

基于层次分析法的 ARAS 危险因素预测模型研究

孟香沂¹, 刘尚辉², 张青³, 张喆³

(中国医科大学 1.2010 级七年制学生, 2.计算机教研室, 3.2011 级七年制学生, 辽宁省沈阳市 110122)

[关键词] 层次分析法; 动脉粥样硬化性肾动脉狭窄; 危险因素; 预测模型

[摘要] 动脉粥样硬化性肾动脉狭窄(ARAS)是一种预后不良的进展性疾病,其危险因素复杂多样,通过分析其危险因素有助于早期干预、辅助诊疗并改善预后。层次分析法(AHP)是一种多决策分析方法,广泛应用于医学领域。本文首先简要介绍 ARAS 的危险因素,并概述 AHP 基本原理。重点介绍基于 AHP 构建 ARAS 危险因素预测模型的过程,探讨 AHP 在临床领域的应用意义。

[中图分类号] R543

[文献标识码] A

Research on the Prediction Model of ARAS Risk Factors Based on Analytic Hierarchy Process

MENG Xiang-Yi¹, LIU Shang-Hui², ZHANG Qing³, and ZHANG Zhe³

(1.Student of Seven-year-program in Grade 2010, 2.Department of Computer Teaching and Research, 3.Student of Seven-year-program in Grade 2011, China Medical University, Shenyang, Liaoning 110122, China)

[KEY WORDS] Analytic Hierarchy Process; Atherosclerotic Renal Artery Stenosis; Risk Factor; Prediction Model

[ABSTRACT] Atherosclerotic renal artery stenosis (ARAS) is a progressive disease with poor prognosis, and its risk factors are complex and various. Analysis of ARAS risk factors is helpful for early intervention, adjuvant diagnosis and therapy, and improving prognosis. Analytic hierarchy process (AHP) is a kind of multi decision analysis method, which is widely used in medical field. In this paper, firstly, the risk factors of ARAS are briefly introduced, and the basic principles of AHP are summarized. This paper focuses on the process of constructing ARAS risk factors prediction model based on AHP, and discusses the significance of AHP application in clinical field.

动脉粥样硬化性肾动脉狭窄(atherosclerotic renal artery stenosis, ARAS)是一种进展性疾病,通常由于动脉粥样硬化导致,是动脉狭窄性疾病最常见的类型。ARAS 是导致继发性高血压的第二大病因,其预后不良可致缺血性肾病,致病率和致死率很高^[1-2]。因此对其危险因素分析可以达到早期甄别出患 ARAS 高风险人群,从而提高诊疗水平,改善 ARAS 预后。ARAS 危险因素复杂多样,如年纪超过 60 岁、女性、患冠状动脉疾病(coronary artery disease, CAD)等^[3]。目前对其危险因素的研究方法主要都局限于定性研究,且评价方法都相对复杂。如何对危险因素的定量化,建立一个能够快捷简便

评价的模型将是我们研究的重点。

层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)是一种定性与定量相结合的多准则决策方法,能辅助人们解决复杂问题^[4]。其优势在于能够将复杂问题结构化、量化、一致性检验的自发性、灵活性,且能与其他的决策分析方法相结合,获得不同方法综合应用的好处,从而形成更好的决策方式。AHP 在医学领域的应用日益增多,在疾病诊断、病人参与、治疗、器官移植、项目和技术评价及选择、人力资源计划、卫生保健评价和政策等方面都有相关研究^[5]。因此本文旨在探讨 AHP 应用于 ARAS 危险因素评价,并构建一个简易的危险因素评价模型,

[收稿日期] 2015-07-24

[修回日期] 2016-02-04

[基金项目] 中国医科大学 2014 年大学生创新训练项目(2014089)

[作者简介] 孟香沂,中国医科大学 96 期七年制学生,研究生,研究方向为自身免疫性脑炎,E-mail 为 mengxy1992@163.com。通讯作者刘尚辉,硕士,副教授,研究方向为医学数据分析与挖掘,E-mail 为 lsh@126.com。张青,中国医科大学 97 期七年制学生,研究方向为医学数据分析与挖掘,E-mail 为 466319122@qq.com。

以辅助临床医生更便捷地甄别出 ARAS 高危患者。

1 AHP 方法

AHP 基本思想是将复杂问题分解为由目标、准则、方案 3 个元素构成的结构,其中目标层位于最顶层,准则层居于中间,方案层位于最底层。每一层的元素之间作成对比较,比较两元素之间的相对重要性,确定优势度(相对重要性)权重,最后一步确定各个方案的权重大小。基本结构如图 1 所示。

