

基于因子分析法和数据包络法的 三级医院科研投入产出效率评价

陈舒盈,黄晓光,王梦圆,陆雅文

南京医科大学医政学院,江苏 南京 211166

摘要:目的:对8家样本三级医院在2011—2016年期间的科研投入产出效率进行数据包络法(data envelopment analysis,DEA)分析,为提高三级医院科研效率提出合理建议。方法:利用因子分析对有关科研的投入产出指标进行筛选,通过DEA对三级医院的科研投入产出效率进行研究。结果:8家三级医院的科研投入效率在2011—2016年间均出现不同程度的非DEA有效,综合医院的科研投入产出效率总体高于专科医院;科研管理能力方面,专科三级医院虽稳步提升,但总体仍低于综合医院;科研资源配置方面,综合医院的主要问题是投入冗余,专科医院则主要出现投入不足。结论:政府及医院科研管理部门应努力搭建不同类型医院之间以及和高校间的科研交流平台,以提升三级医院总体科研投入产出效率。通过完善专科医院的科研管理机制和人才培养机制,实现科研创新发展,同时应进一步提升医院科研经费分配的科学性和多样性。

关键词:科研;因子分析;数据包络法;医院

中图分类号:R197.3

文献标志码:A

文章编:1671-0479(2018)01-047-006

doi:10.7655/NYDXBSS20180112

随着我国社会经济的快速发展和科教兴国战略的实施,国家、医院及企业正不断加大对医学科学研究和技术开发的投入,医院的科研经费来源也由原来较单一的政府资助模式逐渐转变为医院支持、企业合作、国际合作、基金资助等多渠道、多层次的投入方式^[1],获得经费数量也在不断增加。因此,开展三级医院科研投入产出效率的研究,不仅可以为政府及其他机构对科研投入资金在不同主体间的分配提供参考^[2],而且也可作为科研管理模式的改进及医学研究优先领域的部署提供依据。

一、数据与方法

(一)研究方法

因子分析(data reduction factor, DRF)是对数据进行降维处理的分析方法,其原理是对变量相关系数矩阵进行分析,用较少的指标反映原始变量的绝大部分信息^[3]。该方法可用于多指标的综合评价,特别是适用于多指标间共线性的综合评价系统^[4]。

数据包络法(data envelopment analysis, DEA)是一种非参数统计学方法。该方法把每个被评价单位作为一个决策单元(DMU),通过对各投入和产出比例的综合分析,构造目标函数,确定各DMU的前沿,并根据各DMU与有效生产前沿的距离状况,确定各DMU是否有效及低效率的来源^[4]。由于该方法避免用主观标准确定效率,以最优化过程确定指标权重,故客观性较强,管理者由此可获得许多有用的管理信息,并以此为依据进行调整,指导实际工作^[5]。本研究通过数据包络法计算三级医院科研投入产出的效率情况,其结果的经济解释为:当决策单元综合技术效率值为1且投入和产出变量的松弛值都为0时,称该单元为DEA相对有效,表示该医院的科研投入产出达到帕累托最优;当决策单元综合技术效率值小于1,称该单元为DEA相对无效,表示该医院存在不同程度的投入冗余和或产出不足。

(二)数据来源

考虑到科研投入产出指标的一致性,本研究以南京市的三级医院作为研究对象。在医院的选择

基金项目:江苏省科技厅软科学研究计划项目“二级以上医院创新能力评估的模型研究”(BR2013081)

收稿日期:2017-09-23

作者简介:陈舒盈(1992—),女,江苏苏州人,硕士研究生在读,主要研究方向为卫生事业管理、卫生经济学;黄晓光(1964—),男,江苏丹阳人,副教授,研究方向为卫生经济,通信作者。

