

质量调整生命年的测算方法及其应用发展

宋崇伟¹⁾, 孟琼¹⁾, 孙云瑞¹⁾, 侯忠鑫¹⁾, 邓皓远²⁾, 程楠³⁾, 李一¹⁾, 王倩¹⁾
(1)昆明医科大学公共卫生学院, 云南昆明 650500; 2)昆明医科大学第一附属医院医务部, 云南昆明 650032; 3)武汉市精神卫生中心医院感染管理办公室, 湖北武汉 430012)

[摘要] 质量调整生命年(quality adjusted life years, QALYs)作为多维健康效用指标的1种, 它在卫生经济学评价和疾病负担评价中的应用越来越广泛。目前, 未见详细归纳阐述不同研究类型下 QALYs 测算方法的报道。该文主要探讨了 QALYs 计算的基本原理和过程, 并进一步归纳总结在具体研究中如何根据研究设计来选择合适的 QALYs 计算方法, 以期为研究者提供参考依据, 促进其在我国卫生领域研究中的应用。

[关键词] 质量调整生命年; 卫生经济评价; 疾病负担评价

[中图分类号] R1 [文献标志码] A [文章编号] 2095-610X(2024)05-0184-06

The Calculation Method and Application Development of Quality-adjusted Life Years

SONG Chongwei¹⁾, MENG Qiong¹⁾, SUN Yunrui¹⁾, HOU Zhongxin¹⁾, DENG Haoyuan²⁾,
CHENG Nan³⁾, LI Yi¹⁾, WANG Qian¹⁾

(1) School of Public Health, Kunming Medical University, Kunming Yunnan 650500;
2) Dept. of Medical Affairs, The 1st Affiliated Hospital of Kunming Medical University,
Kunming Yunan 650032; 3) Hospital Infection Management Office,
Wuhan Mental Health Center, Wuhan Hubei 430012, China)

[Abstract] Quality-adjusted life years (QALYs), as a kind of multi-dimensional health utility index, has been widely used in the health economics evaluation and disease burden evaluation. At present, there are no detailed reports on the calculation methods of QALYs under different research types. This paper mainly discusses the basic principle and process of QALYs calculation, and further summarizes how to select the suitable QALYs estimation method according to the research design in the specific research, so as to provide a reference for researchers, and promote its application in the field of health research in China.

[Key words] Quality-adjusted life years; Health economics evaluation; Disease burden assessment

健康评估是医疗卫生保健工作中的1项重要工作。以往用来评价1个国家或地区居民健康水平的指标主要有: 人均期望寿命、孕产妇死亡率、婴儿死亡率等。然而, 这些传统指标提供的健康信息较为单一, 并不能全面地反映人群的健康状况以及疾病所带来的疾病负担。因此, 在医学模

式的转变与完善过程中, 1个多维的健康效用指标质量调整生命年(quality adjusted life years, QALYs)也应运而生。

QALYs综合考量了生命质量改善和生命数量改善所带来的健康改善, 最终将2者结合成1个综合的健康评价指标。与传统的健康状况评价指

[收稿日期] 2023-10-07

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(81960617); 云南省科技厅-昆明医科大学应用基础研究联合专项基金资助项目(202001AY070001-182)

[作者简介] 宋崇伟(1997~), 男, 云南丽江人, 在读硕士研究生, 主要从事慢性非传染性疾病负担评价研究工作。

[通信作者] 孟琼, E-mail: mengqiong2006@163.com

标相比, QALYs 涵盖了更广泛的健康维度^[1]。QALYs 最初是用作成本效果分析(cost effectiveness analysis, CEA)的健康衡量指标而开发的, 通过比较不同医疗干预措施的成本与效果, 可以为医疗资源的分配和决策提供支持^[2]。近年来, 在疾病负担评价领域, 研究者常使用不同人群之间的 QALYs 差异来量化慢性病所带来的无形疾病负担, 以为慢性病的防控措施提供参考依据。

