

## 临床研究

## 中国成人心血管外科注册登记数据库的构建

顾大川, 郑哲, 赵韡, 张恒, 饶辰飞, 袁靖, 高华炜, 张士举, 侯剑峰, 赵艳, 张颖, 李卫, 王杨

## 摘要

目的: 介绍中国成人心血管外科注册登记数据库构建思路和功能, 供国内类似数据库参考。

方法: 通过参考同类数据库, 并结合我国心血管外科注册登记现状、硬件条件和国际数据交流的需求, 进行变量筛选、元数据创建及数据库逻辑构建等工作。最终构建基于网页的能够进行跨数据库交换并具备多种功能的心血管外科信息交流平台。

结果: 数据库包含患者基本信息、危险因素、医疗活动及终点事件等超过 300 个不同种类的变量, 参照临床数据交换标准协会数据标准, 可进行跨领域数据对接; 收录受试者围术期所有重要信息, 同时具有自动逻辑核查、研究进度自动统计、研究数据导出和电子病历数据导入功能。

结论: 中国成人心血管外科注册登记数据库是一个符合我国心血管外科发展现状, 具有中国成人心血管外科特征, 同时兼顾国际对接和交流的数据研究服务平台, 将在医疗质量改善以及临床科研中起到重要作用。

关键词 心血管外科手术; 数据库; 计算机方法学

## Establishment of Chinese Cardiovascular Surgery Registry Database

GU Da-chuan, ZHENG Zhe, ZHAO Wei, ZHANG Heng, RAO Chen-fei, YUAN Jing, GAO Hua-wei, ZHANG Shi-ju, HOU Jian-feng, ZHAO Yan, ZHANG Ying, LI Wei, WANG Yang.

State Key Laboratory of Cardiovascular Disease, National Center of Cardiovascular Disease and Fuwai Hospital, CAMS and PUMC, Beijing (100037), China

Corresponding Author: ZHENG Zhe, Email: zhengzhe@fuwai.com

## Abstract

Objective: To introduce the construction idea and function for establishing China Cardiovascular Surgery Registry (CCSR) database and to provide a reference for domestic congenier databases.

Methods: Using peer database as reference, taking current status of cardiovascular surgery registry and hardware in our country with the necessity of international communication, we worked on a variables selection, metadata instruction, logic rules, case report form development and finally established a web-based, multi-functional database that enabled cross-database and international merging of data, forming a national intelligent data-exchanging platform for cardiovascular surgery.

Results: CCSR database has over 300 variables of multiple topics including basic information, risk factors, medical procedures and endpoint events. Taking clinical and association data exchange standards as reference, it may conduct cross-discipline data connection, record important peri-operative information in relevant patients and meanwhile, it has the functions of automatic logic check, data report, statistical study, data export and importing the electronic medical records.

Conclusion: CCSR database is a national platform accord with current status of Chinese cardiovascular surgery and characteristics, meanwhile it gives consideration to international communication and data exchange; which may play a important role in improving medical care and clinical investigation.

**Key words** Cardiovascular surgery; Database; Computer methodology

(Chinese Circulation Journal, 2017, 32: 1010.)

近年来,中国心血管外科快速发展,手术量飞速增长<sup>[1-3]</sup>,但与此同时,国内不同地区经济及教育差异明显,手术质量差异巨大<sup>[4-7]</sup>。因此,建设国家级心血管外科注册登记数据库,并以此描述医疗真实现状,促进医疗质量改善,对我国心血管外科发展具有重要意义。然而,一直以来我国缺乏国家级心血管外科多中心大规模信息化和标准化数据分享平台,虽然国际上已有国家级数据库的案例,但是由于不同国家之间人群和疾病特征以及医疗卫生公共服务系统的差异,这些数据库并不适合国人直接使用,所以开发符合我国国情同时能够与国际同类数据库交流的数据库是心血管外科注册登记和质量改善工作的当务之急。

较强的可操作性和数据对接交换能力对于数据库十分重要<sup>[8]</sup>。在满足注册登记需求的前提下,避免冗余的数据库结构,提高数据提取、交换、归档和存储的可操作性,方便计算机后台数据逻辑核查、统计分析和报告,是数据库设计的重要标准。另一方面,为实现不同数据库的对接,以及实现国内外数据交换和信息流动,以获得大规模多元化的数据网络,需要采用国际通用的标准数据名称和数据库结构<sup>[9]</sup>。因此,兼具较强可操作性和可转化性就成为注册登记数据库建立的关键与难点。

