

# 基于 AHP-TOPSIS 综合模型的术后肺血栓栓塞症的危险评估\*

黄河<sup>1</sup>, 李群<sup>2</sup>, 唐国春<sup>3</sup>

(1. 上海理工大学 管理学院, 上海 200093; 2. 上海市第一人民医院, 上海 200080;

3. 上海第二工业大学 经济与管理学院, 上海 201209)

**摘要:**【目的】全面考虑手术后影响肺血栓栓塞症的危险因素,以评估病患术后危险等级,为后续制定个性化的医疗策略提供依据。【方法】构建层次化的危险评估指标体系;避免传统单一模型的片面性和局限性,基于运筹学理论,提出 AHP-TOPSIS 综合模型;将模型运用至术后肺血栓栓塞症危险评估问题。【结果】构建的三层级危险评估指标体系涉及 3 个维度(个体相关因素、手术相关因素以及遗传相关因素)共 18 项具体评估指标;提出的 AHP-TOPSIS 综合模型不仅可以获得指标体系中各指标权重,亦可针对案例病患确定恰当的危险等级,进而提出针对性的医疗策略。【结论】提出的危险评估方法和综合模型可以有效辅助医疗人员完善术后肺血栓栓塞症相关的管理和治疗模式,具有一定学术和应用价值。

**关键词:**AHP-TOPSIS 综合模型;危险评估;医疗保健管理;肺血栓栓塞症(PTE)

**中图分类号:**O221.6; R619; C939

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-6693(2019)06-0079-08

医疗保健业(Healthcare industry)直接关乎人们的健康,是保证民生稳定、社会和谐以及国家发展的基础和关键,相关的医疗运作管理问题也随之得到学者们的关注<sup>[1]</sup>。医疗管理问题中,基于传统单一模型的方法已显现出一定的片面性和局限性;相反,若把两种或两种以上的方法、模型及算法综合运用,往往可得到良好效果,并获得较为科学的管理启示<sup>[2-3]</sup>。层次分析法(AHP)的基本思想是把一个复杂问题分解为若干因素,并且这些因素呈递阶层次结构,通过两两比较的方式确定诸因素的相对重要性<sup>[4]</sup>;逼近理想解的排序法(TOPSIS)的基本思想是找出有限方案中的最优方案和最劣方案,并计算各评价对象与最优方案的相对接近程度,以此作为评价优劣的依据<sup>[5]</sup>。如今这两种运筹模型已被运用至众多行业。然而,若干先行文献指出这两种方法存在一定弊端,例如 AHP 过度依赖专家主观经验,而 TOPSIS 考虑因素有限,结论可能与常识相悖<sup>[6]</sup>。因此本文考虑将这两种方法相结合,构建 AHP-TOPSIS 综合模型,并将该模型应用至手术后肺血栓栓塞症危险评估问题上,以完善相关管理模式。

随着社会和经济的发展,医疗保健业的服务模式和质量面临着新的机遇和挑战。肺血栓栓塞症(Pulmonary thromboembolism, PTE)发病率和致死率较高,目前已成为重要的医疗保健问题。PTE 的主要临床特征是来自右心系统或静脉系统的血栓阻塞肺动脉及分支引起的呼吸和循环障碍。提前对病患的 PTE 危险情况进行评估,提供精准化和规范化的治疗策略,是降低病患病死率和改善预后的关键<sup>[7]</sup>。然而,促使术后 PTE 发生的危险因素众多,系统全面归纳相关因素是有效评估的基础。基于 AHP 原理,不仅可从层次化系统化的角度归纳这些重要因素指标,亦可知悉各指标的重要程度。与此同时,不同危险等级需采取不同的治疗策略。基于 TOPSIS 原理,对患者术后可能处于的危险等级进行排序,继而针对具体的危险等级制定个性化医疗策略。

目前已有大量文献研究讨论过 PTE 发生的危险因素。文献[8]探究了主动脉瘤增加 PTE 发生的可能性;文献[9]分析了甲状腺疾病与致死性 PTE 之间的关系。此类文献主要利用传统数学统计模型展开分析,并重点关注某一项具体危险因素。文献[10]面向老年人群探讨了影响 PTE 的若干危险因素;文献[11]基于加拿大某地

\* 收稿日期:2018-10-17 修回日期:2019-10-29 网络出版时间:2019-11-25 10:34

资助项目:国家自然科学基金重点国际(地区)合作研究项目(No. 71520107003);上海市科学技术委员会“科技创新行动计划”长三角科技联合攻关领域项目(No. 17495810500);上海市松江区科学技术公关项目(No. 2017sjkjgg60);上海理工大学博士启动基金(No. BSQD201901)