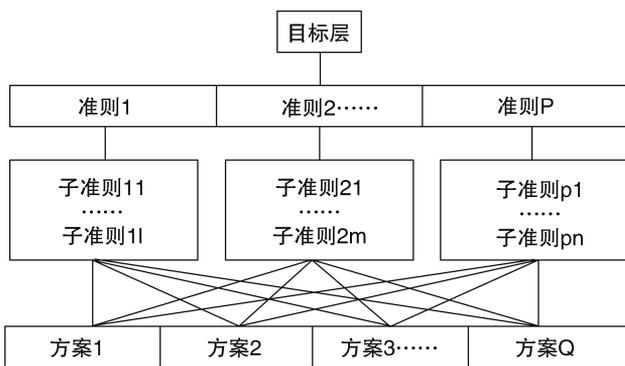


图 1. AHP 的结构
Figure 1. The structure of AHP

AHP 具体步骤及流程见图 2^[4]。(1)确定要解

决的问题或者要达到的目标。(2)将确定的问题层次化,构造 AHP 结构模型,自上而下依次为目标层、准则层和方案层。目标层位于最高层,一般而言只有一个元素。中间层为准则层,复杂问题的准则层还需要考虑子准则。此步骤非常重要,因为不同结构的最终方案排序不同。(3)两两比较矩阵建立,在层次结构建立以后,就需要确定每层元素相对于其隶属于上一层准则的重要性。对于复杂问题,各个元素对其上一层的重要性不能直接确定,通常用两两比较法来确定两个元素对上一层的相对权重。假设某一层次有 n 个因素,第 n 个因素的权重为 r_n ,用 r_i/r_j 表示元素 i 相对于元素 j 的重要性。(4)对(3)中构成的矩阵计算其最大特征根及对应特征向量,利用一致性指标 (consistency index, CI)、随机一致性指标 (random consistency index, RI) 和一致性比率 (consistency rate, CR) 做一致性检验。若检验通过,特征向量(归一化后)即为权向量;若不通过,需重新构造成对比较矩阵。(5)将(4)每一层计算得到的权向量进行汇总,根据公式计算得到的为方案层对目标的组合权向量。根据(4)中的检验公式做组合一致性检验,若检验通过,则可对最底层的方案按照权重进行排序,作出合理的评价或者决策。否则需要重新考虑模型或重新构造那些一致性比率较大的成对比较矩阵。

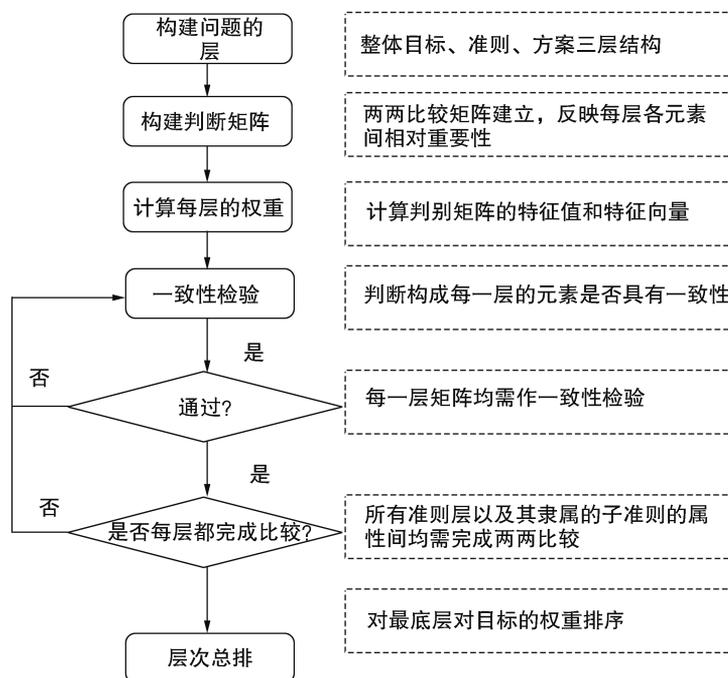


图 2. AHP 的流程
Figure 2. The flowchart of AHP

2 模型构建

尽管 AHP 在临床决策的应用日益广泛,但是在疾病危险因素预测方面的应用较少。疾病预测对疾病早期的预防、诊断都很重要, AHP 以其应用的简便、实用性为我们提供了新的思路。