中国心血管手术注册登记(Chinese Cardiac Surgery Registry, CCSR)<sup>[10]</sup>数据库是国家心血管病中心(National Center for Cardiovascular Diseases, NCCD)和中国医学科学院阜外医院在心外科多中心注册登记数据库<sup>[5]</sup>的基础上创建的国家级注册登记数据库,其目的是实现成人心血管外科手术质量持续监控并进行相应的质量改善工作,以及构建国家级多中心心血管外科临床科研协作网络。建立过程中,研究组完成一系列临床指南查阅和变量筛选工作,以简洁实用为准则,自主研发了一个基于html和网络的数据收集、管理、交换和对接平台,较好地满足上述需求。本文就自建数据库的构建思路和功能进行介绍,供国内类似数据库参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究方案概述

注册登记研究组主持数据库的构建和管理工作,进行数据库的设计,包括变量的筛选和对应元数据的编辑,以及对数据集结构规划和附加功

能进行设计,最终进行数据库开发、建立和维护工作(图1)。

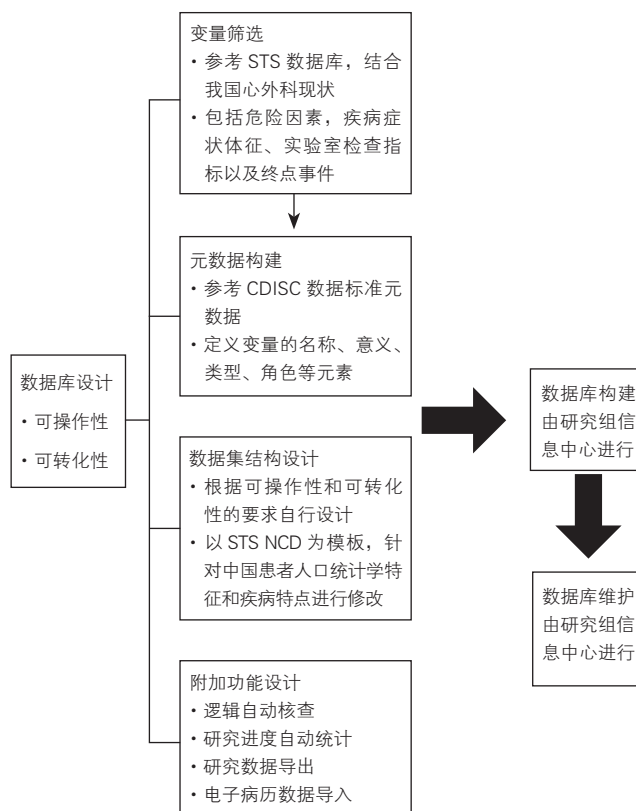


图1 中国成人心血管外科注册登记系统的建立

### 1.2 变量的筛选

研究组成员在大量文献查阅和指南阅读的前提下,参考国际其他国家级数据库<sup>[11-13]</sup>,同时充分考虑了我国心血管外科发展现状,分析我国患者人口统计学、流行病学及疾病特点,针对我国医疗资源分布极度不均、医院间硬件水平与诊疗水平存在巨大差异的问题,筛选出具有代表意义的危险因素、疾病症状体征、实验室检查指标以及终点事件作为数据库变量。

在筛选的过程中,研究组对于变量的入选、描述和剔除进行了多次的讨论,组内达成了一致意见才能对任何变量进行纳入和删改。

### 1.3 创建元数据

元数据是“数据的数据”,是描述变量特征的结构化编码数据,对于注册登记数据的查找、存取、使用和管理十分重要<sup>[14]</sup>。为此,研究组依据最新的临床指南,参考现有的注册登记系统,通过共同商讨和决策,创建了注册登记数据库的元数据。

除了实用性以外,在创建元数据时还将临床数据交换标准协会(Clinical Data Interchange Standards Consortium, CDISC)数据标准作为重要的参考内容,其目的是与国际通用的数据交换标准保持一致或具有可转化性<sup>[15]</sup>,这对于不同数据库的数据交换以及不同组织机构之间的信息共享至关重要。