第一作者简介:黄河,男,讲师,博士,研究方向为医疗管理和供应链管理,E-mail:hehuang@usst.edu.cn;通信作者:李群,女,副主任医师,E-mail:qunli70@126.com

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20191125.1033.012.html>

区的实际数据分析了致死性 PTE 的若干因素。此类文献虽然探究 PTE 涉及的若干危险因素,却没有对术后这一具体情况做探讨。与此同时,众多先行文献涉及的危险评估模型为经典打分模型<sup>[12-13]</sup>。一方面,随着科技和医疗的发展,此类打分模型涉及的指标体系可通过诸如 AHP 等方法加以完善并引入指标权重;另一方面,利用运筹学理论和方法可有效优化或改善医疗运作管理问题<sup>[14-15]</sup>,通过诸如 TOPSIS 等方法可量化备选方案的适合程度。

综上所述,本文在医疗保健管理大背景下,针对病患术后 PTE 危险评估这一具体问题,提出系统化和层次化的危险评估指标体系,并构建 AHP-TOPSIS 综合模型展开分析。该模型不仅可确定各危险因素指标的权重,亦可选择恰当的危险等级。本文将管理科学领域的思想和方法运用至医疗保健业,力图拓展和完善相关管理思路和实践,具有一定实际意义和学术价值。

## 1 危险评估方法和模型

### 1.1 危险评估方法的设计

本文研究目的是考虑影响 PTE 的众多危险因素,基于运筹模型在术前对病患术后发生 PTE 的危险等级进行预估,从而制定针对性的预防和治疗策略。根据该目的,设计出如图 1 所示的危险评估方法:1) 综合利用 AHP 和 TOPSIS,构建 AHP-TOPSIS 综合模型;2) 梳理相关文献,并引入专家意见,归纳影响 PTE 的若干危险因素,生成层次化系统化的危险评估指标体系;3) 利用该综合模型获得指标体系中各指标权重,同时划分病患术后的 PTE 危险等级;4) 基于专家意见,选择适合的案例病患,利用该综合模型确定病患术后的危险等级,从而提出相应医疗策略。本研究涉及的专家成员及案例病患数据均来自于上海市第一人民医院。

### 1.2 AHP-TOPSIS 综合模型的构建

步骤 1:生成判断矩阵。

假设现有  $n$  个危险因素指标,通过两两比较重要程度,可得判断矩阵  $\mathbf{X}$ :

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中,  $x_{ij}$  ( $i, j=1, 2, \dots, n$ ) 表示指标  $u_i$  相比指标  $u_j$  的重要程度数值。重要程度数值依据 Satty<sup>[16]</sup> 的 9 级标度法。

步骤 2:计算权重向量。

判断矩阵是医疗专家主观判断的定量描述,对判断矩阵求解,进而确定指标权重。先行文献中的求解方法主要涉及根法、和法以及幂法,本文采用根法。

首先,计算判断矩阵  $\mathbf{X}$  每一行元素乘积的  $n$  次方根,从而得到向量  $\mathbf{P}$ ,  $\mathbf{P} = (p_1, p_2, \dots, p_n)^T$ , 其中

$$p_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_{ij}} \quad (2)$$

其次,对向量  $\mathbf{P}$  做归一化处理,得到向量  $\mathbf{W}$ ,  $\mathbf{W} = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$ , 其中

$$\omega_i = \frac{p_i}{\sum_{i=1}^n p_i} \quad (3)$$

步骤 3:一致性检验。

为了避免误差过大的影响,需进行一致性检验。

首先,计算判断矩阵  $\mathbf{X}$  的最大特征根  $\lambda_{\max}$ :

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(\mathbf{X} \cdot \mathbf{W})_i}{\omega_i} \quad (4)$$

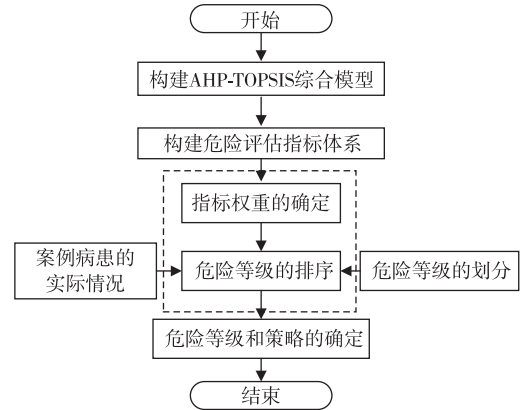


图 1 手术后肺血栓栓塞症危险评估方法  
Fig. 1 The risk assessment approach for postoperative pulmonary thromboembolism

