

基于双向聚类分析的国际转化医学研究热点分析^{*}

王秀艳

(广州市第一人民医院图书馆 广州 510180)

〔摘要〕 以 PubMed 为数据源,运用双向聚类软件对近 10 年国际转化医学研究文献进行分析,绘制知识图谱,从情报学视角解读该领域研究热点和发展趋势,揭示出 7 个热点研究方向,以期为国内相关研究和管理人员提供参考。

〔关键词〕 转化医学;双向聚类分析;研究热点

〔中图分类号〕 R-056 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2019.09.010

Analysis of Study Hotspots in International Translational Medicine Based on Biclustering Analysis WANG Xiuyan, *The Library of Guangzhou First People's Hospital, Guangzhou 510180, China*

〔Abstract〕 The paper uses biclustering software to analyze study literature of international translational medicine in recent ten years with PubMed as data sources. With mapping knowledge domain, it identifies and interprets the study hotspots and development trends of this field from the perspective of intelligent science, and reveals the study direction of 7 hotspots, in the hope of providing references for related researchers and management staffs at home.

〔Keywords〕 translational medicine; biclustering analysis; study hotspots

1 引言

转化医学(Translational Medicine)是当前热门的医学科研模式,主要目的是打破基础医学与药物

研发、临床及公共卫生之间固有的屏障,把基础研究获得的知识、成果快速转化为临床上的治疗新方法^[1-3],实现实验室与临床研究的双向转化模式(Bench to bedside and bedside to bench)。2016 年 12 月国务院印发《“十三五”卫生与健康规划》,指出加强转化医学国家重大科技基础设施和协同研究网络建设,大幅提升医学科技成果转移转化率,至此转化医学研究正式纳入国家健康发展规划,转化医学未来的发展趋势会是医学界关注的重点。为系统全面地揭示近年来国际转化医学的研究概况,本文从情报学视角对转化医学领域的文献进行主题分析,识别和解读国际转化医学研究的热点和发展趋势,为国内相关研究人员和管理人员提供启示或帮助。

〔修回日期〕 2019-06-05

〔作者简介〕 王秀艳,硕士,馆员,发表论文 8 篇。

〔基金项目〕 国家自然科学基金青年基金项目“IL-1 β 调控 OCT4 表达增强 ALDH+ 肿瘤干细胞‘干性’的作用机制研究”(项目编号:81502563);广东省自然科学基金博士启动项目“IL-1 β 介导肿瘤干细胞干性与免疫抑制作用及机制研究”(项目编号:2016A03031010)。

2 资料与方法

2.1 数据来源

数据来源于国际上权威的生物医学文献书目数据库 PubMed, 2012 年 PubMed 将“Translational Medical Research”引入 MeSH 主题词表, 主题词包括了所有的入口词, 检索结果更全面。本文利用“Translational Medical Research”作为主要主题词进行检索, 时间限定为近 10 年, 截至 2018 年 12 月 15 日共检索到 4 619 篇文献, 将检索结果以 XML 的格式下载保存。

2.2 数据处理

将保存的数据导入到书目共现分析系统 BICOMB^[4], 提取主要主题词并对主要主题词的频次进行统计。为确定高频主题词的阈值, 采用 Hirsch JE^[5] 的 h 指数原理, 最后共选取 44 个高频主题词进行研究, 见图 1, 横轴是主题词, 纵轴是主题词的出现频次, 这些主题词在一定程度上反映转化医学的研究热点。随后统计 44 个高频主题词在文献中的出现情况, 利用 BICOMB 软件生成 44 × 4619 词篇矩阵。