#### 1.4 数据库的内容设计

数据库的结构设计目标为:构建规范性与实用性并重,具有中国心血管外科注册登记特色,同时具有国际可交流性和可转化性的数据库。因此,研究组确立了以下要求:(1)CCSR 数据库以美国胸外科医师协会国家数据库(Society of Thoracic Surgery National Database)为模板,同时针对中国患者人口统计学特征和疾病特点进行修改。(2)CCSR 获得的数据直接进入 CCSR 数据库,在确保数据库结构完整度的前提下尽量简洁,操作需简单高效。(3)CCSR 数据库最终由中国心血管外科注册登记研究组进行管理,随着中国心血管外科的发展和疾病特征的改变,研究组需对数据库进行必要的修改。根据以上内容,研究组成员进行 CCSR 数据库的研发设计。

#### 1.5 数据库核心功能的设计

为满足 CCSR 的功能需求,简化研究人员的工作,数据库的设计之初就考虑了一系列附加功能:(1)电子病历数据导入:如果协作医院装备结构化电子病历系统,则将电子病历系统和数据库对接,数据库可直接提取协作医院电子病历系统中的患者信息。(2)自动逻辑核查:变量经明确定义后可将数据库分为核心数据集和扩展数据集。核心数据集中包含的变量必须全部录入完整数据,方能实现病例入选并上传到数据库中。扩展数据集变量的数据录入虽非强制性,但是仍然强烈推荐,以参与整体数据分析。同时数据库具有自动识别疑点值的功能,通过对数据的可能取值区间进行限定,可以筛检出不符合临床环境的数据。如果出现核心变量漏填或赋值不符合逻辑的情况,则不能保存和上传数据,从而保证数据的完整性和准确性。(3)研究进度自动统计和研究数据导出功能:方便操作者快速获取数据。

#### 1.6 数据库的建立和维护

最终由研究组负责数据库的建立。在工作过程中,研究组成员通过电话、邮件、面谈乃至召开会议等多种方式,针对工作进展和问题进行了多次的商讨。数据库建成后,研究组负责维护工作。

## 2 结果

研究组最终确定的变量包括如下几类:(1)患者基本信息;(2)术前危险因素;(3)术前心脏状态和既往心血管干预;(4)检查化验指标;(5)手术操作信息;(6)术后状态及并发症;(7)术前用药;(8)出院医嘱用药。这些变量涵盖了中国医院心血管外科手术质量的过程指标和结局指标,如人口统计学信息、危险因素和终点事件等,能够实现数据库用于医疗质量改善及临床科研数据网络的建设目标。基于数据库的变量内容,我们设计了病例登记表。

所有的变量的元数据都经过完整详尽的定义。元数据主要包括以下类别:(1)变量名称;(2)变量类型;(3)字符宽度;(4)变量标签;(5)变量类型;(6)变量角色。元数据的构建以 CDISC 数据标准作为参考。

同时,数据库的附加功能使其具有更强的可操作性。数据库可以直接与结构化的电子病历系统对接,直接获取临床数据,极大减少了操作者的工作量;逻辑核查功能能够检查病例报告表的必填项是否完善,拒绝疑点值,从而提高数据质量;研究进度自动统计和研究数据导出功能显著提高了后续数据分析和质量信息反馈工作的可操作性。

研究组逐步建立了涉及全国 97 家医院的多中心心血管外科数据库,收集逾 18 万例心血管外科详细临床数据资料<sup>[10]</sup>。在庞大的病例数据基数下,完整度高于 90% 的病例比例为 86.5%,完整度高于 95% 的病例比例为 71.1%,证实 CCSR 数据库有能力高质量地录入和归档相关数据。目前数据库录入患者的基本特征见表 1。

目前随着各个中心的数据连续录入,我们的数据库已经成为重要的国家级大规模多中心心血管外科注册登记数据库,并已经开始了持续的成果产出。通过中国心血管外科注册登记研究数据分析发现,我国不同地域、不同中心在冠心病外科手术死亡率和并发症发生率等指标存在差异。研究组持续向各协作中心发布年度数据报告,反馈临床结果和数据质量,并明确和规范国人心血管外科诊疗关键技术和环节,使协作医院搭桥院内死亡率和并发症发生率逐年降低,整体提高了国人冠心病外科疗效。以此数据为核心,研究组向国家卫生与计划生育委员会提交了《心血管外科 2015 国家医疗质量分析报告》,作为“心血管外科专业”内容被《2015 年国家医疗服务与质量安全报告》收录,达到了反映医疗