其次,计算一致性比率  $R_{CR}$  (Consistency rate),  $R_{CR} = \frac{R_{CI}}{R_{RI}}$ 。其中,  $R_{CI}$  为一致性指标,且  $R_{CI} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ ;  $R_{RI}$  为随机一致性指标(Random index)<sup>[17]</sup>。倘若,  $R_{CR} < 0.1$ , 表示通过一致性检验,否则需要重新构建判断矩阵。

步骤 4: 决策矩阵。

假设影响 PTE 的危险因素指标有  $n$  个,病患的危险等级划分为  $m$  种(亦称  $m$  种方案),则可得到决策矩阵  $Y$ ,其中  $y_{ij}$  表示危险等级  $i$  对应危险因素指标  $j$  的值。

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \cdots & y_{mn} \end{bmatrix}。 \quad (5)$$

步骤 5: 标准化决策矩阵。

对决策矩阵  $Y$  进行标准化处理,可以避免指标量纲的影响,从而得到标准化决策矩阵  $T$ ,  $T = (t_{ij})_{m \times n}$ 。其中,处理越大越优和越小越优指标的方法不同<sup>[18]</sup>。

对于越大越优的指标:

$$t_{ij} = \frac{y_{ij} - \min_j y_{ij}}{\max_j y_{ij} - \min_j y_{ij}}; \quad (6)$$

对于越小越优的指标:

$$t_{ij} = \frac{\max_j y_{ij} - y_{ij}}{\max_j y_{ij} - \min_j y_{ij}}。 \quad (7)$$

步骤 6: 加权标准化决策矩阵。

由步骤 1~3,已得到权重向量  $W$ ,现将其引入标准化决策矩阵  $T$ ,以反映指标间的不同权重,从而得到加权标准化决策矩阵  $Z$ 。

$$Z = \begin{bmatrix} \omega_1 t_{11} & \omega_2 t_{12} & \cdots & \omega_n t_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \omega_1 t_{m1} & \omega_2 t_{m2} & \cdots & \omega_n t_{mn} \end{bmatrix}。 \quad (8)$$

步骤 7: 得到理想点。

基于加权标准化决策矩阵,可得到备选方案(即 PTE 危险等级)的“正理想点”和“负理想点”<sup>[19]</sup>。其中,正理想点:  $z^+ = (\max z_{i1}, \max z_{i2}, \cdots, \max z_{in})$ ;

负理想点:  $z^- = (\min z_{i1}, \min z_{i2}, \cdots, \min z_{in})$ 。

步骤 8: 计算得到贴进度。

设  $E_i^+$  为第  $i$  个方案对应正理想点  $z^+$  的距离,  $E_i^-$  为第  $i$  个方案对应负理想点  $z^-$  的距离,则:

$$E_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_j^+)^2}, \quad (9)$$

$$E_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_j^-)^2}。 \quad (10)$$

进而可以得到方案  $i$  的贴进度  $D_i$ ,  $D_i = \frac{E_i^-}{(E_i^+ + E_i^-)}$ 。倘若方案  $i$  趋近正理想点  $z^+$ ,则  $E_i^+$  趋近 0,  $D_i$  趋近 1。

所以,基于  $D_i$  值的大小,便可以进行方案的优劣排序,  $D_i$  值越大,方案越优,反之则越劣。

## 2 危险评估指标体系

### 2.1 指标归纳

手术会增加 PTE 的发生率,倘若病患同时具备其他 PTE 危险因素,则进一步促使 PTE 的产生。因此,需全面考虑病患所涉及的各种 PTE 危险因素。依据 AHP 法思想,PTE 危险评估指标体系设定为 3 个层次,即目标层、准则层以及指标层。指标体系的构建遵循适用性、全面性、不相关性、可比性以及可扩展性原则<sup>[20]</sup>。

1) 目标层。本研究目的是综合考虑 PTE 涉及的危险因素,从而评估患者术后的危险等级并制定医疗策略。

因此,目标层为“病患手术后 PTE 危险等级”。

2) 准则层。基于文献研究和专家意见,归纳得到 3 项准则层指标,即“个体相关因素”“手术相关因素”和“遗传相关因素”。病患个体间具有较大差异,影响 PTE 的因素亦随之不同,因此有必要分析个体相关因素;本研究面对的是“手术”这一具体情况,手术过程中所涉及的若干因素均可能促使 PTE 的发生;同时,病患家族的相关病史亦是影响 PTE 的一类重要因素,因此将它纳入考虑范围。