上,南京市除去部队医院,三级医院共21家,其中综合医院6家,专科医院15家,按40%等比例抽取,共8家三级医院作为研究对象,其中三级综合医院2家,编号A1~A2,三级专科医院6家,编号B1~B6。根据数据可获得性的要求,本研究时间范围为2011—2016年。数据主要通过所属南京市卫计委科技处填报和各医院科技科根据当年实际情况填报获得,具有客观公正性和可检验性。

二、评价体系的构建

(一)原始投入产出变量

通过文献阅读可以发现,医院的科研投入包含有形投入和无形投入。人、财、物的投入属于有形投入,医院相关政策及科研工作环境等主要作为无形投入^[6]。目前,针对医院科研投入的研究主要集中在有形投入的研究上。同时,现代医院科研产出主要指各种形式的科研成果,主要包括发表的学术论文数量、科研成果转化实际收入及科研成果获奖项数等^[7]。

由于DEA模型的输入输出指标个数必须小于或等于决策单元样本数量的二分之一。因此,本研究先对数据进行归一化处理,然后运用因子分析选出主要影响指标,在此基础上再进行DEA的医院静态效率分析。结合文献综述和当地三级医院科研投入产出活动的实际情况以及专家的咨询建议,最后确定原始投入变量为:江苏省“科教兴卫”经费、南京市重点实验室经费、科研课题立项经费(包括国家级科研项目、省部级科研项目、厅级科研项目、局级科研项目、市级和相当级别科研项目以及与国外机构合作科研项目经费)、中华系列医学会常委及以上人数(包括中华医学会、中医药学会、中西医结合学会、护理学会、口腔专业学会)、江苏省医学会副主委及以上人数(包括江苏省医学会、中医药学会、中西医结合学会、护理学会、口腔专业学会)、北大核心期刊副主编及以上人数、科技统计源期刊副主编及以上人数,分别编号为 $X_1 \sim X_7$ 。选择原始产出变量为:当年发表论文总数、国内北大核心期刊发表论文数、SCI发表论文数以及医学新技术引进奖励资金,分别编号 $Y_1 \sim Y_4$ 。

(二)投入变量因子分析

本研究在初始阶段共选取7个投入变量。在因子分析前,首先对7个变量进行KMO检验和Bartlett球形检验。检验结果显示KMO值为0.841,相应的Bartlett球形检验显著性水平接近于0,说明抽样充足,选取的指标数据之间具有一定相关性,可以采用因子分析方法对投入变量进行降维处理。对7个原始投入变量进行因子分析,求得相应主成分方差贡献率及方差累计贡献率情况。可知,本次因子分

析过程共提取了2个公因子,且两者的方差累计贡献率达到96.089%,它们所代表的信息量能够比较充分地提供原始变量的信息。对7个原始投入变量的因子分析旋转成分矩阵情况进行分析可以发现,与公因子1相关性最大的原始投入变量是“科研课题立项经费”,与公因子2相关性最大的原始投入变量是“南京市重点实验室经费”(表1)。

表1 投入指标旋转成分矩阵

变量	成分	
	1	2
X1 江苏省“科教兴卫”经费	0.923	-0.074
X2 南京市重点实验室经费	0.926	0.362
X3 科研课题立项经费	0.940	-0.324
X4 中华系列医学会常委及以上人数	0.915	0.361
X5 江苏省医学会副主委及以上人数	0.934	-0.328
X6 北大核心期刊副主编及以上人数	0.925	0.344
X7 科技统计源副主编及以上人数	0.917	-0.332

(三)产出变量因子分析

在对7个投入原始变量进行因子分析的基础上,开展针对4个产出变量的因子分析。进行因子分析之前,先对4个产出变量进行KMO检验和Bartlett球形检验。检验结果显示,KMO值为0.704,Bartlett球形检验显著性水平接近0,表明4个产出指标间有共同因素,适合做因子分析。在对4个原始产出变量进行因子分析过程中,求得相应主成分的方差贡献率及方差累计贡献率,从中可以发现,本次因子分析过程共提取了2个公因子,且两者的方差累计贡献率达到89.36%,它们所代表的信息量能够比较充分地提供原始变量的信息。