2.1 确定 ARAS 危险评价指标

早在 1980 年就已有研究表明动脉粥样硬化与肾动脉狭窄有关联,因此最初认为 ARAS 与动脉粥样硬化有着一些共同的危险因素,这些因素包括:年龄>65 岁、女性、高脂血症、高血压、糖尿病、CAD (两支及以上冠状动脉病变、左主干冠状动脉病变)、外周血管疾病(peripheral vascular disease, PVD)、淤血性心力衰竭、肾功能不全、脑卒中、吸烟、肥胖、服用心血管药物史、冠状动脉搭桥术史^[6-7]。这些危险因素一度被认定与 ARAS 密切相关,近年来还相继提出了一些急性危险因素^[8]:肌酐(creatinine, Cr)、C 反应蛋白、同型半胱氨酸、纤维蛋白原、血清脂蛋白升高。然而随着研究的不断深入,ARAS 的危险因素越来越富有争议。有学者认为只有年龄、冠状动脉病变支数、高血压是 ARAS 的独立危险因素,少见的说法也认为肾功能不全(血

清 Cr 升高或肾小球滤过率降低)也是独立危险因素,而性别、吸烟、淤血性心力衰竭、糖尿病、高脂血症以及体质指数并非独立危险因素。一些学者提出糖尿病并不会增加患 ARAS 的风险^[6,8-10]。对近几年发现的急性危险因素,有学者认为肌酐水平升高和高敏 C 反应蛋白是 ARAS 的预测因素,而同型半胱氨酸、纤维蛋白原、脂蛋白并不能增加患 ARAS 的风险^[8]。

鉴于研究者对 ARAS 危险因素的莫衷一是,本文通过查阅文献,确定出目前研究中获得广泛认可且能够强烈预测 ARAS 的危险因素包括:女性、年龄>65 岁、PVD、高血压病史、CAD、血肌酐水平升高。以 X 表示危险因素,包括如下 6 个基本因子, X₁: 女性, X₂: 高龄(年龄>65 岁), X₃: PVD, X₄: 高血压, X₅: CAD, X₆: 血肌酐水平升高。

2.2 层次分析定权

确定了危险因素后,构建 ARAS 危险因素的 AHP 模型,如前所述,一般意义上 AHP 模型的结构分为目标层、准则层、方案层。但本文主要应用 AHP 实现危险因素定量化,因此构建 ARAS 危险因素层次结构(图 3)。

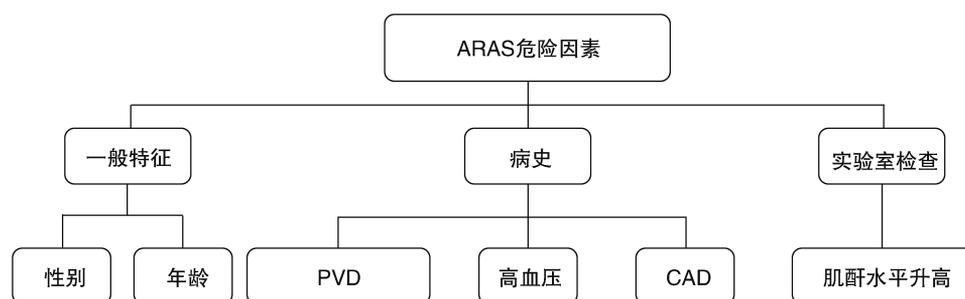


图 3. ARAS 危险因素的 AHP 模型

Figure 3. AHP model for ARAS risk factors

层次分析定权通过两两比较实现,即危险因素 X_i 相对于 X_j 重要性用 X_i/X_j 表示,其数值通过 Saaty 提出的 1~9 比例标度法量化,也称为 9 标度法^[4]。标度数值以及对应的意义见表 1。

ARAS 危险因素重要度排序为:PVD、CAD、年龄、高血压、性别、血肌酐水平。两两危险因素之间相对重要性如下面矩阵所示(表 2),每个数值表示该数值对应的该列危险因素相对于该行所对应的危险因素的重要度。

按照 AHP 原理,计算每个指标的最终权重。矩阵计算通过 Excel 2013 实现,矩阵的特征值 $\lambda_{\max} =$

6.5797,计算所得各项危险因素权重分配(表 3)。一致性检验:应用公式 $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$, $CR = CI / RI$;若 $CR < 0.1$,则通过一致性检验。本文计算得 $CR = 0.092$,通过一致性检验,说明本文危险因素指标权重合理。

2.3 指标取值

为了便于计算,本文将计算所得权重乘以 100 得到最终权重,最后将每个指标对应得分乘以权重并求和,所得分值作为危险因素综合得分。根据表 3 权重值,得到危险因素评分公式: $Y = 6.14X_1 + 13.36X_2 + 44.21X_3 + 8.30X_4 + 25.31X_5 + 2.68X_6$ 。各个