3) 指标层。指标层指标是对上一级准则层指标的进一步细化。为了全面归纳相关指标,本研究首先在参考权威血栓医疗指南、经典的 Caprini 模型、Wells 模型、Geneva 模型、PESI 模型以及其他先行文献的基础上提出初级指标 19 项。基于初级指标,继而向相关专家发放“指标归纳”问卷,问卷目的是对初级指标进行筛选和修改。问卷发放时间为 2018 年 7 月下旬至 8 月上旬,回收有效问卷 22 份。根据问卷结果,同时遵循每一层指标不超过 9 个的原则<sup>[21]</sup>,最终获得 18 项病患手术后 PTE 危险因素指标,见表 1。

表 1 术后 PTE 危险因素指标

Tab. 1 The risk indexes of postoperative pulmonary thromboembolism

目标层	准则层	指标层	指标说明
A 病患手术后 PTE 危险 等级	B <sub>1</sub> 个体 相关 因素	C <sub>11</sub> 年龄	病患年龄大小
		C <sub>12</sub> BMI 和血脂	体质指数简称 BMI
		C <sub>13</sub> 恶性肿瘤及其治疗史	如使用激素或放化疗等
		C <sub>14</sub> 药物使用	如抗凝药物、口服避孕药及镇痛药等
		C <sub>15</sub> PE 或 DVT 病史	肺栓塞简称 PE;深静脉血栓简称 DVT
		C <sub>16</sub> 下肢问题	如下肢静脉曲张、水肿以及骨折等
		C <sub>17</sub> 其他疾病	如心肺疾病、肾病综合症及糖尿病等
		C <sub>18</sub> 妊娠情况	病患是否处于妊娠状态
		C <sub>19</sub> 活动量和长期制动	病患是否处于长期制动、卧床及静坐等状态
	B <sub>2</sub> 手术 相关 因素	C <sub>21</sub> 手术类型	如手术置入等
		C <sub>22</sub> 手术时长	手术持续时间
		C <sub>23</sub> 手术部位	手术针对部位
		C <sub>24</sub> 手术创伤	手术过程中是否有创伤
		C <sub>25</sub> 手术制动	术前、术中及术后是否有制动要求
		C <sub>26</sub> 麻醉方式	麻醉的方法、时间及使用的药物等
		C <sub>27</sub> 输血和输液	是否有输血或输液操作
	B <sub>3</sub> 遗传 相关因素	C <sub>31</sub> 遗传性疾病	如抗凝血酶缺乏、血栓调节蛋白异常及纤溶酶原缺乏等
		C <sub>32</sub> 家族病史	如家族血栓史、代谢疾病史及高血压史等

## 2.2 指标权重

利用 AHP-TOPSIS 综合模型可获得各指标权重。基于 AHP 原理设计“指标权重”问卷,问卷发放时间为 2018 年 8 月上旬至中旬,共回收有效问卷 10 份。计算指标权重前,需确定如何集结专家数据,本研究对判断矩阵进行集结,即对判断矩阵各要素求均值,得到均值判断矩阵后,再计算排序权重。同时,设定各专家所占权重相同,并采用各专家判断矩阵数值加权算术平均法计算。主要过程如下文所述,其中判断矩阵的构建过程利用最大改进方向算法或最小改变算法来进行修正。

2.2.1 判断矩阵及权重向量 1) 准则层对目标层判断矩阵及权重向量为:

$$\mathbf{X}_a = \begin{bmatrix} 1 & 1.853\ 1 & 2.050\ 7 \\ 0.539\ 6 & 1 & 2.236\ 4 \\ 0.487\ 7 & 0.447\ 1 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow \mathbf{W}_a = \begin{bmatrix} 0.483\ 6 \\ 0.329\ 9 \\ 0.186\ 5 \end{bmatrix}.$$

2) 指标层对准则层个体相关因素判断矩阵及权重向量为:

$$X_b^1 = \begin{bmatrix} 1 & 0.344 4 & 0.325 5 & \cdots & 2.078 3 & 3.244 4 & 0.440 0 \\ 2.903 7 & 1 & 2.295 9 & \cdots & 3.480 9 & 5.533 4 & 2.809 5 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0.308 2 & 0.180 7 & 0.188 6 & \cdots & 0.779 5 & 1 & 0.412 8 \\ 2.272 6 & 0.355 9 & 0.799 7 & \cdots & 3.454 1 & 2.422 2 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow W_b^1 = \begin{bmatrix} 0.090 4 \\ 0.270 4 \\ \vdots \\ 0.031 8 \\ 0.131 2 \end{bmatrix}。$$