4个原始投入变量可分解为2个公因子。其中,与公因子1相关性最大的原始投入变量是“发表论文总数”,与公因子2相关性最大的原始投入变量是“医学新技术引进奖励资金”(表2)。

表2 投入指标旋转成分矩阵

变量	成分	
	1	2
Y1 发表论文总数	0.952	-0.120
Y2 国内北大核心期刊论文数	0.898	-0.063
Y3 SCI论文数	0.916	-0.070
Y4 医学新技术引进奖励资金	0.241	0.970

(四)投入、产出变量最终确定

本研究最终选择“科研课题立项经费”和“南京市重点实验室经费”作为DEA模型的投入指标,“发表论文总数”和“医学新技术引进奖励资金”作为DEA模型的产出变量。在投入指标方面,可以很好反映科研投入的课题经费情况和用于医学科学研究的实验室建设情况。在产出指标方面,可以很好反映医学论学术产出情况和医学成果转化情况。

三、DEA 静态科研投入产出效率结果

(一)三级医院 2011—2016 年科研投入产出综合技术效率

技术效率的概念最早是由 Farrel 提出来的,他将其理解为“在相同的产出下生产单元理想的最小可能性投入与实际投入的比率”^[8]。表 3 反映了样本医院在 2011—2016 年间综合技术效率的情况。从总体上看,所选取 8 家样本医院在 6 年间的综合技术效率平均值 0.801。8 家医院中综合技术效率平均值最高值为 1,最低值为 0.392,样本个体间差异明显。未有医院在 6 年内均处于 DEA 相对有效。

表 3 三级医院 2011—2016 年科研投入产出综合技术效率值

医院名称	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	平均值
A1	1.000	0.912	0.898	0.962	1.000	1.000	0.962
A2	0.786	0.784	0.978	0.863	0.707	0.697	0.803
B1	0.823	0.812	0.764	1.000	0.874	0.748	0.837
B2	0.517	0.586	0.643	0.937	0.757	0.784	0.704
B3	0.531	0.590	0.766	0.551	0.567	0.551	0.593
B4	0.694	0.853	0.935	1.000	1.000	0.938	0.903
B5	0.535	1.000	0.738	1.000	0.894	0.392	0.760
B6	0.763	0.980	0.646	0.684	1.000	1.000	0.846
平均值	0.706	0.815	0.796	0.875	0.850	0.764	0.801

将 8 家三级医院分为综合医院和专科医院,对其综合技术效率的平均值进行对比分析,不同类型三级医院综合技术效率变化趋势图可以直观反映 2011—2016 年间综合三级医院和专科三级医院综合技术效率的变化趋势(图 1)。从图中可以看出,综合三级医院的技术效率平均值每年均高于专科三级医院,经计算得到 6 年间综合医院综合技术效率平均值为 0.882,专科医院综合技术效率平均值为 0.774。