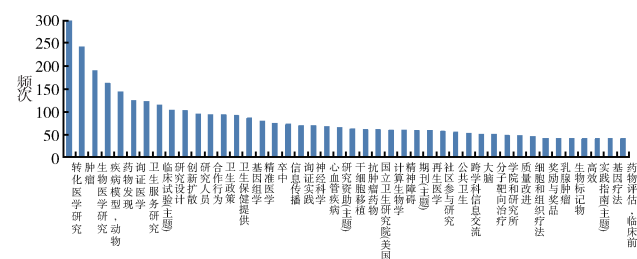


图 1 近 10 年转化医学领域高频主题词

2.3 双向聚类分析

双向聚类算法最早是 Cheng Y 和 Church GM^[6] 于 2000 年提出的, 首次应用在基因表达谱的分析中, 目前国内一些学者将双向聚类应用于文献研究领域, 从文献分析角度揭示学科的研究热点。双向聚类与传统的单向聚类方法相比, 能从矩阵的行和列两个方向同时对数据进行聚类, 聚类效果更好^[7]。本文利用软件 gCLUTO 对数据矩阵进行双向聚类分析, 将词篇矩阵导入到 gCLUTO 软件, 根据

类内对象间平均相似性 (Isim) 最高而类间平均相似性 (Esim) 最低原则筛选聚类效能最佳的双向聚类算法及其主要相关参数。最后聚类的数目设定为 7 类, 聚类参数选择 Direct 直接分类法匹配 Cosine 相似函数和 I2 判别函数。

3 结果与分析

3.1 总体情况

不断调整聚类参数, 选取聚类效果最好的可视化山峰图, 见图 2。

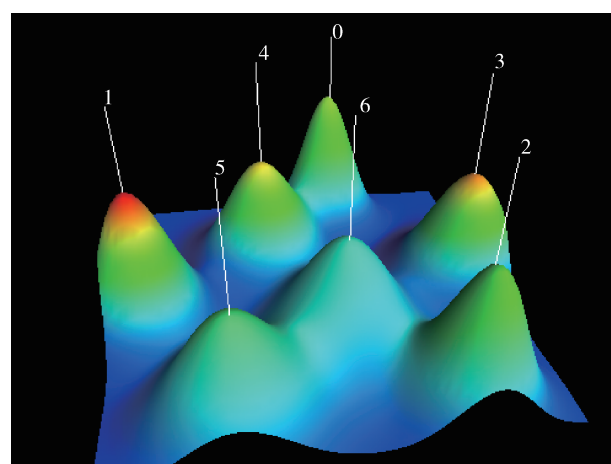


图 2 聚类可视化山峰

每个山丘代表一个类簇, 山峰形状为高斯曲线, 山峰顶部的颜色与类内标准差成比例, 红色代表低标准差, 蓝色代表高标准差, 山峰 1 的峰顶为红色, 类内标准差最低、相似度最高。山峰高度与类内相似性成比例, 山丘越陡峭, 类内相似度越高。山峰的体积与类簇包含的主题词数量成正比, 从图 2 的整体效果看, 所有山峰体积适中, 形状较为陡峭, 说明主题一致性较高, 聚类较为理想^[8]。gCLUTO 软件生成的可视化矩阵, 见图 3。聚类后矩阵的行重新排序, 使得同一组的行列在一起, 黑色的水平线隔开各个类。可视化矩阵图的颜色代表矩阵原始数据的值, 白色代表接近零值, 逐渐加深的红色代表较大的数值, 逐渐加深的绿色代表负值, 本研究的数据矩阵只有 0 和 1, 所以没有绿色。图 3 左侧的树状图 (行树) 是对高频主题词的聚类, 右侧列出的标签是对应的主题词。图上方的树状图