3) 指标层对准则层手术相关因素判断矩阵及权重向量为:

$$X_b^2 = \begin{bmatrix} 1 & 1.904 8 & \cdots & 1.268 5 & 2.222 2 \\ 0.525 0 & 1 & \cdots & 1.175 9 & 2.000 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0.788 3 & 0.850 4 & \cdots & 1 & 2.555 6 \\ 0.450 0 & 0.500 0 & \cdots & 0.391 3 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow W_b^2 = \begin{bmatrix} 0.205 1 \\ 0.167 8 \\ \vdots \\ 0.173 2 \\ 0.078 4 \end{bmatrix}。$$

4) 指标层对准则层遗传相关因素判断矩阵及权重向量为:

$$X_b^3 = \begin{bmatrix} 1 & 1.925 9 \\ 0.519 2 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow W_b^3 = \begin{bmatrix} 0.658 2 \\ 0.341 8 \end{bmatrix}。$$

2.2.2 一致性检验 一致性检验结果如表 2 所示。

表 2 一致性检验参数

Tab. 2 The parameters for consistency test

项目	一致性比率 CR	检验结果	项目	一致性比率 CR	检验结果
准则层对目标层 A	0.053 1 < 0.1	通过	指标层对准则层 B <sub>1</sub>	0.032 7 < 0.1	通过
指标层对准则层 B <sub>2</sub>	0.017 1 < 0.1	通过	指标层对准则层 B <sub>3</sub>	0.000 0 < 0.1	通过

2.2.3 各项指标最终权重及排序 表 3 显示了各项指标的最终权重及排序。

表 3 各项指标权重值及排序

Tab. 3 Weight value of each index

目标层	准则层	权重	编号	指标层	权重	排序
A 病患手术后 PTE 危险等级	B <sub>1</sub> 个体相关 因素	0.483 6	C <sub>15</sub>	PE 或 DVT 病史	0.130 8	1
			C <sub>31</sub>	遗传性疾病	0.122 8	2
			C <sub>16</sub>	下肢问题	0.095 0	3
			C <sub>22</sub>	手术时长	0.067 7	4
			C <sub>32</sub>	家族病史	0.063 7	5
			C <sub>19</sub>	活动量和长期制动	0.063 5	6
			C <sub>25</sub>	手术制动	0.057 1	7
	C <sub>23</sub>	手术部位	0.055 4	8		
	C <sub>21</sub>	手术类型	0.052 5	9		
	C <sub>18</sub>	妊娠情况	0.051 5	10		
	C <sub>24</sub>	手术创伤	0.045 7	11		
	C <sub>14</sub>	药物使用	0.043 7	12		
	C <sub>13</sub>	恶性肿瘤及其治疗史	0.043 0	13		
	C <sub>27</sub>	输血和输液	0.025 9	14		
	C <sub>26</sub>	麻醉方式	0.025 7	15		
	C <sub>12</sub>	BMI 和血脂	0.020 9	16		
	C <sub>17</sub>	其他疾病	0.020 0	17		
B <sub>3</sub> 遗传 相关因素	0.186 5	C <sub>11</sub>	年龄	0.015 4	18	

### 3 危险等级划分和策略

划分术后病患的 PTE 危险等级,评估患者病情严重程度,制定个体化医疗策略,是降低病死率和改善预后

的关键路径。若干先行文献指出,可将 PTE 的危险等级划分为 4 个。亦有部分文献划分为 3 个等级,其中减少了“极低危等级”。在实际工作中,存在较多 PTE 危险程度极低的患者;对于这些患者而言,并非需要在术前采取 PTE 预防措施。相反,将医疗资源投用至确实需要 PTE 预防的患者身上,不仅可控制医疗成本,亦可减轻患者经济压力。与此同时,通过咨询医疗专家,4 个危险等级亦是医院较常用的划分方式。因此,本研究依然将危险等级设定为 4 个,且该 4 个等级即为 AHP-TOPSIS 综合模型中的备选方案。面对不同危险等级的病患,基于相关医疗指南<sup>[22]</sup>,可制定以下医疗策略:

1) 处于“极低危等级”的病患,医疗人员可督促患者早期下床活动,注意饮食和运动,无需使用机械或药物抗凝措施。

2) 处于“低危等级”的病患,医疗人员可对病患采取机械预防措施,例如使用间歇充气加压泵(Intermittent pneumatic compression, IPC)。