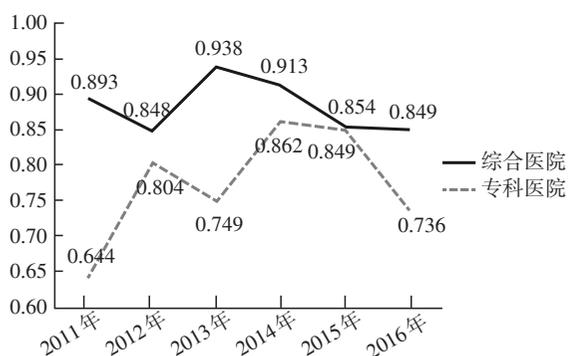


图 1 不同类型三级医院综合技术效率变化趋势图

(二)样本三级医院的单纯技术效率分析

综合技术效率可分解为单纯技术效率和规模效率。单纯技术效率在本研究中可理解为由于医院科研管理和科研技术等因素影响的生产效率^[8]。

同时,2013 年 8 家样本医院均未达到 DEA 有效。从样本个体上看,A1 医院在 2011—2016 年间有 3 年处于综合技术效率相对最优,B4、B5 以及 B6 3 所医院均有 2 年处于综合技术效率相对最优,B1 医院有 1 年处于综合技术效率相对最优,另有 3 家医院在 6 年间综合技术效率均未达到过最优。说明目前三级医院还有大量科研资源的使用没有达到最优水平。从时间序列上看,选取的 8 家医院综合技术效率平均值在 2011—2016 年间总体在 0.70~0.87 之间波动,发展较为平稳。在 2014 年 8 家三级医院的综合技术效率平均值达到最优,为 0.875,2011 年综合技术效率平均值最低,为 0.706。

表 4 反映 8 家三级医院在 2011—2016 年间的单纯技术效率情况。从总体上看,8 家医院的单纯技术效率相对于综合技术效率来说相对较高,说明医院在科研管理方面优秀的管理技术和运营机制为其纯技术效率的提高做了一定的贡献。从样本个体上看,2011—2016 年间单纯技术效率值最高的为 B5 医院,为 0.998,其次为 A1 医院,其值为 0.971,A2 医院排名第三。仅有 1 家医院 6 年间单纯技术效率平均值低于 0.8。6 家专科医院中有 5 家单纯技术效率在 2011—2016 年中出现过值为 1 的情况,仅 1 家 B3 医院未出现单纯技术效率相对最优的情况,但 B3 医院在 2011—2016 年间其单纯技术效率呈现稳步增长趋势。从时间序列上看,选取的 8 家医院单纯技术效率平均值在 2011—2016 年的发展总体相对平稳,总体稳定在 0.85~0.90 之间,呈“倒 V”型发展趋势。

将 8 家三级医院分为综合医院和专科医院,对其单纯技术效率的平均值进行对比分析,不同类型三级医院综合技术效率变化趋势图可以直观反映 2011—2016 年间综合三级医院和专科三级医院单纯技术效率的变化趋势(图 2)。通过对综合三级医院和专科三级医院的单纯技术效率均值变化趋势进行对比分析可以发现,从整体上看,两种类型的医院单纯技术效率在 2011—2016 年间均较为平稳,变化幅度都不大,综合医院维持在 0.9~1.0 之间,专

表4 三级医院2011—2016年科研投入产出单纯技术效率值

医院名称	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	平均值
A1	1.000	0.914	0.913	1.000	1.000	1.000	0.971
A2	1.000	0.892	0.997	1.000	1.000	0.781	0.945
B1	0.823	0.823	0.778	1.000	0.882	0.758	0.844
B2	0.980	0.858	0.833	1.000	0.906	0.944	0.920
B3	0.596	0.732	0.775	0.739	0.703	0.746	0.715
B4	0.698	0.862	1.000	1.000	1.000	0.990	0.925
B5	0.996	1.000	1.000	1.000	0.999	0.993	0.998
B6	0.811	0.998	0.665	0.867	1.000	1.000	0.890
平均值	0.863	0.885	0.870	0.951	0.936	0.902	0.901

科医院维持在0.8~0.9之间。从医院类型上看,2011—2016年间综合医院的单纯技术效率平均值总体较专科医院高,但专科医院单纯技术效率平均值在2011—2016年间呈缓慢增长趋势,甚至在2016年超过综合医院单纯技术效率值。