现状,促进心血管外科医疗质量改善的目的。

此外,以冠心病个体化治疗为指导思想,研究组利用数据库开展了系列冠心病外科医疗质量评价及质量改善研究,包括复杂冠心病诊疗指南依从性评价研究,移动医疗技术对冠心病外科二

级预防依从性改善研究,我国冠心病患者外科再血管化个体治疗策略优化研究等,填补了相关指南的空白,完善了质量评价体系,受到国内外同行的高度评价,实现了数据库作为临床科研数据研究服务平台的功能。

表 1 中国成人心血管手术注册登记数据库录入患者基本特征[例(%)]

项目	单纯冠状动脉旁路移植术	单纯主动脉瓣手术	单纯二尖瓣手术	主动脉瓣合并二尖瓣手术	全部手术
手术例数	36 160	7 230	1 2630	7 112	83 965
患者年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	61.3 $\pm$ 8.7	52.4 $\pm$ 12.8	51.0 $\pm$ 11.4	50.8 $\pm$ 10.4	56.2 $\pm$ 11.7
老年患者(>60 岁)	20 266 (56.0)	2 122 (29.3)	2 735 (21.6)	1 316 (18.4)	32 918 (39.2)
女性	8 643 (23.9)	2 226 (30.8)	7 801 (61.7)	4 011 (56.3)	32 308 (38.4)
既往病史					
慢性心力衰竭	861 (2.4)	416 (5.8)	1 009 (7.9)	586 (8.2)	4087 (4.8)
心功能分级					
NYHA I	6 517 (18.0)	542 (7.5)	729 (5.7)	301 (4.2)	11 327 (13.5)
NYHA II	16 403 (45.4)	2 878 (39.8)	4 359 (34.5)	2 080 (29.2)	31 912 (38.0)
NYHA III	11 228 (31.1)	3 370 (46.6)	6 649 (52.6)	4 154 (58.3)	34 845 (41.5)
NYHA IV	961 (2.7)	328 (4.54)	647 (5.1)	460 (6.4)	3 555 (4.2)
既往心肌梗死史	8 738 (24.2)	46 (0.6)	52 (0.4)	11 (0.2)	9 894 (11.8)
糖尿病	10 284 (28.4)	324 (4.5)	549 (4.3)	236 (3.3)	13 004 (15.5)
高血压	22 174 (61.3)	1 976 (27.3)	1 915 (15.1)	860 (12.1)	31 839 (37.9)
慢性肾功能衰竭	230 (0.6)	38 (0.5)	61 (0.5)	28 (0.4)	491 (0.6)
死亡率	615 (1.7)	87 (1.2)	177 (1.4)	142 (2.0)	1 511 (1.8)

注:NYHA: 纽约心脏协会

3 讨论

近年来,我国心血管外科手术发展极为迅速,但同时极不均衡,医疗资源及手术技术存在显著的地方差异。而“搜集协作医院数据—分析质量控制指标—反馈质量信息—协作医院自调”这一模式是实现医疗质量改善的重要途径<sup>[16, 17]</sup>,因此,中国心血管外科注册登记研究组建立了 CCSR 数据库。随着多中心高质量数据的大规模录入,CCSR 数据库已经逐渐成为我国国家级成人心血管外科医疗质量监控和科研数据分享的信息化平台,这与数据库开发过程中的设计和数据质量控制工作密不可分。

CCSR 数据库的建立以美国 STS 国家数据库为模板,但考虑到我国心血管外科患者在人口统计学构成、经济状况、医疗保险等基本情况层面,疾病危险因素、疾病易感性等患者层面,以及检查手段、手术操作、医嘱开药等医疗层面都与欧美国家存在一定差异<sup>[3, 5, 6, 18]</sup>,所以研究组根据我国国情,筛选了适用于我国心血管外科患者注册登记的变量,在保证信息完整的同时,避免搜集到过于冗杂的数据。

同时,研究组希望能够与国际同行进行数据交流与资源共享,因此数据库在设计之初就参考了国际通用的数据标准。CDISC 数据标准作为数据获取、交换、提交和归档的全球性、非平台依赖性的国际

标准,其元数据构成与数据集结构是我们重要的参考对象。CCSR 数据库变量元数据与 CDISC 标准元数据有着极为类似的类型和标准,能够提升数据库变量的实用性,明确变量意义,方便数据库使用者的数据采集和管理,同时需要在需要和国际数据库进行数据交换时能够方便地转化和对接。