3) 在“中危等级”下,倘若病患同时伴有高出血风险,医疗人员可对患者使用 IPC 机械预防;倘若病患非同时伴有高出血风险,医疗人员可对患者使用低分子肝素、普通肝素,或者使用 IPC。

4) 在“高危等级”下,倘若病患同时伴有高出血风险,医疗人员可对患者使用 IPC,当出血风险消失后,可启动药物预防;倘若病患非同时伴有高出血风险,医疗人员可对患者使用低分子肝素、普通肝素,并同时使用机械预防措施(如弹力袜或 IPC),亦可考虑桥接抗凝。然而,有些患者虽然不伴有高出血风险,但对低分子肝素和普通肝素有禁忌,此时医疗人员可使用磺达肝癸钠,小剂量阿司匹林,并同时使用 IPC 等机械预防措施。另外一些患者虽然不伴有高出血风险,但属于腹盆腔肿瘤手术病人,此时可延长低分子肝素预防时间(28 d)。

## 4 案例研究

现将 AHP-TOPSIS 综合模型应用至案例病患以确定恰当的危险等级。基于专家推荐,引入 1 名案例病患。该病患为来自上海市松江区的 63 岁男性,并实施胸部手术。依据 TOPSIS 原理设计“危险等级”问卷,问卷目的为针对案例病患情况,并结合危险指标体系,对病患术后可能处于的 PTE 危险等级进行赋值,从而对危险等级展开排序和优选。问卷发放时间为 2018 年 8 月中旬至下旬,填写者均为 PTE 主治医生,共回收有效问卷 9 份。此次问卷数据仍然对判断矩阵进行集结,设定各专家所占权重相同,并采用算术平均法计算。主要过程如下:

1) 加权标准化决策矩阵  $Z$ 。

$$Z = \begin{bmatrix} 0.003\ 9 & 0.018\ 3 & 0.043\ 0 & 0.043\ 7 & 0.130\ 8 & \cdots & 0.011\ 1 & 0.122\ 8 & 0.063\ 7 \\ 0.015\ 4 & 0.020\ 9 & 0.028\ 7 & 0.029\ 1 & 0.087\ 2 & \cdots & 0.025\ 9 & 0.081\ 9 & 0.042\ 5 \\ 0.015\ 4 & 0.010\ 5 & 0.014\ 3 & 0.014\ 6 & 0.043\ 6 & \cdots & 0.014\ 8 & 0.040\ 9 & 0.021\ 2 \\ 0.000\ 0 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 & \cdots & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 \end{bmatrix}。$$

2) 理想点以及贴进度。正理想点:  $z^+ = (0.015\ 4, 0.020\ 9, 0.043\ 0, 0.043\ 7, 0.130\ 8, \dots, 0.025\ 9, 0.122\ 8, 0.063\ 7)$ ; 负理想点:  $z^- = (0, 0, 0, 0, 0, \dots, 0, 0, 0)$ 。“极低危等级”的贴进度:  $E_1^+ = 0.117\ 7, E_1^- = 0.233\ 9, D_1 = 0.665\ 1$ ;“低危等级”的贴进度:  $E_2^+ = 0.087\ 8, E_2^- = 0.194\ 8, D_2 = 0.689\ 4$ ;“中危等级”的贴进度:  $E_3^+ = 0.157\ 2, E_3^- = 0.142\ 1, D_3 = 0.474\ 7$ ;“高危等级”的贴进度:  $E_4^+ = 0.254\ 4, E_4^- = 0.081\ 0, D_4 = 0.241\ 5$ 。贴进度排序:  $D_2 > D_1 > D_3 > D_4$ 。

3) 结果分析。基于 AHP-TOPSIS 综合模型的最终结果,该案例病患手术后 PTE 危险等级的贴进度按照从高到低排序依次为:低危等级、极低危等级、中危等级、高危等级,继而判定该患者处于低危等级。详细观察该案例病患的基本数据,发现他在权重前 3 位的指标下均无危险风险,即没有 PE 或 DVT 病史、遗传性疾病和下肢问题,这是导致该病患危险等级较低的主要原因。与此同时,案例医院的资深主治医生们亦认可该结果。基于该判定结果,便可对此病患实施相应的低危等级医疗策略,例如主要运用机械预防措施(IPC 或弹力袜等),以降低他发生 PTE 的可能性。