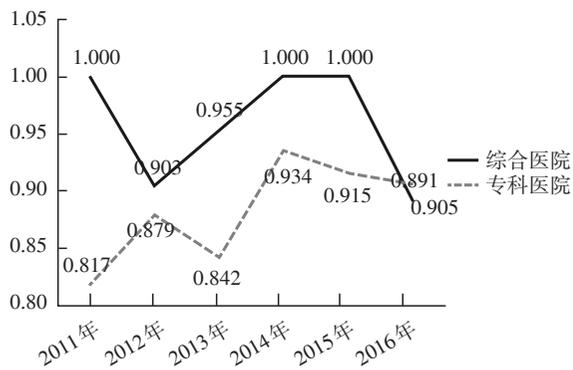


图2 不同类型三级医院单纯技术效率变化趋势图

(三)样本三级医院的规模效率分析

规模效率是由于规模因素影响的生产效率,在本研究中作为医院科研资源配置情况的效率指标。表5反映了8家样本医院在2011—2016年间规模效率的变化情况。从总体上看,所选取8家样本医院在6年间的规模技术效率平均值0.889,稍低于单纯技术效率的平均值0.901。8家医院中规模效率最高值最1,最低值为0.395。未有医院在6年内均处于DEA相对有效。从样本个体上看,不同医院之间规模效率差距较为明显。A1医院在2011—2016年间有3年处于规模效率最优,B1、B4、B5以及B6医院有2年处于综合技术效率相对最优。另有3家在6年间综合技术效率均未达到最优。从时间序列上看,选取的8家医院综合技术效率平均值在2011—2016年的发展总体在0.85—0.91之间波动,发展较为平稳。在2013年8家三级医院的综合技术效率平均值达到最优,为0.919,2011年综合技术效率平均值最低,为0.834。

表5 三级医院2011—2016年科研规模效率值

医院名称	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	平均值
A1	1.000	0.998	0.984	0.962	1.000	1.000	0.991
A2	0.786	0.880	0.980	0.863	0.707	0.892	0.851
B1	1.000	0.987	0.982	1.000	0.992	0.988	0.992
B2	0.528	0.683	0.772	0.937	0.835	0.830	0.764
B3	0.889	0.806	0.989	0.745	0.806	0.739	0.829
B4	0.994	0.991	0.935	1.000	1.000	0.948	0.978
B5	0.537	1.000	0.738	1.000	0.894	0.395	0.761
B6	0.941	0.981	0.970	0.789	1.000	1.000	0.947
平均值	0.834	0.916	0.919	0.912	0.904	0.849	0.889

通过规模报酬情况可以发现,在2011—2016年间规模效率均未达到相对最优的3家样本医院中,A2在6年间规模报酬均为递减,表明其主要原因是存在科研资源投入冗余情况,应适当减少资源的投入。B2和B3医院在6年间规模报酬均为递增,说明存在投入不足的情况,应适当增加投入。其他5所医院均存在不同程度的投入冗余或者投入不足。将8所医院分为综合医院和专科医院,综合医院的

主要问题是投入冗余,专科医院的主要问题是投入不足。

(四)综合技术效率、单纯技术效率、规模效率比较分析

将8家医院6年间综合技术效率、单纯技术效率以及规模效率的平均值通过变化趋势图进行对比分析可以发现,综合技术效率的趋势线与单纯技术效率趋势线走势基本一致,都呈现“M”型,而与规