变量意义为: X_1 : 性别指标得分; X_2 : 年龄指标得分; X_3 : PVD 得分; X_4 : 高血压得分; X_5 : CAD 得分; X_6 : 血肌酐得分。各指标的分值根据临床意义重要性定义, 具体分值根据文献^[11]获得。

表 1. Saaty 提出的 9 标度法

Table 1. The 9 scale method proposed by Saaty

标度	定义	解释
1	同等重要	两个因素对目标同等重要
3	稍微重要	两个因素相比, 一个因素比另一个因素稍微重要
5	明显重要	两个因素相比, 一个因素比另一个因素明显重要
7	强烈重要	两个因素相比, 一个因素比另一个因素强烈重要
9	极端重要	两个因素相比, 一个因素比另一个因素极端重要
2, 4, 6, 8	其重要性介于上述数值的中间	用于表达并不能明确定义的重要性若因素 i 与因素 j 的相对重要性不为 0, 则因素 j 与因素 i 的比较 $a_{ij} = 1/a_{ji}$

表 3. ARAS 危险因素权重评分

Table 3. Weight score of ARAS risk factors

一级指标	二级指标	三级指标	指标内容	数值	权重	最终权重			
ARAS 危险因素	一般特征	性别	男	0	0.0614	6.14			
			女	2					
		年龄(岁)	<65	0	0.1336	13.36			
			65~72	2					
			≥73	4					
			无	0			0.4421	44.21	
	有	4							
	病史	PVD	无	0	0.0830	8.30			
			有	4					
		高血压	<10 年	2	0.2531	25.31			
			≥10 年	4					
			CAD	无明显病变			0	0.0268	2.68
				左主干病变			1		
	2 支病变	3							
	3 支病变	4							
	实验室检查	血肌酐(mg/L)	<8.0	0	0.0268	2.68			
8.8~9.9			1						
10.0~11.9			3						
12.0~13.9			4						
14.0~15.9			6						
16.0~17.9			7						
18.0~19.9			9						
20.0~21.9			10						
≥22.0			12						

表 2. ARAS 危险因素比较矩阵

Table 2. Comparison matrix of ARAS risk factors

项目	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
X_1	1	1/3	1/7	1/3	1/6	5
X_2	3	1	1/5	3	1/3	6
X_3	7	5	1	6	3	9
X_4	3	1/3	1/6	1	1/5	4
X_5	6	3	1/3	5	1	7
X_6	1/5	1/6	1/9	1/4	1/7	1

根据该简单的定量模型, 对患者的 ARAS 危险程度进行打分, 得到的分值可以用于临床评估患 ARAS 风险, 从而为预防、早期诊断提供参考, 达到改善 ARAS 预后的目的。

3 模型应用

模型能够实际应用于临床是我们的最终目的, 下面以一组数据应用于该模型, 并评估模型的效用性。研究行肾动脉造影患者(1430 例)的相关指标, 其中明显肾动脉狭窄($RAS \geq 50\%$)患者有 197 例。病例中, 有 1 例 X 综合征, 其 CAD 评分根据临床意义定义为 1, 冠状动脉病变凡复发者评分为 4。

将最终评分公式输入到 Excel 表格, 逐项代入患者资料得出相应的危险因素得分。采用 SPSS

19.0 软件分析, 通过公式计算所得的评分结果用计量资料($\bar{x} \pm s$)表示。定量资料之间的比较采用 t 检

验,率的比较采用卡方检验,用受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)验证评分系统对 ARAS 的预测能力。应用 SPSS 19.0 绘制 ROC 曲线(图 4),计算出曲线下面积(area under curve, AUC),参考 ROC 曲线,计算出每个分值对应的截断值(cutoff)对应的特异度(specificity)以及敏感度(sensitivity),归纳出一个敏感度和特异度都较高的数值,其对应的分值为最佳截断值。

ROC 曲线 $AUC = 0.772$, AUC 值在 0.7~0.9 之间,则诊断价值中等,说明本文的评分系统有一定临床意义。计算约登指数最大为 0.423,该值对应的敏感度为 0.788,特异度为 0.635,对应的评分为 78.19。该评分系统的最佳截断值为 78.19,若预测得分高于截断值,则说明该患者有较大风险患 ARAS,需要引起注意。