## 5 结束语

在医疗保健管理思想和方法日益得到重视和发展的背景下,若干医疗问题可通过科学的管理和优化,提升其医疗效果和病患满意度。PTE 作为高发病率的疾病之一,已引起国内外医疗界的广泛注意。手术中,若无评

估和预防措施,可明显增加 PTE 的发生率和致死率。因此,本文对术后 PTE 危险评估问题展开探究,全面归纳整理影响 PTE 的若干危险因素,并构建层次化指标体系,包括 3 个维度(个体相关因素、手术相关因素以及遗传相关因素),共 18 项子指标;基于运筹学理论构建 AHP-TOPSIS 综合模型;利用提出的指标体系和综合模型,对案例病患选择出适合的危险等级,继而提出个性化医疗策略,同时亦验证了模型的可行性及实际应用价值。

### 参考文献:

- [1] 杜少甫,谢金贵,刘作仪. 医疗运作管理:新兴研究热点及其进展[J]. 管理科学学报,2013,16(8):1-19.  
DU S F, XIE J G, LIU Z Y. Progress and prospects in an emerging hot topic: healthcare operations management[J]. Journal of Management Sciences in China, 2013, 16(8): 1-19.
- [2] 王彭德,熊明. 医院管理综合评价方法的组合与优化[J]. 数学的实践与认识,2010,40(7):31-35.  
WANG P D, XIONG M. Combination and optimization on the comprehensive evaluation method of hospital management[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2010, 40(7): 31-35.
- [3] 邵维懿,赵翠薇. 改进 AHP 和 TOPSIS 法在滑坡灾害易发性评价中的应用—以贵州毕节地区为例[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版),2013,30(3):40-46.  
SHAO W Y, ZHAO C W. Application of combination to landslide hazard susceptibility assessment based on improved AHP and TOPSIS method: a case of Bijie, Guizhou province[J]. Journal of Chongqing Normal University(Natural Science), 2013, 30(3): 40-46.
- [4] 孙小涛,周忠发,陈全. 重点生态功能区人口-经济-生态环境耦合协调发展探讨:以贵州省沿河县为例[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版),2017,34(4):127-134.  
SUN X T, ZHOU Z F, CHEN Q. Study on the coupling and coordination development of population-economic-ecological environment in key ecological function areas: a case of Yanhe country of Guizhou[J]. Journal of Chongqing Normal University(Natural Science), 2017, 34(4): 127-134.
- [5] 付业勤,陈雪钧,郑向敏,等. 旅游危机事件网络舆情应对水平的评价研究:基于灰色统计和熵权 TOPSIS 方法[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版),2015,32(2):162-167.  
FU Y Q, CHEN X J, ZHENG X M, et al. The evaluation study on the level of dealing with tourism crisis network opinion: based on the methods of grey statistics and entropy weighted TOPSIS[J]. Journal of Chongqing Normal University(Natural Science), 2015, 32(2): 162-167.
- [6] 姜峰,孙源,秦玉琼,等. 基于 AHP 和熵权 TOPSIS 法的税收征管质量评估[J]. 数学的实践与认识,2017,47(18):1-7.  
JIANG F, SUN Y, QIN Y Q. Quality assessment of tax collection and administration based on AHP and entropy weight TOPSIS method[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2017, 47(18): 1-7.
- [7] 谷松涛,李月川. 急性肺血栓栓塞症预后评估的研究进展[J]. 医学综述,2015,21(15):2755-2758.  
GU S T, LI Y C. Research progress of the prognosis of acute pulmonary thromboembolism[J]. Medical Recapitulate, 2015, 21(15): 2755-2758.
- [8] LEE F Y, CHEN W K, CHIU C H, et al. Increased risk of deep vein thrombosis and pulmonary thromboembolism in patients with aortic aneurysms: a nationwide cohort study[J]. PLoS One, 2017, 12(6): e0178587.
- [9] AQUILA I, BOCA S, CAPUTO F, et al. An unusual case of sudden death: is there a relationship between thyroid disorders and fatal pulmonary thromboembolism: a case report and review of literature[J]. The American Journal of Forensic Medicine and Pathology, 2017, 38(3): 229-232.
- [10] ZHOU H P, XIAO L H. Analysis of the influence factors of elderly patients with acute pulmonary thromboembolism and observation of prognosis[J]. Chinese Journal of Primary Medicine and Pharmacy, 2015, 18: 2774-2776.
- [11] PRASHAD C, JACQUES R. Fatal pulmonary thromboembolism-prevalence of risk factors in ontario medicolegal autopsy cases[J]. Forensic Science International, 2017, 277: 208-208.
- [12] PERERA M, AGGARWAL L, SCOTT I A, et al. Underuse of risk assessment and overuse of computed tomography pulmonary angiography in patients with suspected pulmonary thromboembolism[J]. Internal Medicine Journal, 2017, 47(10): 1154-1160.
- [13] GU Y H, ZHAO Z. Role of three commonly used scoring systems in prediction of pulmonary thromboembolism in Xining area[J]. European Review for Medical and Pharmacological Sciences, 2014, 18(22): 3517-3520.
- [14] GUPTA A, SHARDA R. Improving the science of healthcare delivery and informatics using modeling approaches[J]. Decision Support Systems, 2013, 55(2): 423-427.
- [15] FROEHLE C M, MAGAZINE M J. Commentaries to "the vital role of operations analysis in improving healthcare delivery"[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2012, 14(4): 495-499.
- [16] SAATY T L. Modeling unstructured decision problems: the theory of analytical hierarchies[J]. Mathematics and Computers in Simulation, 1978, 20(3): 147-158.