模效率的趋势线走势差异较大,说明综合技术效率值主要受单纯技术效率的影响(图3)。

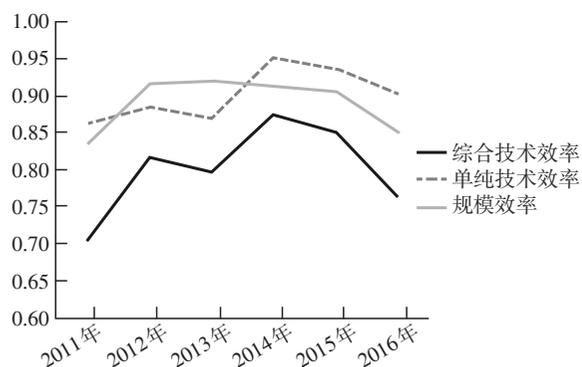


图3 综合技术效率、单纯技术效率、规模效率比较分析

四、讨论

8家样本医院在2011—2016年期间均出现非DEA有效的情况,综合医院的科研投入产出效率总体高于专科医院。经计算,8家样本医院在2011—2016年期间的综合技术效率值均存在小于1的情况,且2013年8家样本医院均未达到DEA有效。2011年的综合技术效率平均值在这6年期间处于最低,仅为0.706,说明当年有29.4%的科研资源没有得到合理利用。政府部门和医院科研管理相关部门应通过科学有效的手段,提高三级医院的整体科研效率。与此同时,通过比较也可发现,每一年综合医院的综合技术效率的平均值均高于专科医院,说明专科医院在科研投入产出效率方面与综合医院仍有一定差距。

专科三级医院的单纯技术效率在2011—2016年间得到稳步提升,但总体仍低于综合三级医院。结合综合技术效率、单纯技术效率以及规模效率的趋势线可以发现,提升医院的科研管理能力是提高三级医院科研投入产出效率的关键。在此基础上,通过对样本医院的单纯技术效率进行分析可以发现,2011—2016年间专科医院单纯技术效率的平均值虽总体低于综合医院,但从其发展趋势来看,专科医院的单纯技术效率在这6年间总体处于稳步提升的状态。说明虽然在科研管理和科研技术方面,专科医院与综合医院仍有一定差距,但近几年来,专科医院的科研管理部门也在不断优化科研管理质量,相关科研人员的自身素质也得到不同程度的进步与发展,使得医院科研投入产出的单纯技术效率有所提升。

综合三级医院的科研资源配置的主要问题是投入资源冗余,专科三级医院的科研资源配置的主要问题是投入相对不足。在对处于规模效率相对无效的决策单元进行规模报酬分析,可以发现,综

合医院中,A1医院仅2012年出现的规模报酬出现递增,其他时间段2家综合医院的规模报酬均呈递减,说明综合医院有关科研资源的投入存在不同程度的冗余。于此同时,对6家专科医院规模报酬进行分析发现,在2011—2016年间规模报酬递增的决策单元占比为85.71%,说明投入资源相对不足是目前专科医院在科研资源配置方面的主要问题。

五、建议

政府及医院科研管理部门应努力搭建不同类型医院与高校间的科研交流平台,提升三级医院总体科研投入产出效率。随着科学技术的快速发展,每项重大科技突破都是集合各方力量协力攻关的结果,多平台、多学科以及大样本的研究模式逐渐增多。因此,在政府部门引导下努力搭建不同类型医院间与高校间的科研交流平台,是促进学科技术交流,实现资源共享的一重要举措。通过构建交流平台,不仅能够增进不同机构间人才的交流合作,同时通过积极倡导分享相关科研资源和实验经验,如医学研究实验室、学术资源共享等,以实现科研资源的最大化利用,提高其科研投入产出效率。

完善专科医院的科研管理机制和人才培养机制,实现科研创新发展^[9]。与综合医院相比,专科医院的规模较小,也很少承担教学任务,无论是在科研管理人才还是医学科研型人才培养方面较综合医院来说都相对薄弱。因此,专科医院的相关管理人员应努力创新科研管理工作,运用现代化的管理手段,建立科学的管理体制及创新的管理方式,以此形成良好的科研工作氛围,为医院的科研创新发展提供保障^[10]。科研人员是科研的源动力^[11],专科医院通过制定科学合理的人才考察和培养机制,有目的地培养科研骨干,在提高大家对医学科学研究积极性的同时,不断完善科研人才队伍建设,以科研骨干为龙头,发挥专业特色优势,整体提升医院科研实力,使其投入的科研资源得到最大化的利用^[12]。

进一步提升各医院科研经费分配的科学性和多样性。政府相关部门应积极发挥自身作用,根据每一年各医院的科研投入产出效率情况来进一步调整各医院间的科研经费分配情况,建立起三级医院科研经费与科研投入产出效率相协调的经费管理机制,避免资源的浪费^[13]。对达不到获取相关经费要求但存在规模报酬递增的专科医院,鼓励其通过各种合法渠道积极筹措经费,如开展横向科研合作等,在获得可观课题经费同时,对医学科学的研究起到积极推进作用^[8]。