目前, 基于随机对照试验的成本效果/效用分析中 QALYs 的测算方法较为多见, 而针对横断面研究和前瞻性队列研究的测算方法仍然较少。不同的研究中, 生命质量权重的测量工具不同, 评估次数和数据的多样性进而导致计算 QALYs 的方法也不完全一致。在进行 QALYs 的估计时, 必须认真选择和应用测量工具和方法原理, 并在研究中给出详细的说明和解释。本文旨在系统阐述 QALYs 计算的原理和过程, 进而归纳出在具体研究中如何根据研究设计来选择相应的 QALYs 计算方法, 以期应用 QALYs 作为指标评价疾病负担的研究者提供参考依据。

1 质量调整生命年的计算原理

QALYs 的计算是基于期望效用理论而产生的^[3], 根据其中的乘法多属性效用模型, QALYs 可以通过剩余生存年和生命质量的权重的乘积来反映。具体而言, QALYs 的计算公式为:

$$QALYs = \sum W_i T_i \quad (1)$$

公式 1 中, W_i 表示个人在某种健康状态下的生命质量权重, 通常用 0~1 之间的取值来表示, 而 T_i 表示个人在该状态下生存的生命年数。

具体而言, QALYs 的计算主要分 2 步: 第 1 步, 确定生命质量权重; 第 2 步, 对不同健康状态下的生存年数进行加权调整。

生命质量权重又可以称为健康效用值(health state utility values, HSUVs), 是反映个体躯体健康、心理、社会、情感方面的状态的 1 个综合指数。一般认为 1 代表完全健康的状态, 而 0 则代表死亡; 当个人经历比死亡还糟糕的事情时, 健康效用值也可能取负值。

目前对健康效用值的测量方法主要分为 2 大类^[4]: 直接测量和间接测量法。直接测量法通过标准博弈法、时间权衡法等测量个体最直观的感受。间接测量法则通过构建多属性效用量表及相应的效用转换体系将问卷中的问题换算为个体的

健康效用值^[5]。由于直接测量法要求被测者具备较高的理解能力, 且测量过程比较繁琐, 因此间接测量法是卫生经济学评价及慢性病疾病负担评价研究中的主流。

计算 QALYs 的另 1 个重要因素就是时间变量。在 1 项横断面研究中, 它可以用 1 a 或期望寿命来表示; 在随机对照试验或前瞻性队列研究中, 它可以用各个评估时点之间的具体时间间隔来表示。不同的研究方法观察到的健康效用值的次数不同, 计算 QALYs 的原理和方法也不同, 以下按不同研究方法分开阐述如何将生存时间与生命质量相结合来估计 QALYs。

2 在横断面研究中估计 QALYs

在横断面研究中, 研究者可以通过计算疾病所致 QALYs 损失达到量化疾病负担的目的, 但评估疾病所致 QALYs 损失的方法略有不同, 大致有以下 3 种估算方法。

部分研究^[6-7]通过调查一般人群和患病人群的健康效用值并结合患病率来估计某种疾病所致的 QALYs 年度损失, 其计算过程如下:

$$\Delta QALYs = (W_x - W_y) \times N \times P \quad (2)$$

公式 2 中, W_x 为健康人群的平均健康效用值; W_y 为患病人群的平均健康效用值; N 为总人数; P 为某种慢性疾病的患病率。

本研究基于中国多民族自然人群队列^[8](China multi-ethnic cohort, CMEC)中云南队列的基线调查数据(2018~2019年)对高血压造成的 QALYs 损失进行估算为例来详细阐述如何在横断面研究中估计 QALYs。云南队列的基线调查共有 23 142 名研究对象, 其中高血压患者有 7 734 例, 高血压患病率为 33.4%。通过 EQ-5D 量表来评价研究对象的生命质量, 结果显示: 高血压患者的平均健康效用值为(0.90±0.13), 健康人群的平均健康效用值为(0.95±0.08)。根据第七次全国人口普查的结果显示: 2019 年云南省的总人口为 4 858.3 万人。基于以上数据, 可以对 2019 年云南省高血压所致 QALYs 年度损失进行估计:

$$\begin{aligned} \Delta QALYs &= (0.95 - 0.90) \times 0.334 \times 48583000 \\ &= 811336.1 \text{ 人年} \end{aligned}$$