另一方面,在数据集结构的设计过程中,我们发现 CDISC 标准中的研究数据表格模型(Study Data Tabulation Model, SDTM)并不符合当前 CCSR 数据库的设计需求。SDTM 表格模型将数据按照类别分为不同的域(Domain)进行储存,每个域的数据集以观测(Observation)作为基本单位,每个观测通过不同的变量进行描述,而每位受试者的数据需要多个观测进行描述,由于每一项观测都包含了部分相同的身份信息变量,而并不适用于目前的心血管外科专科注册登记数据库的构建。因此,我们对 CCSR 数据集结构进行了改进,每一个观测代表一位受试者,变量直接对受试者进行描述,这种结构避免了记录不同观测时需要重复记录的变量,提升了数据库的简洁程度,更符合我国数据使用习惯,完全适用于目前 CCSR 数据库。同时,这种数据结构也可转置为符合 SDTM 标准的数据集结构,便于与国际数据库的对接和数据交换。

我们为数据库添加的附加功能是提升数据库可操作性的重要措施。在实际操作过程中,即使是同

一个变量, 由于不同协作医院的数据的单位可能并不统一, 或者录入员的工作失误(如将以 m 为单位的身高值 1.60 m 没有经过换算而直接赋值于以 cm 为单位的数据库变量, 结果出现身高 1.60 cm 的逻辑错误), 而导致不同来源的数据值不能进行综合和比较, 从而对数据质量造成严重影响。CCSR 数据库逻辑核算功能则可以识别这种逻辑错误, 并通过拒绝保存或提交等方式提醒数据录入员, 从而获得极低的疑点值和缺失值百分比, 保证了数据的准确性和完整性。电子病历对接、研究进度统计和研究数据导出功能方便了我们实时地接收数据, 及时进行数据分析, 并向协作单位反馈质量信息, 从而提高数据使用效率, 达到促进质量监测和改善的目的。

CCSR 数据库是一个新生的注册登记数据库, 将在以后的医疗质量控制和大规模队列研究中起到重要作用。目前注册登记是医疗行业进行质量控制、指导资源分配、评估患病人群以及疾病特征变化趋势的重要工具。我们希望在 CCSR 数据库构建的工作中积累的经验和知识可以在行业中得到推广。我们也希望能够与国内外的同行进行广泛的数据交换和合作, 以期产生更大规模的多来源数据库, 用于医疗质量改善、促进临床研究。

但是, CCSR 数据库仍需要进一步的完善。首先, 由于多家合作中心的电子病历系统并没有实现结构化, 所以数据库的病例信息自动录入功能的优势并没有十分凸显, 而主要还是采用人工录入的方式, 这极大地增加了研究人员的工作量, 也更易出现的缺失值和疑点值。另外, 由于我们的数据库仍处于起步阶段, 目前还未能与国家医疗保险信息数据库、死亡登记数据库等进行对接, 难以形成全面的国家级公共卫生管理数据网络, 所以与国际较成熟的注册登记数据库相比功能相对有限。进一步推进我国各家心血管外科医疗中心的病历系统的电子化、结构化, 探索与其他相关数据库的对接和交流途径, 是我们未来的工作方向。

随着协作医院高质量数据的不断录入, CCSR 数据库已成为一个国家级心血管外科数据平台, 将为我国成人心脏手术质量监控、大型临床研究的实施、人群临床操作标准制定最终提升医疗质量提供重要的途径。

#### 参考文献

[1] Yang G, Kong L, Zhao W, et al. Emergence of chronic non-communicable diseases in China. *Lancet*, 2008, 372: 1697-1705.