- [17] 黄钟浩,方旭红,张宁,等.生态旅游目的地竞争力评价指标体系研究[J].重庆师范大学学报(自然科学版),2011,28(2):75-78.  
HUANG Z H, FANG X H, ZHANG N, et al. Eco-tourism destination competitiveness evaluation index system [J]. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science), 2011, 28(2): 75-78.
- [18] 孟秀红.苏州城市旅游竞争力评价研究[J].重庆师范大学学报(自然科学版),2014,31(6):139-144.  
MENG X H. Research on competitiveness of Suzhou city tourism [J]. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science), 2014, 31(6): 139-144.
- [19] 王新民,秦健春,张钦礼,等.基于AHP-TOPSIS评判模型的姑山驻留矿采矿方法优选[J].中南大学学报(自然科学版),2013,44(3):1131-1137.  
WANG X M, QIN J C, ZHANG Q L, et al. Mining method optimization of Gu mountain stay ore based on AHP-TOPSIS evaluation model [J]. Journal of Central South University (Science and Technology), 2013, 44(3): 1131-1137.
- [20] 王道平,王煦.基于AHP/熵值法的钢铁企业绿色供应商选择指标权重研究[J].软科学,2010,24(8):117-122.  
WANG D P, WANG X. Research on the green vendor selection index weight of iron & steel enterprises based on AHP and entropy method [J]. Soft Science, 2010, 24(8): 117-122.
- [21] 李力红,张怡.AHP-模糊综合评判法在心理学中的应用[J].东北师范大学学报(哲学社会科学版),2008,3:169-174.  
LI L H, ZHANG Y. The use of AHP-fuzzy comprehensive evaluation in psychological study [J]. Journal of Northeast Normal University (Philosophy and Social Sciences), 2008, 3: 169-174.
- [22] 刘凤林,张太平.中国普通外科围手术期血栓预防与管理指南[J].中国实用外科杂志,2016,36(5):469-474.  
LIU F L, ZHANG T P. Guidelines of prevention and management on perioperative thrombosis in Chinese general surgery [J]. Chinese Journal of Practical Surgery, 2016, 36(5): 469-474.

## Risk Assessment for Postoperative Pulmonary Thromboembolism Based on AHP-TOPSIS Integrated Model

HUANG He<sup>1</sup>, LI Qun<sup>2</sup>, TANG Guochun<sup>3</sup>

(1. School of Management, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093;

2. Shanghai First Municipal Hospital, Shanghai 200080;

3. College of Economics and Management, Shanghai Second Polytechnic University, Shanghai 201209, China)

**Abstract:** [Purposes] In order to consider the risk indexes affecting postoperative pulmonary thromboembolism from all angles, then it assess patients' postoperative risk level and develops the individualized treatment strategy. [Methods] The index system for risk assessment is built in hierarchy; to avoid the one-sidedness of traditional single models, the AHP-TOPSIS integrated model is presented by basing on operations research theory; and the model is then applied to the problem of postoperative pulmonary thromboembolism. [Findings] The three-level index system involves eighteen risk indexes from three aspects (individual factor, surgery factor, inheritance factor); the AHP-TOPSIS integrated model not only generates the weight of each index, but also identifies the appropriate risk level for the case patient, then the targeted medical strategies could be generated. [Conclusions] The integrated model and approach here could assist the medical staff to improve the management and treatment mode for postoperative pulmonary thromboembolism, with academic and application value.

**Keywords:** AHP-TOPSIS integrated model; risk assessment; health care management; pulmonary thromboembolism (PTE)

(责任编辑 许 甲)