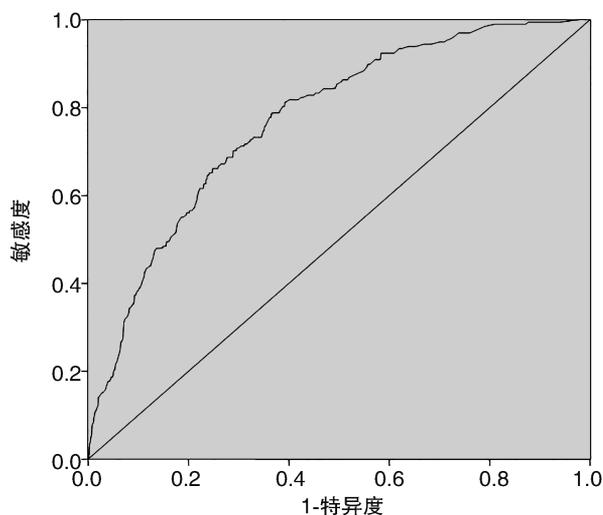


图 4. ROC 曲线

Figure 4. ROC curve

4 讨论

AHP 是一种广泛应用的决策分析方法。自从 1997 年以来,AHP 在医学领域的应用已经呈现良好的势头。同时,我们也注意到 AHP 在医学中的应用主要集中在卫生技术评估、医院信息系统项目管理方面,在临床中的应用较少。AHP 在临床领域的应用正受到越来越多研究者的关注,其优势在于其能够层次化复杂的模型,同时结合定性与定量分析,区别于传统临床医生单纯依靠经验的决策方式,符合未来医学发展的趋势。本文通过应用 AHP 构建出一个简便且量化的 ARAS 危险因素模型,说明

AHP 在医学领域确可有更广泛更深入的应用。

但该模型还具有局限性,尚需要临床数据验证其效用性。文献中在对各危险因素排序中通常采用 Delphi 法即专家咨询法对各个因素排序^[12],但由于专家咨询小组建立较难等条件限制,本文在各个危险因素重要度排序上,主要依据查阅国外文献排序,尚需专家评估。毋庸置疑的是,本文提出了新的思路,可以进一步探讨 AHP 或其他分析方法在医学领域的应用。

[参考文献]

- [1] Conlon PJ, Little MA, Pieper K, et al. Severity of renal vascular disease predicts mortality in patients undergoing coronary angiography [J]. *Kidney Int*, 2001, 60(4): 1490-497.
- [2] Kawarada O, Yokoi Y, Morioka N, et al. Renal artery stenosis in cardio- and cerebrovascular disease[J]. *Circ J*, 2007, 71(12): 1942-947.
- [3] Bageacu S, Cerisier A, Isaaz K, et al. Incidental visceral and renal artery stenosis in patients undergoing coronary angiography[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2011, 41(3): 385-390.
- [4] Mordeson JN, Wierman MJ, Clark TD, et al. The Analytic Hierarchy Process[M]. Springer Berlin Heidelberg, 2013; 93-117.
- [5] Schmidt K, Aumann I, Hollander I, et al. Applying the Analytic Hierarchy Process in healthcare research: A systematic literature review and evaluation of reporting[J]. *BMC Med Inform Decis Mak*, 2015, 15(1): 112.
- [6] Vahedparast H, Pourbehi MR, Amini A, et al. Renal artery stenosis and its predictors in hypertensive patients undergoing coronary artery angiography[J]. *Iran J Radiol*, 2011, 8(4): 235-240.
- [7] Yu TM, Sun CS, Lin CL, et al. Risk factors associated with end-stage renal disease (ESRD) in patients with atherosclerotic renal artery stenosis: A nationwide population-based analysis[J]. *Medicine*, 2015, 94(21): e912.
- [8] Benjamin MM, Poorya F, Giovanni F, et al. Prevalence of and risk factors of renal artery stenosis in patients with resistant hypertension [J]. *Am J Cardiol*, 2014, 113(4): 687-690.
- [9] Paraskevas KI, George H, Cross JM, et al. Atherosclerotic renal artery stenosis: Association with emerging vascular risk factors [J]. *Nephron Clin Pract*, 2007, 108(1): c56-c66.
- [10] Tanemoto M. Diagnosis and therapy of atheromatous renal artery stenosis[J]. *Clin Exp Nephrol*, 2013, 17(6): 765-770.
- [11] Cohen MG, J Andrés P, Marta GB, et al. A simple prediction rule for significant renal artery stenosis in patients undergoing cardiac catheterization[J]. *Am Heart J*, 2005, 150(6): 1204-211.
- [12] Jorm AF. Using the Delphi expert consensus method in mental health research [J]. *Aust N Z J Psychiatry*, 2015, 49(10): 887-897.

(此文编辑 曾学清)