206-211.
- [8] Majer IM, Nusselder WJ, Mackenbach JP, et al. Life expectancy and life expectancy with disability of normal weight, overweight, and obese smokers and nonsmokers in Europe[J]. *Obesity (Silver Spring)*, 2011, 19(7): 1451-1459. DOI:10.1038/oby.2011.46.
- [9] 胡广宇, 谢学勤. 健康期望寿命指标分类及评价比较[J]. *中国社会医学杂志*, 2012, 29(3): 149-151. DOI:10.3969/j.issn.1673-5625.2012.03.001.
- Hu GY, Xie XQ. The classification and comparative evaluation of health expectancy indicators[J]. *Chin J Soc Med*, 2012, 29(3): 149-151. DOI:10.3969/j.issn.1673-5625.2012.03.001.
- [10] Hooker SA. SF-36[M]//Gellman MD, Turner JR. Encyclopedia of behavioral medicine. New York, NY: Springer New York, 2013:1784-1786.
- [11] 杨雅平, 刘庆敏, 任艳军, 等. 健康情景问卷方法在自报健康水平校正中的应用[J]. *中华流行病学杂志*, 2011, 32(3): 306-310. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2011.03.023.
- Yang YP, Liu QM, Ren YJ, et al. Application of health vignettes in correcting self-reported health condition[J]. *Chin J Epidemiol*, 2011, 32(3):306-310. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2011.03.023.
- [12] Janet S. The world health report 2001-Mental health: new understanding, new hope[J]. *Bull World Health Organ*, 2001, 79(11): 1085. DOI: 10.1590/S0042-96862001001100014.
- [13] Gold MR, Stevenson D, Fryback DG. HALYS and QALYS and DALYS, Oh my: similarities and differences in summary measures of population Health[J]. *Annu Rev Public Health*, 2002, 23: 115-134. DOI: 10.1146/annurev.publhealth.23.100901.140513.
- [14] Mathers CD, Sadana R, Salomon JA, et al. Estimates of DALE for 191 countries: methods and results[M]. Geneva: World Health Organization, 2000.
- [15] World Health Organization. International classification of functioning and disability: ICFIDH-2, Beta-2 draft: full version, July 1999[M]. Geneva: World Health Organization, 1999.
- [16] 邱卓英, 张爱民. 《国际功能、残疾和健康分类》应用指导(一)[J]. *中国康复理论与实践*, 2003, 9(1): 20-34. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2003.01.009.
- Qiu ZY, Zhang AM. Guidelines of the application of international classification of functioning, disability and health. Part I[J]. *Chin J Rehabil Theory Pract*, 2003, 9(1): 20-34. DOI:10.3969/j.issn.1006-9771.2003.01.009.
- [17] National Collaborating Center for Infectious Diseases. Understanding summary measures used to estimate the burden of disease[EB/OL]. (2015) [2020-07-01]. <http://nccid.ca/publication/understanding-the-measurement-of-global-burden-of-disease>.
- [18] Jia HM, Zack MM, Thompson WW. Population-based estimates of decreases in quality-adjusted life expectancy associated with unhealthy body mass index[J]. *Public Health Rep*, 2016, 131(1): 177-184. DOI: 10.1177/003335491613100125.
- [19] Jia HM, Zack MM, Gottesman II, et al. Associations of smoking, physical inactivity, heavy drinking, and obesity with quality-adjusted life expectancy among US adults with depression[J]. *Value Health*, 2018, 21(3): 364-371. DOI:10.1016/j.jval.2017.08.002.
- [20] Sullivan DF. A single index of mortality and morbidity[J]. *HSMHA Health Rep*, 1971, 86(4): 347-354. DOI:10.2307/4594169.
- [21] Rogers A, Rogers RG, Branch LG. A multistate analysis of active life expectancy[J]. *Public Health Rep*, 1989, 104(3): 222-226. DOI:10.2307/4628648.
- [22] Rogers A, Rogers RG, Belanger A. Longer life but worse health? Measurement and dynamics[J]. *Gerontologist*, 1990, 30(5):640-649. DOI:10.1093/geront/30.5.640.
- [23] 詹一, 俞敏. 健康期望寿命的计算方法与应用[J]. *疾病监测*, 2011, 26(12):1004-1008. DOI:10.3784/j.issn.1003-9961.2011.12.025.
- Zhan Y, Yu M. Progress in research of healthy life expectancy calculation and application[J]. *Dis Surveill*, 2011, 26(12):1004-1008. DOI:10.3784/j.issn.1003-9961.2011.12.025.
- [24] Li YP, Pan A, Wang DD, et al. Impact of healthy lifestyle factors on life expectancies in the US population[J]. *Circulation*, 2018, 138(4): 345-355. DOI: 10.1161/circulationaha.117.032047.
