

· 临床研究 ·

## 应用人工神经网络模型优选心脏穿透伤急诊分类方法

杨波<sup>1</sup>, 张永恒<sup>1</sup>, 夏洪韬<sup>1</sup>, 杨建<sup>2</sup>

(1. 四川省遂宁市中心医院胸心外科 629000; 2. 四川大学华西医院胸心外科, 成都 610041)

**摘要:**目的 对心脏穿透伤(PCT)急救时可用的两种分类法(分型法、分期法)进行比较, 优选出较为适用的急诊分类法。**方法** 应用人工神经网络(ANN)模型, 模拟急诊室医师诊断 PCT 的临床思维过程, 将急诊室医师所用的诊断依据作为网络模型输入变量, 包括患者胸部受伤部位、到达急诊室时收缩压、心率、意识等临床特征; 将分型法和分期法作为输出变量, 通过多层感知器神经网络(MLP)模型分析 PCT 患者临床特征与其分型(分期)之间的映射关系, 从而优选出准确率较高的分类法。**结果** 通过 MLP 建立的 PCT 分类模型以 14→3→7 三层网络结构为最优。训练样本中, 临床分型法总准确率(84.8%)与临床分期法总准确率(93.7%)比较, 差异无统计学意义( $P>0.05$ ); 测试样本中, 临床分型法总准确率(73.9%)与临床分期法总准确率(100.0%)比较, 差异有统计学意义( $P<0.05$ ); 保留样本中, 临床分型法总准确率(67.7%)与临床分期法总准确率(93.5%)比较, 差异有统计学意义( $P<0.05$ )。**结论** 心脏穿透伤急救时按临床分期法指导分类、救治, 判断更为简便, 准确率更高, 值得临床推广应用。

**关键词:** 人工神经网络; 多层感知器; 心脏损伤; 穿透伤; 分类

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2010.15.027

中图分类号: R654; R459.7

文献标识码: A

文章编号: 1671-8348(2010)15-2002-03

## Better method of classification for penetrating cardiac trauma selected by artificial neural network

YANG Bo, ZHANG Yong-heng, XIA Hong-tao, et al.

(1. Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Suining Central Hospital, Sichuan Province, Suining 629000, China;

2. Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Huaxi Hospital Sichuan University, Chengdu 610041, China)

**Abstract: Objective** To compare two methods of classification for penetrating cardiac trauma(PCT), including clinical type and clinical stage, and to determine which one is better for clinical application. **Methods** Artificial neural network(ANN) was applied for the diagnosis of PCT, just as the judgement course of PCT by doctors in emergency room. Input variables included victims' sex, age, body constitution, chest injury position, systolic pressure, pulse pressure, heart rate, respiratory rate, GCS score. Two methods of classification for PCT were used as output variables. Mapping relationships between input and output variables were analyzed by using Multilayer Perceptron(MLP) to select better classification method. **Results** 14→3→7 architecture of MLP was optimized as the best. In training sample, there was no significance between two methods of classification(84.8% VS 93.7%, respectively,  $P>0.05$ ). But significance was found in testing sample(63.9% VS 100.0%, respectively,  $P<0.05$ ), as well as in holdout sample(67.7% VS 93.5%, respectively,  $P<0.05$ ). **Conclusion** For its convenience and accuracy, Classifying PCT according to the clinical stage in early treatment is better than another method, so staging of PCT is worth being spreaded in clinic work.

**Key words:** artificial neural network; multilayer perceptron; cardiac trauma; penetrating trauma; classification

心脏穿透伤(penetrating cardiac trauma, PCT)是胸外伤危重症, 病死率高。据国内外相关报道, PCT 总死亡率为 25%~90%<sup>[1-4]</sup>。将 PCT 患者做适当分类, 对加强手术针对性、提高救治成功率有重要意义。近年来已有许多学者使用传统统计方法对其临床分类进行了研究<sup>[5-9]</sup>。但传统线性分析方法对数据类型和分布有一定要求, 因此对 PCT 临床特征与其类别之间的非线性关系研究存在困难。

人工神经网络(artificial neural networks, ANN), 是由大量简单神经元广泛相互连接而成的非线性映射和自适应动力系统。ANN 具有并行结构、高度容错性、自适应性和非线性综合推理能力等功能<sup>[10-11]</sup>, 为解决 PCT 临床特征与其类别间的非线性关系提供了一个全新而有效的途径。神经网络模型中最常用为误差反向传播(back propagation, BP)神经网络模型, 已广泛应用于医学、药学、环境科学等方面。多层感知器神经网络(multilayer perceptron, MLP)是常用的一种 BP 神经网络模型。

