

# 我国大型医用设备CT和MR配置公平性研究\*

夏千航<sup>①</sup>, 杨玉洁<sup>①</sup>, 黄仲跃<sup>①</sup>, 毛阿燕<sup>①</sup>, 邱五七<sup>①</sup>, 武孟君<sup>①</sup>, 谢鹏<sup>③</sup>, 吴旭生<sup>①</sup>, 张冬云<sup>①</sup>

**摘要** 目的: 测算我国X线计算机断层扫描仪(CT)和磁共振成像系统(MR)设备配置按人口分布的公平性, 为大型医用设备配置规划和管理政策的优化提供参考。方法: 收集我国2017年和2020年人口数据和设备配置数据, 利用基尼系数定量分析CT和MR设备配置的公平性, 同时运用泰尔指数衡量地区间和地区内的公平性差异及其贡献率。结果: 2020年底我国CT和MR每百万人口配置量分别达到6.57台和7.55台; CT和MR设备配置的基尼系数分别由2017年的0.224和0.161降至2020年的0.165和0.132, 配置公平性较好且有所提升; 2020年我国CT和MR设备在地区内的泰尔指数分别占整体泰尔指数的91.08%和87.56%, 且东部地区内的配置差异高于中部和西部地区。结论: 我国CT和MR设备配置数量持续增长, 设备配置公平性较好, 配置规划和配置许可管理政策模式有助于提升大型医用设备配置的公平性; 地区内部的设备配置差异是影响整体公平性的主要因素。

**关键词** 大型医用设备; 配置公平性; 基尼系数; 泰尔指数

**中图分类号** R1-9; F207 **文献标志码** A **文章编号** 1003-0743(2023)04-0046-04

**Research on the Equity of CT and MR Allocation of Large Medical Equipment in China/XIA Qian-hang, YANG Yu-jie, HUANG Zhong-yue, et al//Chinese Health Economics, 2023,42(4):46-49**

**Abstract Objective:** To measure the equity of CT and MR allocation in China based on population distribution, and to provide references for optimizing the large medical equipment allocation planning and management policy. **Methods:** Data on population and allocation of CT and MR in 2017 and 2020 in China were collected, and the equity of CT and MR allocation in China was quantitatively analyzed by Gini coefficient. The equity and its contribution rate between regions and within regions were measured by Thiel index. **Results:** By the end of 2020, the allocation of CT and MR equipment per million population had reached to 6.57 and 7.55 respectively in China. The Gini coefficients of CT and MR allocation in various provinces and municipalities in China had decreased from 0.224 and 0.161 in 2017 to 0.165 and 0.132 in 2020, respectively, which showed that the allocation equity was pretty good and had been improved. In 2020, the Thiel index of CT and MR within regions accounted for 91.1% and 87.6% of the overall Thiel index, respectively. Moreover, the allocation disparity within eastern region was higher than that in the central and western counterparts. **Conclusion:** The number of CT and MR equipment in China continues to grow, and the equipment allocation is fairly fair. The policy mode of allocation planning and configuration licensing management is helpful to improve the equity of large medical equipment allocation. The disparity in equipment allocation within regions is the main factor affecting the overall equity.

**Keywords** large medical equipment; allocation equity; Gini coefficient; Thiel index

**First-author's address** Institute of Medical Information, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing, 100020, China

**Corresponding author** YANG Yu-jie, E-mail: yang.yujie@imicams.ac.cn

大型医用设备是一类技术高端、运行和购置成本昂贵的医用设施, 其与医疗卫生服务质量密切相关, 已成为现代医学不可或缺的重要组成部分, 合理配置对于保障人民健康权益、有效控制医疗费用和保障医疗服务水平有重要意义<sup>[1]</sup>。大型医用设备配置的公平性是衡量居民是否能够公平获得医疗服务的重要内容, 也可在一定程度上反映政府宏观调控质量和效率<sup>[2]</sup>。本研究通过对我国31个省份部分乙类大型医用设备配置

的公平性进行探讨, 以期政府部门优化卫生资源配置提供参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料来源

本研究数据来源于国家卫生健康委员会于2020年发布的《国家卫生健康委关于调整2018—2020年大型医用设备配置规划的通知》(国卫财务函〔2020〕315号), 以64排及以上X线计算机断层扫描仪(以下简称CT)和1.5 T及以上磁共振成像系统(以下简称MR)为例, 分别测算我国各省份2017年和2020年每百万人口设备配置情况和配置公平性, 各地区人口数据来源于历年的“中国统计年鉴”。