- [25] Murray C, Lopez A. The global burden of disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries and risk factors in 1990 and projected to 2020[M]. Boston: Harvard School of Public Health, 1996:15. DOI:10.1021/bi00897a021.
- [26] Struijk EA, Beulens JW, May AM, et al. Dietary patterns in relation to disease burden expressed in Disability-Adjusted Life Years[J]. *Am J Clin Nutr*, 2014, 100(4): 1158-1165. DOI:10.3945/ajcn.113.082032.
- [27] 石菊芳, 张玥, 曲春枫, 等. 以伤残调整生命年为指标的中国人患癌症疾病负担现状[J]. *中华预防医学杂志*, 2015, 49(4): 365-369. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2015.04.019.
- Shi JF, Zhang Y, Qu CF, et al. Burden of cancer in China: data on disability-adjusted life years[J]. *Chin J Prev Med*, 2015, 49(4): 365-369. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2015.04.019.
- [28] 周脉耕, 李镒冲, 王海东, 等. 1990-2015年中国分省期望寿命和健康期望寿命分析[J]. *中华流行病学杂志*, 2016, 37(11): 1439-1443. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.11.001.
- Zhou MG, Li YC, Wang HD, et al. Analysis on life expectancy and healthy life expectancy in China, 1990-2015[J]. *Chin J Epidemiol*, 2016, 37(11):1439-1443. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.11.001.
- [29] World Health Organization. The global burden of disease concept[M].
- [30] Stamler J, Stamler R, Neaton JD, et al. Low risk-factor profile and long-term cardiovascular and

- noncardiovascular mortality and life expectancy: findings for 5 large cohorts of young adult and middle-aged men and women[J]. *JAMA*, 1999, 282(21): 2012-2018. DOI: 10.1001/jama.282.21.2012.
- [31] Stamler J, Daviglius ML, Garside DB, et al. Relationship of baseline serum cholesterol levels in 3 large cohorts of younger men to long-term coronary, cardiovascular, and all-cause mortality and to longevity[J]. *JAMA*, 2000, 284(3):311-318. DOI:10.1001/jama.284.3.311.
- [32] Blanco-Cedres L, Daviglius ML, Garside DB, et al. Relation of cigarette smoking to 25-year mortality in middle-aged men with low baseline serum cholesterol: the Chicago heart association detection project in industry[J]. *Am J Epidemiol*, 2002, 155(4): 354-360. DOI: 10.1093/aje/155.4.354.
- [33] Nusselder WJ, Franco OH, Peeters A, et al. Living healthier for longer: comparative effects of three heart-healthy behaviors on life expectancy with and without cardiovascular disease[J]. *BMC Public Health*, 2009, 9: 487. DOI:10.1186/1471-2458-9-487.
- [34] Al Mamun A, Peeters A, Barendregt J, et al. Smoking decreases the duration of life lived with and without cardiovascular disease: a life course analysis of the Framingham heart study[J]. *Eur Heart J*, 2004, 25(5): 409-415. DOI:10.1016/j.ehj.2003.12.015.
- [35] 曾新颖, 李镒冲, 刘江美, 等. 危险因素控制对 2030 年中国慢性病死亡、期望寿命和劳动力损失的影响估计[J]. *中华预防医学杂志*, 2017, 51(12): 1079-1085. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2017.12.006.
- Zeng XY, Li YC, Liu JM, et al. Estimation of the impact of risk factors control on non-communicable diseases mortality, life expectancy and the labor force lost in China in 2030[J]. *Chin J Prev Med*, 2017, 51(12): 1079-1085. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2017.12.006.
- [36] 姜莹莹, 刘世炜, 吉宁, 等. 中国居民 2013 年酒精归因死亡及对期望寿命影响的分析[J]. *中华流行病学杂志*, 2018, 39(1): 27-31. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.01.005.
- Jiang YY, Liu SW, Ji N, et al. Deaths attributable to alcohol use and its impact on life expectancy in China, 2013[J]. *Chin J Epidemiol*, 2018, 39(1):27-31. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.01.005.
- [37] 赵艳芳, 王卓群, 杨静, 等. 2013 年中国 25 岁及以上人群高血糖归因死亡对期望寿命的影响[J]. *中华流行病学杂志*, 2017, 38(8):1028-1032. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2017.08.006.
- Zhao YF, Wang ZQ, Yang J, et al. Number of deaths that attributable to high fasting plasma glucose among population aged 25 and above and its impact on life expectancy in China, 2013[J]. *Chin J Epidemiol*, 2017, 38(8): 1028-1032. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2017.08.006.
- [38] O'Doherty MG, Cairns K, O'Neill V, et al. Effect of major lifestyle risk factors, independent and jointly, on life expectancy with and without cardiovascular disease: results from the Consortium on Health and Ageing Network of Cohorts in Europe and the United States (CHANCES)[J]. *Eur J Epidemiol*, 2016, 31(5):455-468. DOI: 10.1007/s10654-015-0112-8.