另一些研究^[9-10]通过测量健康人群和患病人群的健康效用值, 以健康人群为基准, 得到患病人群的相对生命质量权重, 再结合期望寿命数据

得到各组人群的人均剩余 QALYs，进而量化疾病所致 QALYs 损失，其计算过程如下：

$$q_i = W_y / W_x \tag{3}$$

$$QALYs = q_i \times LE \times n \tag{4}$$

$$\text{人均剩余 } QALYs = \sum QALYs / N \tag{5}$$

公式 3 至公式 5 中， q_i 为各年龄组相对生命质量权重，即各年龄组患病人群的平均健康效用值 (W_y) 与一般人群的平均健康效用值的比值 (W_y / W_x)； LE 为特定年龄组人群的期望寿命， n 为特定年龄组内的例数； $\sum QALYs$ 为各年龄组剩余 QALYs 合计， N 为各年龄组例数合计。

同样以前述 CMEC 云南队列基线调查数据为例，通过将基线调查的横断面数据与寿命表相结

合，对云南省高血压所致 QALYs 损失进行估算。先假设已经获得 2019 年云南省各年龄组的人口及死亡数据，以此编制出云南省的简略寿命表，见表 1。根据公式 3 至公式 5，分别计算高血压人群和一般人群的剩余 QALYs，见表 2 和表 3。

2019 年云南农村一般人群剩余 QALYs 为 158 393.96 人年，一般人群人均剩余 QALYs 则为 $158\,393.96 / 4\,725 = 33.52$ 人年。高血压患者剩余 QALYs 为 191 729.32 人年，高血压患者人均剩余 QALYs 则为 $191\,729.32 / 7\,733 = 24.79$ 人年。因此，高血压所致人均 QALYs 损失为 $33.52 - 24.79 = 8.73$ 人年，见表 2 ~ 表 3。

也有研究^[11]也基于寿命表来计算 QALYs 和 QALE (quality adjusted life expectancy, QALE)，但具体的计算过程却与上述稍有不同。首先是用各

表 1 2019 年云南省期望寿命表

Tab. 1 Life expectancy table of Yunnan province in 2019

年龄组 $x \sim$ (岁)	死亡概率 q_x	尚存人数 l_x	死亡人数 d_x	生存人年数 L_x	生存总人年数 T_x	期望寿命 e_x
0 ~	0.019	100 000	1 924	98 249	7 042 784	70.43
1 ~	0.039	98 076	3 781	2 789 375	6 944 535	70.81
30 ~	0.040	94 295	3 738	1 386 385	4 155 160	44.07
45 ~	0.093	90 556	8 380	1 295 495	2 768 775	30.58
60 ~	0.370	82 176	30 414	1 004 541	1 473 279	17.93
75 ~	1.000	51 763	51 763	468 739	468 739	9.06

表 2 2019 年云南省一般人群剩余 QALYs

Tab. 2 Remaining QALYs among the general population in Yunnan province in 2019

年龄组 $x \sim$ (岁)	生命质量相对权重 q_i	一般人群 (n)	一般人群剩余 QALYs
0 ~	-	-	-
1 ~	-	-	-
30 ~	1 (0.97/0.97)	1 728	76 152.96
45 ~	1 (0.95/0.95)	2 287	69 936.46
60 ~	1 (0.92/0.92)	662	11 869.66
75 ~	1 (0.88/0.88)	48	434.88
合计	-	4 725	158 393.96

表 3 2019 年云南省高血压患者剩余 QALYs

Tab. 3 Remaining QALYs of blood pressure patients in Yunnan province in 2019

年龄组 $x \sim$ (岁)	生命质量相对权重 q_i	高血压患者 (n)	高血压患者剩余 QALYs
0 ~	-	-	-
1 ~	-	-	-
30 ~	0.98 (0.95/0.97)	622	26 863.31
45 ~	0.96 (0.91/0.95)	3 763	110 469.64
60 ~	0.95 (0.87/0.92)	3 039	51 764.81
75 ~	0.94 (0.83/0.88)	309	2 631.56
合计	-	7 733	191 729.32