### 1.2 研究方法

本研究利用Excel整理2017年和2020年部分乙类大型医用设备在各省份的配置现状, 测算各类设备在全国及各地区分布的基尼系数和泰尔指数, 并据此分析设备配置基于人口分布的公平性。

\*基金项目: 中国卫生经济学会第二十一批重点招标课题(CH EA2021040103); 深圳市卫生健康发展研究和数据管理中心支持课题。

① 中国医学科学院医学信息研究所 北京 100020

② 深圳市卫生健康发展研究和数据管理中心 广州 深圳 518028

③ 首都医科大学公共卫生学院 北京 100069

作者简介: 夏千航(1998—), 硕士在读; 研究方向: 卫生政策与卫生经济; E-mail: xia.qianhang@imicams.ac.cn。

通信作者: 杨玉洁, E-mail: yang.yujie@imicams.ac.cn。

1.2.1 洛伦兹曲线和基尼系数。洛伦兹曲线是由美国统计学家 Max O. Lorenz 于 1905 年首次提出，用于研究国民收入在国民之间的分配问题。在卫生领域，洛伦兹曲线常被用来评价卫生资源配置的公平性。将人群按照每百万人口资源拥有量从低到高排列，并以排序后的人口累计百分比作为横坐标，资源累计百分比作为纵坐标，得到资源配置的洛伦兹曲线。该曲线与对角线围成的面积占三角形面积的比例（三角形面积为 0.5），称之为基尼系数。

1.2.2 基尼系数取值介于 0~1 之间，系数越接近 0，表示资源分布越公平，越接近 1，表示资源分布越不公平。根据联合国推荐标准：基尼系数  $\leq 0.2$  表示资源配置处于“公平状态”， $0.2 \sim < 0.3$  为“比较公平”， $0.3 \sim < 0.4$  为“相对公平”， $0.4 \sim < 0.5$  为“差距较大”； $> 0.5$  表示资源配置“差距悬殊”。本研究通过计算各地区人口累计百分比和设备累计百分比来绘制洛伦兹曲线，并计算人口分布基尼系数。

1.2.3 泰尔指数。泰尔指数能够对不公平进行分层分析，通过将总体差异分解为组间差异和组内差异，并测算贡献率来反映区域间和区域内不公平对总体不公平的贡献程度。泰尔指数越小，说明公平性越好<sup>[3]</sup>。结合本研究的研究内容，各地区内部设备配置的不公平性指数  $T_i$  的公式如下：

$$T_i = \sum P_{ia} \log \left( \frac{E_i}{E_a} \right) \quad \text{式 1}$$

式 1 中，假设  $i$  地区有  $a$ 、 $b$ 、 $c$  等多个省份， $P_m$  为  $a$  省份人口占  $i$  地区总人口的比例， $E_i$  和  $E_a$  分别为  $i$  地区和  $a$  省份的人均设备配置数。

各地区间设备配置的不公平性指数  $T_L$  的公式如下：

$$T_L = \sum_{i=1}^n P_i \log \left( \frac{P_i}{R_i} \right) \quad \text{式 2}$$

式 2 中， $P_i$  为各地区人口数占全国总人口数的比例， $R_i$  为各地区设备数占全国设备总量的比例。而全国总的 unfairness 指数  $T$  的公式如下：

$$T = T_L + \sum_{i=1}^n P_i T_i \quad \text{式 3}$$

通过计算各个地区及地区间的贡献率，可以反映该地区不公平性对全国总体不公平性的影响程度。 $i$  地区内不公平性贡献率计算公式如下：

$$D_i = P_i \times T_i / T \quad \text{式 4}$$

各地区间不公平性贡献率计算公式如下：

$$D_L = T_L / T \quad \text{式 5}$$

## 2 结果

### 2.1 CT和MR设备配置基本情况

我国东部、中部、西部地区各省份的 CT 与 MR 设备每百万人口配置量的相关情况见表 1。截至 2020 年底，CT 在全国规划配置总量达到 9 338 台，每百万人口

配置量达到 6.57 台，其中配置总量位于前 3 位的分别是山东（780 台）、江苏（649 台）和广东（587 台），每百万人口配置量位于前 3 位的省份为北京（16.81 台）、上海（14.79 台）和天津（10.18 台）；MR 在全国规划配置总量达到 10 713 台，每百万人口配置量达到 7.55 台，配置数量位于前 3 位的省份分别是江苏（787 台）、山东（763 台）和广东（726 台），每百万人口配置量位于前 3 位的省份是北京（15.69 台）、上海（15.20 台）和吉林（10.18 台）。