本文拟通过 MLP 建立 PCT 临床特征与其类别之间映射关系的模型。并模拟急诊室医师诊断 PCT 的临床判断过程, 应用模型对保留样本中病例进行预测分类, 从而优选出准确率

较高、更为适用的分类法, 指导 PCT 分类救治并改善患者预后。

**1 临床资料**

**1.1 一般资料** 本研究纳入对象均为心脏穿透伤患者。病例来源于四川省遂宁市中心医院及四川大学华西医院等西南地区三省市 9 个城市 21 家医院, 共 133 例, 均为刀刺伤。其中男 124 例, 女 9 例; 年龄(27.4±9.9)岁。平均解剖评分(ISS)为(24.4±6.2)分, 平均失血量为(110.6±78.5)mL, 合并胸内大血管损伤 3 例。无患者接受急诊室剖胸术, 接受手术室剖胸术 128 例, 急诊室死亡而未行手术治疗 5 例。共死亡 47 例, 总病死率为 28.5%。

**1.2 急救时使用的两种分类法及其定义** 根据患者就诊时临床表现, 分别用两种分类法进行分类。按临床分型分为 4 类: 亚临床型、心包填塞型、失血休克型和濒死型; 按临床时期分为 3 类: 亚临床期、临床期、濒死期(将心包填塞型和失血休克型均视为进入临床期)。各类别的定义及实际观察病例数见表 1。

**1.3 多层感知器神经网络设置**

**1.3.1 网络变量** 以急诊室医师诊断 PCT 时所用依据(即患

表 1 两种分类法及定义

分类法	定义	观察病例数(n)
亚临床期(亚临床型)	伤后时间较短,生命体征尚平稳,未出现典型临床表现。	35
临床期		
心包填塞型	伤后已进入临床期,出现心包填塞临床表现。	31
失血休克型	伤后已进入临床期,出现失血休克临床表现。	48
濒死期(濒死型)	有以下一项或多项者:血压测不出、大动脉搏动消失、呼吸停止、意识丧失等。	19

者临床特征)作为网络模型输入变量,包括性别、年龄、伤前体质、胸部受伤部位、到达急诊室时收缩压、脉压差、心率、呼吸、意识(GCS 评分)等。将临床分型和分期作为输出变量。隐含层的层数和神经元数由网络自动优化决定。

**1.3.2 样本分割** 按 6:2:2 比例随机将 133 例病例分割为训练样本、测试样本和保留样本。为保证网络模型稳定性,还应做到:(1)所有病例按住院号升序排列并保持不变;(2)在 SPSS 软件 Random Number Generator 模块中将随机数字初始值固定设置(本文为 2000000);(3)所有输入变量纳入网络模型顺序保持不变。

**1.3.3 参数设置** 隐含层的激励函数为双曲正切函数(hyperbolic tangent),输出层的激励函数为软最大函数(softmax)。训练优化算法为梯度下降法(gradient descent),初始学习率为 0.4,动量设置为 0.9,以减少模型振荡。

**1.4 统计学方法** 使用 SPSS16.0 统计软件进行数据处理,两组准确率比较使用  $\chi^2$  检验,检验水准=0.05。使用 Neural Networks 模块中 Multilayer perceptron 建立神经网络模型。