参考文献

[1] 于新颖,陈瑛,张焕萍,等. 对医院科研经费管理存在

- 问题的几点思考[J]. 中华医学科研管理杂志, 200, 19(2):94-95
- [2] 钟华,李海存,安新颖. 基于PCA-SFA的医院科研活动效率评价[J]. 医学信息学杂志, 2016, 37(10):57-61
- [3] 张秀颖,高孝伟. “一带一路”西部沿线省份经济开放水平评价——基于因子分析法和DEA-Malmquist模型的研究[J/OL]. 资源与产业, 2017, 19(2):48-56
- [4] 赵颖. 数据包络分析及TOPSIS等方法在医院临床科室效率诊断性评价中的比较研究[D]. 沈阳:中国医科大学, 2007
- [5] 崔洋海,何钦成. 数据包络分析方法在大型综合医院相对效率评价中的应用[J]. 中国卫生统计, 2008, 25(1):18-21
- [6] 赵洋. 新疆某三甲医院科研投入-产出评价指标体系建立的研究[D]. 乌鲁木齐:新疆医科大学, 2012
- [7] 李萍,崔鹏程. 省部共建地方高校文科科研投入产出分析——以南京信息工程大学为例[J]. 教育教学论坛, 2014(43):239-241
- [8] 姜彤彤. 985高校科研效率测算及区域差异对比[J]. 高等工程教育研究, 2014(4):35-40
- [9] 赵静,晏辰阳. 完善管理机制 提升军队医院科技创新能力[J]. 解放军医院管理杂志, 2010, 17(10):1008-9985
- [10] 牛雅蓉,郝彦琴,孙跃忠,等. 探讨综合医院科研管理队伍的建设[J]. 护理研究, 2015, 29(3):378-379
- [11] 夏彦恺,陆春城,王心如. 医学生对科研资源的认识和利用现状及展望——以南京医科大学为例[J]. 南京医科大学学报(社会科学版), 2011, 11(5):368-372
- [12] 周劲松,殷继超. 专科医院的科研管理[J]. 医院管理论坛, 2008, 25(1):41-44
- [13] 晋建军. 医院科研经费管理创新研究[J]. 中国外资, 2013(13):229-230

Evaluation of scientific research input output efficiency of tertiary hospitals based on factor analysis and data envelopment analysis

Chen Shuying, Huang Xiaoguang, Wang Mengyuan, Lu Yawen

School of Health Policy and Management, Nanjing Medical University, Nanjing 211166, China

Abstract: Objective: To analyze the input-output efficiency of 8 tertiary hospitals in 2011—2016 by data envelopment analysis (DEA), and put forward reasonable suggestions for the improvement of scientific research efficiency in tertiary hospitals. **Methods:** Using the method of factor analysis to screen the input and output indexes of the related scientific research, and to study the input-output efficiency of tertiary hospitals through DEA. **Results:** The efficiency of scientific research in 8 tertiary hospitals was non-DEA effective in different degrees in the period of 2011—2016. The efficiency of scientific research in the general hospital was higher than that of the specialized hospitals. In terms of scientific research management ability, the specialized tertiary hospital had steadily improved, but still below the general hospital. In the field of scientific research resource allocation, the main problem of general hospital was to devote resources to redundancy, while of specialized hospital was mainly devote to insufficient resources. **Conclusion:** Government and hospital research management departments should try to build different types of hospitals and research exchange platforms between colleges and universities to improve the efficiency of total research input and output of tertiary hospitals. By improving the scientific research management mechanism and personnel training mechanism of specialized hospitals, we can realize the development of scientific research innovation, and further improve the scientific and diversity of hospital research funds allocation.

Key words: scientific research; factor analysis; DEA; hospital