### 2.2 设备配置公平性分析

表 1 全国各区域 2017 年和 2020 年 CT 与 MR 设备配置量

区域与省份	CT 每百万人口配置量		MR 每百万人口配置量	
	2017 年	2020 年	2017 年	2020 年
东部				
北京	10.18	16.54	10.04	15.44
天津	2.50	11.46	2.50	11.10
河北	3.59	6.24	3.52	7.05
辽宁	6.09	10.01	4.28	9.92
上海	9.59	14.43	8.19	14.83
江苏	4.41	7.66	5.22	9.28
浙江	2.28	5.32	5.55	8.87
福建	3.12	6.06	4.30	7.71
山东	4.00	7.67	3.73	7.51
广东	2.57	4.65	2.78	5.75
海南	2.92	5.24	3.02	5.73
中部				
山西	2.78	7.54	3.73	8.83
吉林	4.20	10.17	4.86	11.42
黑龙江	3.35	7.79	4.51	10.22
安徽	1.95	5.06	3.49	6.58
江西	3.92	5.78	3.40	6.42
河南	3.11	5.25	3.82	6.39
湖北	3.47	7.22	4.57	7.55
湖南	2.19	4.36	3.28	6.09
西部				
内蒙古	4.47	8.16	4.55	8.53
重庆	3.12	6.26	4.03	7.92
广西	0.94	3.91	1.66	5.60
四川	2.22	5.24	3.24	6.44
贵州	2.60	6.04	3.30	6.30
云南	1.71	6.35	2.65	5.76
西藏	1.48	5.19	1.19	3.83
陕西	3.21	7.53	3.60	8.42
甘肃	2.51	6.64	2.48	5.80
青海	3.68	7.08	3.68	7.08
宁夏	3.08	7.77	3.96	7.91
新疆	2.86	5.79	3.76	6.64

将每百万人口CT和MR配置量从小到大排序，以各省份常住人口累计百分比（换算为小数）为横轴，各地设备配置量累计百分比（换算为小数）为纵轴，分别绘制出我国2017和2020年CT和MR基于人口分布的洛伦茨曲线（图1、图2）。

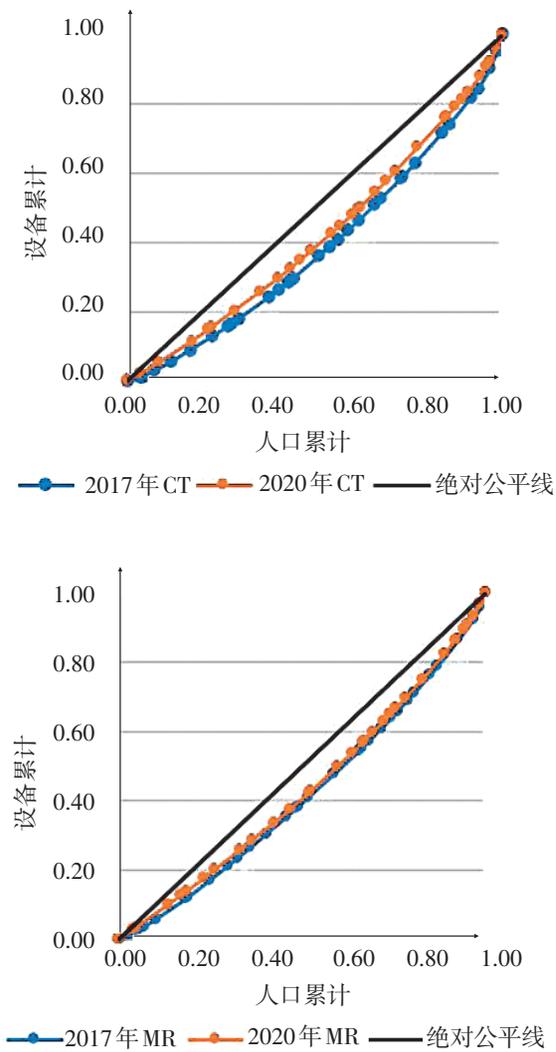


图1 我国CT和MR基于人口分布的洛伦兹曲线

2.2.1 CT配置公平性分析。与2017年相比，我国2020年CT设备配置的洛伦兹曲线与绝对公平线更加接近。2017年CT配置的基尼系数为0.224，属于“比较公平”，2020年基尼系数为0.165，下降26.30%，配置达到“公平状态”。由此可见，我国CT设备配置公平性良好，且2020年配置公平性较2017年进一步改善。