年龄组的平均健康效用值乘以该年龄组的生存人年数获各个年龄组的 QALYs, 然后从最后 1 个年龄组由下至上地计算各年龄组累计的 QALYs, 最后通过各年龄组的累积 QALYs 除以相对应的尚存人口数即可得出该组的 QALE, 具体计算过程如下:

$$QALYs = W_x \times L_x \quad (6)$$

$$CumulativeQALYs = (W_{x+i} \times L_{x+i}) + (W_x \times L_x) \quad (7)$$

$$QALE = Cumulative QALYs / l_x \quad (8)$$

公式 6 至公式 8 中, W_x 为第 x 年龄组的平均健康效用值; L_x 为第 x 年龄组的生存人年数; Cumulative QALYs 为第 x 年龄组的累积 QALYs; l_x 为第 x 年龄组的尚存人口数。

同样地, 以 CMEC 云南队列基线调查数据和云南省 2019 年人群寿命表为例, 采用此方法对总人口各年龄组的 QALYs 和 QALE 进行估算, 见表 4。

表 4 总人口寿命表中的 QALYs 和 QALE
Tab. 4 QALYs and QALE in the total population life expectancy table

$x \sim$	l_x	L_x	T_x	e_x	W_x	QALYs	Cumulative QALYs	QALE
0 ~	100000	98249	7042784	70.43	-	-	-	-
1 ~	98076	2789375	6944535	70.81	-	-	-	-
30 ~	94295	1386385	4155160	44.07	0.96	1330929	3800520	40.30
45 ~	90556	1295495	2768775	30.58	0.92	1191855	2469591	27.27
60 ~	82176	1004541	1473279	17.93	0.88	883996	1277736	15.55
75 ~	51763	468739	468739	9.06	0.84	393740	393740	7.61

应用这种方法可以计算各个年龄组的 QALYs、Cumulative QALYs 和 QALE(如: 30 ~ 44 岁年龄组的 QALYs 和 QALE 分别为 1330929 人年、40.30 人年)。

上述 3 种在横断面研究中对 QALYs 进行估计的方法, 虽然在具体计算过程上有所区别, 但它们都是基于各自的研究目的选择合适的生存时间来估计 QALYs。具体而言, 1 种是用 1 a 来表示研究对象的健康状态持续时间, 另 1 种是直接利用寿命表中的期望寿命来反映研究对象在剩余生命周期的健康状态持续时间。第 3 种则是利用了寿命表中的生存人年数依次推导出目标人群的 QALYs 和 QALE。

3 在随机对照试验中估计 QALYs

当可以获取个体在不同时点的健康效用值时, 通过其对各阶段的生存时间进行加权求和可以获得这段时期的 QALYs。由于在随机对照试验中得到的健康效用值是离散分布的, 此时如何处理 2 次或者多次评估之间健康效用值的变化趋势就成为了一个关注点。归纳现有相关研究发现, 看待健康效用值离散变化的方式有 3 种^[12]: 线性变化、维持初始水平不变、中点变化。

大部分成本效用分析^[13-14] 中计算 QALYs 时

是将健康效用值的变化认为是呈线性变化。即, 若比较的是 2 个组在特定时期内的 QALYs, 首先将各个时点的健康效用值用直线连接起来, 然后用该个体每个阶段的平均健康效用值乘以该阶段的持续时间求出每个阶段的 QALYs, 最后将各阶段的 QALYs 相加即得到该个体整个时期的 QALYs 总度量。

例如, 为评价某种干预措施, 将某疾病的患者随机分为干预组和对照组, 每组各 20 例。2 组患者基线健康效用均为 0.09; 6 个月后, 干预组有 8 例患者健康效用变为 0.52, 12 例变为 0.35, 对照组所有患者健康效用变为 0.35; 12 个月后, 干预组所有患者健康效用值均变为 0.58, 对照组所有患者健康效用值变为 0.49, 见图 1。