- [39] Dhana K, Koolhaas CM, Berghout MA, et al. Physical activity types and life expectancy with and without cardiovascular disease: the Rotterdam Study[J]. *J Public Health (Oxf)*, 2017, 39(4):e209-218. DOI:10.1093/pubmed/fdw110.
- [40] Licher S, Heshmatollah A, van der Willik KD, et al. Lifetime risk and multimorbidity of non-communicable diseases and disease-free life expectancy in the general population: A population-based cohort study[J]. *PLoS Med*, 2019, 16(2): e1002741-1002741. DOI: 10.1371/journal.pmed.1002741.
- [41] Nyberg ST, Batty GD, Pentti J, et al. Obesity and loss of disease-free years owing to major non-communicable diseases: a multicohort study[J]. *Lancet Public Health*, 2018, 3(10): e490-497. DOI: 10.1016/s2468-2667(18)30139-7.
- [42] Li YP, Schoufour J, Wang DD, et al. Healthy lifestyle and life expectancy free of cancer, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: prospective cohort study[J]. *BMJ*, 2020, 368:l6669. DOI:10.1136/bmj.l6669.
- [43] Klijs B, Mackenbach JP, Kunst AE. Obesity, smoking, alcohol consumption and years lived with disability: a Sullivan life table approach[J]. *BMC Public Health*, 2011, 11:378. DOI:10.1186/1471-2458-11-378.
- [44] Jacob ME, Yee LM, Diehr PH, et al. Can a healthy lifestyle compress the disabled period in older adults? [J]. *J Am Geriatr Soc*, 2016, 64(10): 1952-1961. DOI: 10.1111/jgs.14314.
- [45] 高向阳, 康晓平. 基于多状态生命表对中国高龄老人健康期望寿命分析[J]. *中国卫生统计*, 2010, 27(5):455-458. DOI:10.3969/j.issn.1002-3674.2010.05.002.
- Gao XY, Kang XP. Analyzing the health life expectancy of the Chinese oldest-old by using the multi-states life table method[J]. *Chin J Health Stat*, 2010, 27(5):455-458. DOI: 10.3969/j.issn.1002-3674.2010.05.002.
- [46] Stenholm S, Head J, Kivimäki M, et al. Smoking, physical inactivity and obesity as predictors of healthy and disease-free life expectancy between ages 50 and 75: a multicohort study[J]. *Int J Epidemiol*, 2016, 45(4): 1260-1270. DOI:10.1093/ije/dyw126.
- [47] Leskinen T, Stenholm S, Aalto V, et al. Physical activity level as a predictor of healthy and chronic disease-free life expectancy between ages 50 and 75[J]. *Age Age*, 2018, 47(3):423-429. DOI:10.1093/ageing/afy016.
- [48] Fransen HP, May AM, Beulens JW, et al. Association between lifestyle factors and quality-adjusted life years in the EPIC-NL cohort[J]. *PLoS One*, 2014, 9(11):e111480. DOI:10.1371/journal.pone.0111480.
- [49] May AM, Struijk EA, Fransen HP, et al. The impact of a healthy lifestyle on Disability-Adjusted Life Years: a prospective cohort study[J]. *BMC Med*, 2015, 13:39. DOI: 10.1186/s12916-015-0287-6.
- [50] 杜婧, 李刚, 高燕琳, 等. 北京市成年人健康期望寿命影响因素分析[J]. *中华流行病学杂志*, 2016, 37(8):1087-1090. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.08.006.
- Du J, Li G, Gao YL, et al. Influencing factors on healthy life expectancy in adults in Beijing[J]. *Chin J Epidemiol*, 2016, 37(8): 1087-1090. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.08.006.
- [51] 刘庆敏, 任艳军, 李莉, 等. 杭州市成人健康期望寿命及相关因素分析[J]. *中华预防医学杂志*, 2011, 45(4):376-377. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2011.04.021.
- Liu QM, Ren YJ, Li L, et al. Analysis of adult healthy life expectancy and related factors in Hangzhou[J]. *Chin J Prev Med*, 2011, 45(4): 376-377. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2011.04.021.
- [52] Fransen HP, Beulens JW, May AM, et al. Dietary patterns in relation to quality-adjusted life years in the EPIC-NL cohort[J]. *Prev Med*, 2015, 77: 119-124. DOI: 10.1016/j.ypmed.2015.05.014.
- [53] Beulens JW, Fransen HP, Struijk EA, et al. Moderate alcohol consumption is associated with lower chronic disease burden expressed in disability-adjusted life years: a prospective cohort study[J]. *Eur J Epidemiol*, 2017, 32(4):317-326. DOI:10.1007/s10654-017-0247-x.