题词、综合阅读聚类结果列出的代表文献,本文总结出近 10 年国际转化医学的 7 个热点研究方向。

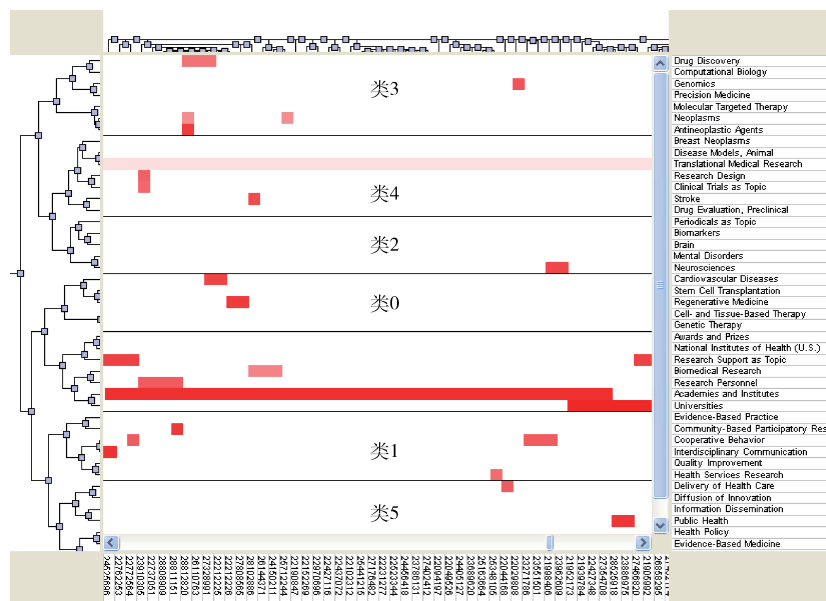


图 3 可视化矩阵 (局部)

病的发病机制,其科研模式是一项涉及多主体、多学科、多领域的复杂科研协作网络,目的是不断提高产品的性能与临床服务水平。栗美娜^[13]等人调研国内外转化医学中心合作机构,发现转化医学合作伙伴主要包括大学及学术机构、企业、临床中心和社区4类,分析合作伙伴的转化医学合作方式。研究显示,有企业参与合作的基础研究能够更快速地进行临床试验阶段^[14]。

3.4 生物标志物 (类2)

生物标志物研究是转化医学的中心环节,疾病特异性的生物标志物可用于疾病的早期诊断、预防及判断分期、监控治疗过程,预测患者的预后或者评价新药或新疗法在目标人群中的安全性及有效性。该类主要研究生物标志物在神经科学领域的应用,如阿尔茨海默病(AD)的诊断^[15]、癫痫的个性化治疗。鉴定和发现有价值的生物标志物是目前研究的一个重要热点,精神病学表型的动物模型以及各种组学和成像方法学是生物标志物发现的重要工具,已成为当今生命科学领域的发展趋势。Sarnyai Z等^[16]将脑蛋白质组学与神经精神疾病转化动物模型中的行为神经科学联系起来,分析精神分裂

转化医学作为基础研究与临床应用之间的桥梁,呈现出显著的多学科交叉性,转化研究需要多专业、多学科的协作,才有可能彻底揭示复杂性疾

症和重度抑郁症动物疾病模型的行为和相关的蛋白质组学生物标记物,根据标记物提供的有关疾病发生机制和潜在新治疗靶点信息,期望发现与人类疾病相关的候选生物标志物。

3.5 精准医学与肿瘤的靶向治疗 (类 3)

精准医学是依据患者内在生物学信息以及临床症状和体征,对患者实施关于健康医疗和临床决策的量身定制^[17]。精准医学是转化医学的重要分支,而转化医学是实现精准医学的必由之路。近年来大规模多水平组学生物学技术(如基因组学、表型组学、蛋白组学及代谢组学等)以及计算机分析大数据工具的快速发展,为精准医学提供强有力的技术基础^[17-18]。肿瘤学是精准医学最重要的研究领域之一,包括精准预防(肿瘤风险监测和预防性干预)、精准诊断(早期发现与诊断、分子分型)和精准治疗^[19](分子靶向疗法、治疗反应的预测与监控等)。其中,肿瘤的精准诊断和治疗及个性化药物研发是目前研究的重点。

3.6 药物研发 (类 4)