分别计算干预组和对照组的 QALYs, 以两组的 QALYs 之差反映了该项干预措施产生的效用, 如下所示:

$$\begin{aligned} \text{干预组 QALYs} &= (0.09+0.52)/2 \times 0.5 \times 8 + \\ & (0.52+0.58)/2 \times 0.5 \times 8 + (0.09+0.35)/2 \times 0.5 \times 12 + \\ & (0.35+0.58)/2 \times 0.5 \times 12 = 7.53 \text{ 人年} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{对照组 QALYs} &= (0.09+0.35)/2 \times 0.5 \times 20 + \\ & (0.35+0.49)/2 \times 0.5 \times 20 = 6.4 \text{ 人年} \end{aligned}$$

$$\Delta QALYs = 7.53 - 6.4 = 1.13 \text{ 人年}$$

2 组在基线时刻的健康效用值均为 0.09, 2 者不存在差异, 此时便可以完全通过各点所连成曲

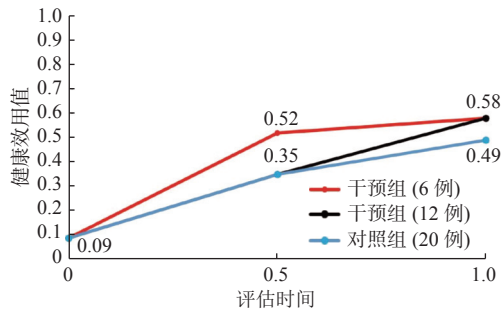


图 1 基于健康效用值的线性变化计算 QALYs

Fig. 1 Estimate QALYs based on linear changes in HSUVs

线下面积来计算每组的 QALYs, 见图 1。然而, 当 2 组在基线时刻的健康效用值存在差异时, 则需要对基线效用差异进行控制来计算 QALYs。

再如, 比较 A、B 2 种干预措施的优劣, A 组的基线健康效用值为 0.65, B 组为 0.45; 6 个月后, A 组健康效用值仍为 0.65, B 组变为 0.65; 12 个月后, A、B 2 组的健康效用值均变为 0.80, 见图 2。

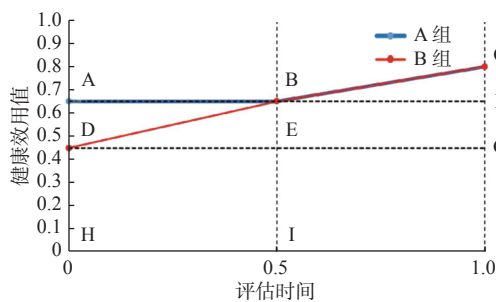


图 2 考虑和不考虑基线效用值差异的 QALYs 计算

Fig. 2 QALYs estimates with and without differences in baseline HSUVs

若不考虑基线效用值差异, 根据上述方法, A 组的 QALYs 为矩形 AHIB 和梯形 BIJC 面积之和, 而 B 组的 QALYs 为梯形 DHIB 和梯形 BIJC 面积之和:

$$A \text{ 组 } QALY_s = (0.65+0.65)/2 \times 0.5 + (0.65+0.8)/2 \times 0.5 = 0.6875 \text{ 人年}$$

$$B \text{ 组 } QALY_s = (0.45+0.65)/2 \times 0.5 + (0.65+0.8)/2 \times 0.5 = 0.6375 \text{ 人年}$$

若考虑基线效用值差异, 应以各组基线时刻的健康效用水平为基准来计算 QALYs。此时, A 组的 QALYs 为三角形 BFC 的面积, 而 B 组的 QALYs 为三角形 DEB 和梯形 BEGC 的面积之和:

$$A \text{ 组 } QALY_s = (0.8-0.65)/2 \times 0.5 = 0.0375 \text{ 人年}$$

$$B \text{ 组 } QALY_s = (0.65-0.45)/2 \times 0.5 + (0.8-0.65)/2 \times 0.5 + (0.65-0.45) \times 0.5 = 0.1875 \text{ 人年}$$

可见, 当不考虑基线差异时, A 组能够获得更多的 QALYs; 当考虑基线差异时, B 组能够获得更多的 QALYs。前者所得为各组 QALYs 的绝对值, 而后者得到的是在每组相对于基线效用水准的 QALYs 相对增量值。因此, 考虑研究对象的基线效用差异对于结论的推断是重要的。