2.2.2 MR配置公平性分析。我国2017和2020年MR设备配置的洛伦兹曲线略有重合，但2020年曲线与绝对公平线更加接近。与CT配置的洛伦兹曲线相比，MR配置的洛伦兹曲线更加接近绝对公平线。2017年MR配置的基尼系数为0.161，处于“公平状态”，2020年为0.132，相较于2017年下降18.00%，配置公平性进一步

提高。总的来说，我国MR设备配置公平性较好，略优于CT配置的公平性，且2020年MR配置公平性持续改善。

### 2.3 设备配置的泰尔指数测算结果

由于东、中、西部地区的大型医用设备配置情况存在差异，为测算3个地区间CT和MR分布的公平性，明确地区间及不同地区内的设备配置差异对于公平性的影响程度，本研究采用泰尔指数法进一步衡量地区间及地区内设备配置的公平性。根据式1、式2、式3计算我国总体、各地区内部以及地区间设备配置的泰尔指数（表2）。

表2 CT与MR在2017年和2020年全国总体泰尔指数、各地区内与地区间设备配置的泰尔指数

设备与年份	地区内			地区间	全国
	东部	中部	西部		
CT					
2017	0.038	0.013	0.036	0.009	0.039
2020	0.027	0.012	0.010	0.002	0.020
MR					
2017	0.026	0.005	0.018	0.004	0.021
2020	0.016	0.008	0.006	0.002	0.013

2.3.1 CT设备配置的泰尔指数。结果显示，2017年我国CT设备配置的总体泰尔指数为0.039，2020年降至0.020，下降48.70%。其中，东部地区内泰尔指数由2017年的0.038降至2020年的0.027，降幅为31.30%；中部地区内泰尔指数变化不大，由0.013降至0.012；西部地区内的泰尔指数由0.036降至0.010，降幅达到72.20%。CT设备配置的地区内总泰尔指数由2017年的0.030降至2020年的0.018，降幅为40.00%；地区间的泰尔指数由0.009降至0.002，下降77.80%。总体而言，除中部地区内变化幅度较小外，其余各部分的泰尔指数均呈现明显下降趋势，且以西部地区内和各地区间的下降幅度最大，这表明CT设备配置公平性有明显改善。

2.3.2 MR设备配置的泰尔指数。结果显示，MR设备配置的各部分泰尔指数均小于CT设备。我国MR设备配置的总体泰尔指数由2017年的0.021下降至2020年的0.013，降幅为38.10%。其中，东部地区内泰尔指数由0.026降至0.016，下降38.50%；中部地区内泰尔指数较低，由0.005升至0.008；西部地区内的泰尔指数由0.018降至0.006，降幅达到66.67%。MR设备配置的地区内总泰尔指数由2017年的0.017降至2020年的0.011，降幅为35.30%；地区间的泰尔指数由0.004降至0.002，降幅为50.00%。总体而言，除中部地区外，其余各部分的泰尔指数均呈现下降的趋势，且西部地区内的下降幅度较大，此结果与CT设备配置的泰尔指数结果相类似。

2.3.3 各地区内部及地区间差异对设备配置泰尔指数

的贡献率。根据式4、式5计算各地区内及地区间的泰尔指数结果对总体泰尔指数的贡献率，结果见表3。CT配置的地区内泰尔指数的贡献率由2017年的76.47%升至2020年的91.08%，MR配置的地区内泰尔指数的贡献率由83.72%升至87.56%；2017和2020年，CT、MR设备配置的地区内泰尔指数对整体泰尔指数的贡献率均超过75.00%，远高于地区间泰尔指数的贡献率，且呈现上升趋势。CT和MR在各地区内部的泰尔指数贡献率结果显示，东部地区内的泰尔指数对总体泰尔指数的贡献率较高。2017—2020年，东部内CT设备的泰尔指数贡献率由41.18%升至58.68%，MR设备的泰尔指数贡献率由53.33%升至54.58%，且CT与MR在东部地区内的泰尔指数贡献率均显著高于中部、西部以及地区间。2017—2020年，CT和MR设备在中部地区内的泰尔指数贡献率均未超过20.00%，且呈现上升趋势；与之相反，CT和MR在西部地区内的泰尔指数贡献率呈现下降趋势，到2020年两类设备贡献率基本在13.00%~14.00%。从变化上看，2017年中部地区内部的CT和MR的泰尔指数贡献率为3类地区中最低，2020年则为西部地区最低。