属于经典意义上的转化医学,整个过程需要研究人员和临床进行不断地转化。新药的研究开发主要需经过靶标的确定、临床前研究、临床研究和新药批准上市几个阶段。新药临床前的药理、毒理、动物药代动力学等研究,在一定程度上需要依赖于实验动物模型得以实现^[20],一个理想的动物模型应尽可能与人类疾病相一致,这样所研究出来的成果才能应用到人类疾病的治疗上^[21]。新药的临床试验分为 I、II、III、IV 期。代表性文献^[22]提到日本乳腺癌研究组 JBCRG 主要进行 II 期临床试验(随机盲法对照临床试验,对新药有效性及安全性做出初步评价)以回答具体的临床问题,现在正计划启动 III 期试验,以发现新的临床治疗批准,尽可能多地挽救乳腺癌患者,提高患者的生活质量。任何新药的研发都是一个长期、艰难的过程,个体化用药是药物研发的必然选择,也是最具活力和市场前景的领域。

3.7 证据/知识转化 (类 5)

全球每天有大量的医学证据产生,但要实现临床应用需要很长的周期,转化医学研究主要目的就是促进临床证据的转化,将临床研究成果快速应用于临床实践和卫生决策中。有研究者将这个转化过程称为知识转化研究^[23]。知识转化是转化医学的核心,是一个动态和迭代的过程,主要包括知识创造、知识传递和知识应用 3 部分。在提高研究质量的同时,研究者意识到知识传递的重要性及其存在的问题^[24],提出一些常见的知识转化框架,促进高质量研究证据的传递。Guzman G 等^[25]构建一个概念框架,以促进不同的医疗机构之间复制、传递和转化最佳实践。Ogbolu Y 等^[26]利用传播和实施框架,推动公共卫生政策和标准向临床实践转化。

3.8 转化医学研究中心 (类 6)

转化医学的出现引起各国高度重视,很多国家成立转化医学研究中心。2006 年美国国立卫生研究院(NIH)设立临床和转化科学基金(Clinical and Translational Science Awards, CTSA),以每年 5 亿美元的资助力度推进转化医学研究。2011 年 12 月成立国家转化科学促进中心(National Center for Advancing Translational Science, NCATS),从国家层面加速转化医学发展。至 2013 年 7 月全美共成立 61 家 NIH 资助的转化医学中心^[27],计划在 2020 年建成 100 家转化医学中心。这些中心主要依托大学和医学院,统一规划,组织架构较完善,能充分地发挥各自的人才、技术和资源优势,更有效地实现研究资源的有效整合与共享,提高工作效率,推动转化医学的发展。

4 结论

4.1 研究热点

4.1.1 转化医学基础设施和协同网络(类 1、类 6) 充分整合优势临床和基础研究资源是开展转化医学研究的基础条件^[1]和重要前提,世界发达国家美国、英国、法国等经常以成立研究中心的形式

建设转化医学研究基地。优质、完善的基础设施可以保障转化医学研究与实践的运转,但转化研究的高效运行也离不开将各方紧密联系起来的科研协作网络平台^[14]。平台可以方便研究者之间沟通、交流研究思想和资源,提高转化研究的速度和效率。美国 Billett AL^[28]、Miller M^[29] 和 Lannon CM^[30] 等深入研究儿科协作改进网络,证实其可以降低药物不良事件和手术部位感染的发生率。Margolis PA^[31] 等建立慢性病护理协作网络,致力于改进慢性疾病的护理质量。

4.1.2 转化医学临床应用 (类 0、类 2、类 3)