尽管如此, 一些在基线拥有很低(高)健康效用值的研究对象, 在经历一段时期后可能会获得更高(低)的健康效用值, 若依照上述方法看待健康效用的相对差异可能会高估这些个体所产生的健康改善或损失, 从而对干预措施的整体有效性做出错误的判断。因此, 另 1 种方法^[15]是建立多元回归模型, 它不仅可以控制 2 组基线效用的差异, 也能以此得出调整后 QALYs 预测值。其表达如下公式:

$$QALY_s = \beta_0 + \beta_1 \times T_i + \beta_2 \times Q_i^b \tag{9}$$

公式 9 中, i 代表受访者, 系数 β_0 为基线效用的差异, 系数 β_1 为两组间的基线效用的差异被控制后的 QALYs 值。 T_i 为虚拟变量, 0 是对照组, 1 是干预组, Q_i^b 为该个体的基线效用值。

综上所述, 相比于横断面研究, 在随机对照试验中估计 QALYs 更多地需要考虑多次健康效用值的变化问题。通常, 按照线性模型来假设效用的变化是计算 QALYs 最常用的方法。在基于试验的成本效果/效用分析中, 多样地选择不同的假设对研究结果进行验证, 并采取相应的策略对基线效用差异进行控制, 才能准确地估计 QALYs, 提高结论的可靠性。

4 在前瞻性队列研究中估计 QALYs

在一些大型的前瞻性队列研究中, 研究者往往能够更全面地了解研究对象在研究期间的发病、死亡以及生命质量变化等情况。若采用上述横断面资料中的方式计算 QALYs, 则可能因未充分利用信息而降低对结果估计的准确性。因此, 有学者^[16]提出 1 种混合估计法来估计剩余生命周期内的平均 QALYs, 它包括了 2 部分: (1)基线到随访期之间的 QALYs; (2)随访期之后的 QALYs。

第 1 部分: 基线到随访时刻的 QALYs:

$$\left[\sum_{i=1}^L \widehat{Q}(t_i)(\widehat{S}_{KM}(t_{i-1}) - \widehat{S}_{KM}(t_i)) \right] + \widehat{Q}(L)\widehat{S}_{KM}(t_i) \tag{10}$$

公式 10 中, L 为随访结束时间, $0 \leq t_1 \leq t_2 \leq$

... $\leq t_i < L$ 为死亡发生时间; S_{KM} 为生存曲线估计函数; $\widehat{Q}(t_i)$ 为在 t_i 时刻死亡者的平均 QALYs; $\widehat{Q}(L)$ 为在随访结束时的存活者的 QALYs。

第 2 部分: 使用 Weibull 模型估计随访期之外的 QALYs

$$q(L) \left\{ \left[\lambda \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right] - \left\{ \sum_{i=0}^{k-1} \widehat{S}_{KM}(t_i)(t_{i+1} - t_i) + \widehat{S}_{KM}(t_k)(L - t_k) \right\} \right\} \quad (11)$$

公式 11 中, $q(L)$ 为 L 时刻的平均健康效用值, $\Gamma(\cdot)$ 为伽玛函数; λ 为缩放参数, 其控制着生存曲线在时间轴上的缩放; β 为形状参数, 其决定了生存曲线的基本形状。

上述方法并不是在队列研究中对 QALYs 和 QALE 进行详细估计的唯一方法, 也有其他的研究^[17] 提出不同的模型方法针对队列研究数据的多元性和复杂性来对不同群体的 QALYs 进行估算。这些方法充分地利用了纵向研究所提供的发病、死亡等信息, 可以更准确地反映个人和群体层面的健康状况。