综上所述，CT和MR设备配置的泰尔指数在全国及各地区间整体呈现下降趋势，公平性有所提高。MR配置的公平性略优于CT，这与洛伦兹曲线和基尼系数结果类似。而地区内部的设备配置差异是造成我国设备配置不公平的主要原因，特别是东部地区内部的设备配置差异，超半数的配置不公平性可归因于此。

表3 CT与MR在2017年、2020年各地区内及地区间设备配置的泰尔指数贡献率 %

设备及年份	地区内			地区间
	东部	中部	西部	
CT				
2017	41.18	10.26	25.03	23.53
2020	58.68	18.71	13.69	8.92
MR				
2017	53.33	7.23	23.16	16.28
2020	54.58	19.86	13.12	12.44

### 3 讨论

#### 3.1 CT和MR设备配置人口分布公平性较好，且持续改善

基于人口分布的洛伦兹曲线和基尼系数结果显示，我国CT和MR的配置公平性较好，CT设备在2017年的配置处于“比较公平”状态，2020年达到“公平状态”，MR设备的配置始终处于“公平状态”，且洛伦兹曲线的变化以及基尼系数和泰尔指数结果均显示出公平性在提高。近年来，我国大型医用设备配置管理政策不断完善，在规划文件中明确提出“公平优先，

兼顾效率”的配置原则，强调探索建立有利于促进资源向基层和中西部地区下沉的体制机制。2017—2020年公平性结果的改善，显示出我国当前的设备配置规划和配置许可管理政策模式有助于改善大型医用设备配置的公平性，有利于更好地满足居民对医疗卫生服务的需求。建议卫生健康行政部门从区域卫生规划和卫生资源合理布局的角度持续优化大型医用设备资源配置规划工作，进一步提升设备配置的公平性。

#### 3.2 地区内部差异是影响设备配置公平性的主要因素，东部地区内部不公平尤为严重

通过对泰尔指数贡献率的分析发现，地区内部差异是影响我国CT和MR配置公平性的主要因素，其在地区内部泰尔指数的贡献率在2020年分别达到91.08%和87.56%，且以东部地区的贡献率最高。这与其他关于卫生资源配置公平性的研究结果类似。卢建龙等<sup>[2-3]</sup>分析结果显示，相比东、中、西3个区域间的不公平程度，区域内的不公平程度更加严重，特别是东部地区内的不公平程度明显高于中部地区和西部地区。张楠等<sup>[4]</sup>基于泰尔指数对我国的床位和卫生人力资源公平性研究发现，地区内部，尤其是东部地区不公平问题更为严重，东部地区的资源配置公平性一直低于国家平均水平。我国东部地区多数省份位于沿海地区，经济社会发展水平处于领先地位，所拥有的卫生资源占比高于中部和西部地区，但东部地区内的不公平问题却更加严重。本研究发现，东部地区的北京、上海两地的每百万人口设备配置数远高于东部平均水平，而同属东部的河北、福建和广东省的每百万人口设备配置数则低于国家平均水平。而在中部和西部地区，各省每百万人口设备配置数大多维持在国家平均水平附近，配置水平差异较小，地区内部公平性相对较好。实际上，东部地区各省份社会经济发展水平相差较大，如北京和上海两地的设备配置基础可能远优于东部其他省份，由此导致这种内部差异要明显大于中部和西部地区。因此，建议今后大型医用设备配置规划和管理在逐步缩小地区间差异的同时，应在充分考虑各省份实际发展状况和服务需求的基础上，更加注重各地区内部设备配置公平性的改善。

#### 参 考 文 献

- [1] 李德水, 冯月, 田乔, 等. 我国大型医用设备配置管理中存在问题的分析及相应建议[J]. 中国医疗设备, 2022, 37(10): 147-151.
- [2] 卢建龙, 吕力琅, 曹志刚, 等. 我国PET-CT配置公平性研究[J]. 中国卫生经济, 2017, 36(11): 47-50.
- [3] 王上铭. 基于泰尔指数的我国地区卫生资源分布公平度研究[J]. 中国卫生经济, 2014, 33(3): 71-73.
- [4] 张楠, 孙晓杰, 李成, 等. 基于泰尔指数的我国卫生资源配置公平性分析[J]. 中国卫生事业管理, 2014, 31(2): 88-91.

[收稿日期: 2023-01-21] (编辑: 毕然, 滕百军)