**2 结果**

**2.1** 通过 MLP 建立的 PCT 分类模型以 14→3→7 三层网络结构为最优,见表 2、图 1。

表 2 神经网络结构

网络结构	层数(层)	神经元数(个)	激励函数
输入层	1	14	—
隐含层	1	3	双曲正切函数
输出层	1	7	软最大函数

—:表示无此项。

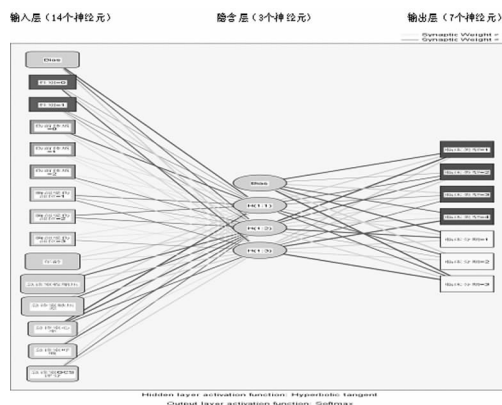


图 1 神经网络结构图

**2.2** 用建立的 MLP 模型对保留样本进行模拟分类,按临床分型法的总体预测准确率只有 67.7%,而按临床分期法的总体预测准确率为 93.5%,见表 3、4。

**2.3** 从神经网络对输入变量重要性报告中可见,判断 PCT 分

类时最重要的变量为收缩压,其次是脉压差、心率、GCS 评分等,见图 2。

表 3 临床分型变量预测分析结果

样本及实际类别	模型预测类别				预测正确率(%)
	亚临床型(n)	心包填塞型(n)	失血休克型(n)	濒死型(n)	
<b>训练样本</b>					
亚临床型	20	1	0	0	95.2
心包填塞型	2	13	3	0	72.2
失血休克型	1	4	21	1	77.8
濒死型	0	0	0	13	100.0
总体(%)	29.1	22.8	30.4	17.7	84.8
<b>测试样本</b>					
亚临床型	7	0	0	0	100.0
心包填塞型	0	2	3	0	40.0
失血休克型	0	3	5	0	62.5
濒死型	0	0	0	3	100.0
总体(%)	30.4	21.7	34.8	13.0	73.9
<b>保留样本</b>					
亚临床型	7	0	0	0	100.0
心包填塞型	0	4	4	0	50.0
失血休克型	1	4	7	1	53.8
濒死型	0	0	0	3	100.0
总体(%)	25.8	25.8	35.5	12.9	67.7

表 4 临床分期变量预测分析结果

样本及实际类别	模型预测类别			预测正确率(%)
	亚临床期(n)	临床期(n)	濒死期(n)	
<b>训练样本</b>				
亚临床期	20	1	0	95.2
临床期	3	41	1	91.1
濒死期	0	0	13	100.0
总体(%)	29.1	53.2	17.7	93.7
<b>测试样本</b>				
亚临床期	7	0	0	100.0
临床期	0	13	0	100.0
濒死期	0	0	3	100.0
总体(%)	30.4	56.5	13.0	100.0

表 4(续) 临床分期变量预测分析结果

样本及实际类别	模型预测类别			预测正确率(%)
	亚临床期(n)	临床期(n)	濒死期(n)	
保留样本				
亚临床期	7	0	0	100.0
临床期	1	19	1	90.5
濒死期	0	0	3	100.0
总体(%)	25.8	61.3	12.9	93.5

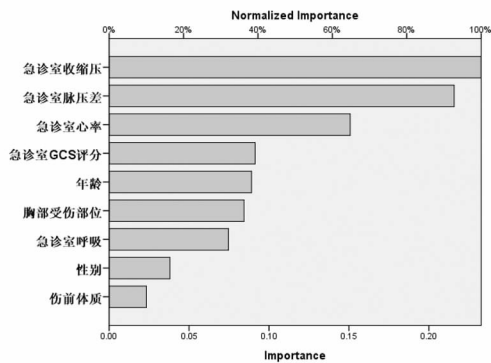


图 2 输入变量重要性图示

### 3 讨论

PCT 是胸外伤危急重症,其自然病程短,病情进展迅速。受伤后多数患者未经疾病发展的亚临床期阶段,短时间内即进入临床期,并迅速发展至死亡,病死率高。据国外相关报道,PCT 总死亡率为 25%~65%<sup>[1-3]</sup>。国内范士志等<sup>[4]</sup>统计 80%~90%PCT 患者在到达医院前死亡。由于 PCT 预后很差,临床医生应积极采取恰当的医疗干预措施以改善患者预后。在救治中对 PCT 进行适当分类,并根据不同类型采取不同手术方法,可以取得较满意的治疗效果<sup>[5,12]</sup>。因此 PCT 急救时使用恰当分类法具有重要临床意义。传统统计方法对 PCT 临床特征与其类别之间的非线性关系处理存在困难。

应用 ANN 模型能轻松地解决此类非线性关系处理问题。Hornik 等<sup>[13]</sup>在理论上已证明,神经网络能任意逼近一大类函数,揭示数据中所蕴含的非线性关系。根据已学会的知识和处理问题的经验,神经网络可对复杂问题做出合理判断。MLP 通过对训练样本和测试样本进行学习,并以此为基础建立模型。若预先分割有保留样本,则可用其进一步检验模型的泛化推广能力。由于建立网络模型过程中未使用保留样本,因此用保留样本检验能更真实地反映模型精确度。