- [2] Moran A, Gu D, Zhao D, et al. Future cardiovascular disease in china: markov model and risk factor scenario projections from the coronary heart disease policy model-china. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*, 2010, 3: 243-252.
- [3] 朱德明, 龙村, 黑飞龙. 2014 中国心脏外科和体外循环数据白皮书. *中国体外循环杂志*, 2015, 13: 129-131.
- [4] Zheng Z, Zhang L, Hu S, et al. Risk factors and in-hospital mortality in Chinese patients undergoing coronary artery bypass grafting: Analysis of a large multi-institutional Chinese database. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2012, 144: 355-359.
- [5] Hu S, Zheng Z, Yuan X, et al. Coronary artery bypass graft: contemporary heart surgery center performance in China. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*, 2012, 5: 214-221.
- [6] Li Y, Zheng Z, Hu S. Chinese coronary artery bypass grafting registry study. The Chinese coronary artery bypass grafting registry study: analysis of the national multicentre database of 9248 patients. *Heart*, 2009, 95: 1140-1144.
- [7] Jiang L, Krumholz HM, Li X, et al. Achieving best outcomes for patients with cardiovascular disease in China by enhancing the quality of medical care and establishing a learning health-care system. *Lancet*, 2015, 386: 1493-1505.
- [8] van den Hoven J. Database management system and XML: interchange of data. *Information Systems Management*, 2002, 19: 94-96.
- [9] Anderson HV, Weintraub WS, Radford MJ, et al. Standardized cardiovascular data for clinical research, registries, and patient care: a report from the data standards workgroup of the national cardiovascular research infrastructure project. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 61: 1835-1846.
- [10] Rao C, Zhang H, Gao H, et al. The Chinese cardiac surgery registry: Design and data audit. *Ann Thorac Surg*, 2016, 101: 1514-1520.
- [11] Grover FL, Shahian DM, Clark RE, et al. The STS national database. *Ann Thorac Surg*, 2014, 97: S48-S54.
- [12] Head SJ, Howell NJ, Osnabrugge RL, et al. The European association for cardio-thoracic surgery (EACTS) database: an introduction. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2013, 44: e175-180.
- [13] Ferguson TB Jr, Dziuban SW Jr, Edwards FH, et al. The STS National Database: current changes and challenges for the new millennium. Committee to establish a national database in cardiothoracic surgery, the society of thoracic surgeons. *Ann Thorac Surg*, 2000, 69: 680-691.
- [14] Linkert M, Rueden CT, Allan C, et al. Metadata matters: access to image data in the real world. *J Cell Biol*, 2010, 189: 777-782.
- [15] Bruland P, Breil B, Fritz F, et al. Interoperability in clinical research: from metadata registries to semantically annotated CDISC ODM. *Stud Health Technol Inform*, 2012, 180: 564-568.
- [16] Yang Z, Jiang L. Building clinical research capacity in China: the national clinical research centres. *Lancet*, 2014, 383: 200-201.
- [17] Grover FL, Shroyer AL, Hammermeister K, et al. A decade's experience with quality improvement in cardiac surgery using the veterans affairs and society of thoracic surgeons national databases. *Ann Surg*, 2001, 234: 464-474.
- [18] He W, Ni S, Chen G, et al. The composition of surgical teams in the operating room and its impact on surgical team performance in China. *Surg Endosc*, 2014, 28: 1473-1478.

(收稿日期: 2016-11-26)

(编辑: 梅平)

一个变量, 由于不同协作医院的数据的单位可能并不统一, 或者录入员的工作失误(如将以 m 为单位的身高值 1.60 m 没有经过换算而直接赋值于以 cm 为单位的数据库变量, 结果出现身高 1.60 cm 的逻辑错误), 而导致不同来源的数据值不能进行综合和比较, 从而对数据质量造成严重影响。CCSR 数据库逻辑核算功能则可以识别这种逻辑错误, 并通过拒绝保存或提交等方式提醒数据录入员, 从而获得极低的疑点值和缺失值百分比, 保证了数据的准确性和完整性。电子病历对接、研究进度统计和研究数据导出功能方便了我们实时地接收数据, 及时进行数据分析, 并向协作单位反馈质量信息, 从而提高数据使用效率, 达到促进质量监测和改善的目的。

CCSR 数据库是一个新生的注册登记数据库, 将在以后的医疗质量控制和大规模队列研究中起到重要作用。目前注册登记是医疗行业进行质量控制、指导资源分配、评估患病人群以及疾病特征变化趋势的重要工具。我们希望在 CCSR 数据库构建的工作中积累的经验和知识可以在行业中得到推广。我们也希望能够与国内外的同行进行广泛的数据交换和合作, 以期产生更大规模的多来源数据库, 用于医疗质量改善、促进临床研究。