5 小结

QALYs 作为卫生评估技术的 1 种, 已被广泛应用于卫生经济学评价、疾病负担评价等领域。不同类型的研究中, QALYs 的计算方法有所不同。在横断面研究中, 我们可以根据获得的 1 次健康效用值估计个体或群体的年度和生命周期剩余 QALYs; 而在随机对照试验中, 通常能获得多次的健康效用值, 可以通过计算曲线下面积估计特定期限内的 QALYs。此外, 越来越多的大型前瞻性队列研究采用函数模型来估计某一特定时期的 QALYs 和 QALE。可见, 自 QALYs 这个指标开发以来, 其相关的测算方法一直都在不断发展中。它从最基本的健康效用值和生存时间的相乘式, 逐步变化为考虑多种因素的多项式。根据研究性质选择合适的方法计算 QALYs, 在多种策略下对 QALYs 进行估计, 这样不仅可以增加结论的可靠性和外推性, 还能为 QALYs 在公共卫生领域的探索提供一定的参考与建议。尽管目前 QALYs 的测算方法逐渐多样化, 但其在卫生领域的应用及发展还有待进一步研究和探讨, 如何应用函数模型对大型队列研究的随访数据进行 QALYs 测算是值得研究的方向。

[参考文献]

- [1] 张新平. 测量健康状况的新指标——QALYs[J]. 中国社会医学杂志, 1997, 14(1): 22-24.
- [2] 韩胜昔, 叶露. 质量调整生命年的介绍与评述 [J]. 中国药物经济学, 2012, 7(6): 12-15.
- [3] 周峰. 三种综合性健康指标比较: 质量调整生命年、失能调整生命年和健康期望寿命 [J]. 环境与职业医学, 2010, 27(2): 119-122, 124.
- [4] 何伟, 孙利华. 质量调整生命年和伤残调整生命年成本-效用比较分析 [J]. 中国新药杂志, 2020, 29(22): 2632-2635.
- [5] 张琦, 顾海. 药物经济学成本-效用分析中效用指标的确定 [J]. 国际医药卫生导报, 2006, 12(21): 119-121.
- [6] 赵新月, 郑晓, 薛雅卿, 等. 慢性病对老年人质量调整生命年与经济损失的影响研究 [J]. 中国全科医学, 2022, 25(19): 2379-2384.
- [7] Hoffmann S, Batz M B, Morris J G. Annual cost of illness and quality-adjusted life year losses in the United States due to 14 foodborne pathogens [J]. *J Food Protect*, 2012, 75(7): 1292-1302.
- [8] Zhao X, Hong F, Yin J, et al. Cohort profile: The china multi-ethnic cohort (CMEC) study [J]. *Int J Epidemiol*, 2021, 50(3): 721-721.
- [9] 阚超杰. 我国老年慢性病患者生命质量状况及其长期护理需求研究 [D]. 南京: 东南大学, 2019.
- [10] 董昀球. 我国农村慢性病患者生命质量和疾病负担研究 [D]. 南京: 南京医科大学, 2012.
- [11] Muennig P A, Gold M R. Using the years-of-healthy-life measure to calculate QALYs [J]. *Am J Prev Med*, 2001, 20(1): 35-39.
- [12] 康姗姗, 初云波. 基于试验的成本效用分析中 QALYs 的计算 [J]. 中国卫生经济, 2015, 34(6): 16-18.
- [13] Rizzi C F, Ferraz M B, Poyares D, et al. Quality-adjusted life-years gain and health status in patients with OSAS after one year of continuous positive airway pressure use [J]. *Sleep*, 2014, 37(12): 1963-1968.
- [14] 张方, 傅书勇, 王曼, 等. 急性缺血性脑卒中两种治疗方案的成本-效用分析 [J]. 中国新药杂志, 2011, 20(11): 1038-1043.
- [15] 涂梦婷. 基于 QALY 的慢病治疗成本预测模型研究 [D]. 武汉: 武汉科技大学, 2020.
- [16] Jia H, Lubetkin E I. Impact of nine chronic conditions for US adults aged 65 years and older: an application of a hybrid estimator of quality-adjusted life years throughout remainder of lifetime [J]. *Qual Life Res*, 2016, 25(8): 1921-1929.
- [17] Chung C H, Hu T H, Wang J D, et al. Estimation of quality-adjusted life expectancy of patients with oral cancer: Integration of lifetime survival with repeated quality-of-life measurements [J]. *Value Health Reg Iss*, 2020, 21(C): 59-65.