本研究训练样本中,神经网络模型对两种分类结果判断准确率差异无统计学意义。而在应用保留样本检验时,模型对临床分期的预测准确率较高(93.5%),并优于对临床分型的预测准确率(67.7%)。在训练样本、测试样本和保留样本中,模型对心包填塞型和失血休克型进行分类判断准确率都不高,保留样本中二者准确率仅为 50.0%左右;而将心包填塞型和失血休克型合并为临床期进行判断,其准确率为 90.5%。可见,在 PCT 急救处理中按临床时期分类,不仅相对简便(仅有 3 类),而且更加准确,因此该方法值得临床推广应用。

张晓膺等<sup>[14]</sup>在 Tavares 分类基础上,将心脏损伤患者分为 3 级抢救:I 级是入院时无血压脉搏,抢救措施是在急诊室

内进行紧急心肺复苏,血压回升者送手术室行剖胸术,不成功者就地行剖胸术;II 级是入院时血压小于 90 mm Hg,抢救措施原则是送手术室行剖胸术;III 级是入院时血压大于 90 mm Hg,对此类患者尽可能收集全部临床资料,并保证手术成功率。作者认为,将心脏损伤患者分级抢救的基本思想与本文相同,即在心脏损伤急救时使用简便、有效的分类方法来指导抢救过程,避免刻意去鉴别患者属于心包填塞型或失血休克型,费时且误判率高。

神经网络中输入变量的重要性是各个应变变量在建立模型中所起作用的大小。本研究结果显示,对 PCT 做出分类诊断时最重要的依据是患者收缩压,其次是脉压差、心率、意识等指标。临床医师在诊断 PCT 时,应充分掌握这些指标的重要性,并依据其重要程度作出综合判断。

### 参考文献:

- [1] Wall MJ Jr, Mattox KL, Chen CD, et al. Acute management of complex cardiac injuries[J]. J Trauma, 1997, 42(5):905.
- [2] Mittal V, McAleese P, Young S, et al. Penetrating cardiac injuries[J]. The Am Surg, 1999, 65(5):444.
- [3] Harris DG, Papagiannopoulos KA, Pretorius J, et al. Current evaluation of cardiac stab wounds[J]. Ann Thorac Surg, 1999, 68(6):2119.
- [4] 范士志, 蒋耀光, 陈建明, 等. 穿透性心脏损伤的诊断与治疗[J]. 创伤外科杂志, 1999, 1(1):13.
- [5] 王荣平, 殷桂林, 胡建才, 等. 心脏穿透伤的临床分型及意义[J]. 中华创伤杂志, 2007, 23(11):847.
- [6] 石应康, 田子朴, 袁宏声, 等. 穿透性心脏损伤的临床分型与处理[J]. 中华创伤杂志, 1994, 10(2):60.
- [7] 梁贵友, 石应康, 杨建, 等. 心脏穿透伤 224 例的临床分型和处理[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2003, 10(1):22.
- [8] 杨建, 石应康, 冯锡强, 等. 胸伤合并多发伤的临床特征与分型——救治 10 738 例创伤住院患者回顾研究[J]. 中华创伤杂志, 2002, 18(5):283.
- [9] 陈旭, 罗晖. 穿透性心脏损伤 41 例救治分析[J]. 重庆医学, 2008, 37(4):412.
- [10] Ahmed FE. Artificial neural networks for diagnosis and survival prediction in colon cancer[J]. Mol Cancer, 2005, 4:29.
- [11] 宋焯, 杨本付. 人工神经网络及其在疾病诊断中的应用[J]. 中华医学实践杂志, 2006, 5(3):275.
- [12] 吴世友, 陈灏, 吴洪坤, 等. 贯穿性心脏损伤 23 例治疗分析[J]. 重庆医学, 2009, 38(9):1101.
- [13] Hornik K, Stinchcombe M, White H. Multi-layer feedforward networks are universal approximators[J]. Neural Network, 1989, 2:359.
- [14] 张晓膺, 范晋明, 高克柔, 等. 心脏损伤分级抢救体会[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 1997, 4(1):5.

(收稿日期:2009-09-18 修回日期:2010-01-12)