但是, CCSR 数据库仍需要进一步的完善。首先, 由于多家合作中心的电子病历系统并没有实现结构化, 所以数据库的病例信息自动录入功能的优势并没有十分凸显, 而主要还是采用人工录入的方式, 这极大地增加了研究人员的工作量, 也更易出现的缺失值和疑点值。另外, 由于我们的数据库仍处于起步阶段, 目前还未能与国家医疗保险信息数据库、死亡登记数据库等进行对接, 难以形成全面的国家级公共卫生管理数据网络, 所以与国际较成熟的注册登记数据库相比功能相对有限。进一步推进我国各家心血管外科医疗中心的病历系统的电子化、结构化, 探索与其他相关数据库的对接和交流途径, 是我们未来的工作方向。

随着协作医院高质量数据的不断录入, CCSR 数据库已成为一个国家级心血管外科数据平台, 将为我国成人心脏手术质量监控、大型临床研究的实施、人群临床操作标准制定最终提升医疗质量提供重要的途径。

#### 参考文献

[1] Yang G, Kong L, Zhao W, et al. Emergence of chronic non-communicable diseases in China. *Lancet*, 2008, 372: 1697-1705.

- [2] Moran A, Gu D, Zhao D, et al. Future cardiovascular disease in china: markov model and risk factor scenario projections from the coronary heart disease policy model-china. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*, 2010, 3: 243-252.
- [3] 朱德明, 龙村, 黑飞龙. 2014 中国心脏外科和体外循环数据白皮书. *中国体外循环杂志*, 2015, 13: 129-131.
- [4] Zheng Z, Zhang L, Hu S, et al. Risk factors and in-hospital mortality in Chinese patients undergoing coronary artery bypass grafting: Analysis of a large multi-institutional Chinese database. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2012, 144: 355-359.
- [5] Hu S, Zheng Z, Yuan X, et al. Coronary artery bypass graft: contemporary heart surgery center performance in China. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*, 2012, 5: 214-221.
- [6] Li Y, Zheng Z, Hu S. Chinese coronary artery bypass grafting registry study. The Chinese coronary artery bypass grafting registry study: analysis of the national multicentre database of 9248 patients. *Heart*, 2009, 95: 1140-1144.
- [7] Jiang L, Krumholz HM, Li X, et al. Achieving best outcomes for patients with cardiovascular disease in China by enhancing the quality of medical care and establishing a learning health-care system. *Lancet*, 2015, 386: 1493-1505.
- [8] van den Hoven J. Database management system and XML: interchange of data. *Information Systems Management*, 2002, 19: 94-96.
- [9] Anderson HV, Weintraub WS, Radford MJ, et al. Standardized cardiovascular data for clinical research, registries, and patient care: a report from the data standards workgroup of the national cardiovascular research infrastructure project. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 61: 1835-1846.
- [10] Rao C, Zhang H, Gao H, et al. The Chinese cardiac surgery registry: Design and data audit. *Ann Thorac Surg*, 2016, 101: 1514-1520.
- [11] Grover FL, Shahian DM, Clark RE, et al. The STS national database. *Ann Thorac Surg*, 2014, 97: S48-S54.
- [12] Head SJ, Howell NJ, Osnabrugge RL, et al. The European association for cardio-thoracic surgery (EACTS) database: an introduction. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2013, 44: e175-180.
- [13] Ferguson TB Jr, Dziuban SW Jr, Edwards FH, et al. The STS National Database: current changes and challenges for the new millennium. Committee to establish a national database in cardiothoracic surgery, the society of thoracic surgeons. *Ann Thorac Surg*, 2000, 69: 680-691.
- [14] Linkert M, Rueden CT, Allan C, et al. Metadata matters: access to image data in the real world. *J Cell Biol*, 2010, 189: 777-782.
- [15] Bruland P, Breil B, Fritz F, et al. Interoperability in clinical research: from metadata registries to semantically annotated CDISC ODM. *Stud Health Technol Inform*, 2012, 180: 564-568.
- [16] Yang Z, Jiang L. Building clinical research capacity in China: the national clinical research centres. *Lancet*, 2014, 383: 200-201.
- [17] Grover FL, Shroyer AL, Hammermeister K, et al. A decade's experience with quality improvement in cardiac surgery using the veterans affairs and society of thoracic surgeons national databases. *Ann Surg*, 2001, 234: 464-474.
- [18] He W, Ni S, Chen G, et al. The composition of surgical teams in the operating room and its impact on surgical team performance in China. *Surg Endosc*, 2014, 28: 1473-1478.

(收稿日期: 2016-11-26)

(编辑: 梅平)