目前国际转化医学研究关注较多的主要是肿瘤、心血管疾病、精神和神经疾病。肿瘤领域研究的重点是恶性肿瘤的精准诊断、分子靶向治疗及个性化药物研发,如乳腺肿瘤、肺肿瘤;心血管疾病转化研究的重点是卒中、心肌梗死、心力衰竭等。精神和神经疾病重点关注阿尔茨海默病、癫痫、精神分裂症和抑郁症等。在疾病的诊断方面,目前的研究热点是特异性生物标志物的识别和鉴定。随着基因组学、蛋白组学等各种组学和成像方法学的发展,可以更好地鉴定和筛选疾病生物标志物,探究疾病发生发展的分子机制,对临床疾病诊断、药物评价、寻找药物新靶点等有重要意义。干细胞与再生医学的转化研究也是转化医学和生命科学领域的前沿,具有重大的临床应用价值,基于干细胞的修复与再生能力的再生医学,有望引发继药物和手术之后的新一轮医学革命。近年来随着转化医学的发展,出现精准医学的概念,精准医学是一种充分考虑患者的基因、社会环境、生活方式等多维度的个体差异以期达到更好的预防、诊断及治疗效果的医学模式^[32-33],是转化医学的目标和重点突破领域。

4.1.3 转化医学知识转化过程 (类 4、类 5)

转化医学研究的一个重要环节,就是将临床研究中获取的新知识向临床实践和卫生决策转化,最终促进人类健康水平的提高。发达国家医学成果转移转化率普遍是在 40% 左右,目前新干预措施和新药研发从研究到应用都存在着较长的转化时滞:例如从发现新的临床证据到形成知识,再应用到临床实践,大约需要 17 年;从发现治疗靶点到新药上市,

大约需要 13 年^[14]。诸多因素影响科研成果的转化,有学者对知识转化的阻碍因素与促进因素进行研究,明确成果转化的影响因素,进而实施相应的干预措施,加速知识转化的进程。Jansen MW 等^[34] 采用定性和定量研究相结合的方法,全面分析荷兰政府公共卫生学术合作中心 (ACC) 的阻碍因素和促进因素,评估 ACC 在促进公共卫生政策、实践和研究之间可持续转化方面的作用。

4.2 发展趋势

通过热点分析结果,可以发现国际转化医学研究呈现出如下的发展趋势:(1) 侧重转化医学平台的构建。国外主要采取政府统筹、统一规划部署、专项基金资助的方式,整合医院、高校、研究所等临床和基础研究机构的资源,有效搭建转化医学发展平台。随着大数据和互联网等信息技术的发展,有望利用大数据分析平台和信息网络平台整合资源,丰富转化医学研究手段,提高转化医学研究水平。(2) 注重成果转化研究。科技成果转化是科技转化为生产力的关键环节^[35]。通过高频主题词“信息传播”、“创新扩散”和热点的类 4、类 5,可见国外转化医学非常重视知识转化研究,主要致力于将基础研究获得的最先进的研究成果、最好的新药和诊疗技术快速有效地应用到患者身上,改善公众健康水平。同时,不断探索加速成果转化的方法,建立基础医学与临床医学间的有效互动。(3) 重视精准医学研究。精准医学是新兴的医学模式,能根据某些疾病的起因和发生发展规律,准确地提出疾病预防策略,科学有效地选择治疗方案,避免医疗资源浪费,降低医疗成本,优化医疗资源配置,尤其是肿瘤学领域的分子靶向治疗,效果十分明显。

5 结语

转化医学作为一个新兴的交叉领域,需要多学科的支持和协作,这种跨学科研究模式及其对信息需求的复杂性和多样性为医学图书情报领域提供新的机遇与挑战。本文从情报学视角对转化医学领域的文献进行主题挖掘,结合主题词频次统计和双向

聚类知识图谱,揭示国际转化医学的研究热点和发展趋势。当前国际转化医学研究热点主要集中在基础设施和协同网络、临床应用和知识转化过程研究 3 大方面,其中干细胞与再生医学的转化研究、精准医学、肿瘤靶向治疗、生物标志物的识别和鉴定等是临床应用研究的重点,期望这些信息能为转化医学研究人员提供有力的依据,促进我国转化医学研究的可持续发展。同时作为图书馆员,应抓住契机,积极开展面向转化医学的学科化服务,提升服务层次,为转化医学提供多方位信息支持。随着国内对转化医学研究的重视,开展全方位的转化医学知识服务将成为未来图书馆信息服务的重要发展方向。

参考文献

- 1 孙亚林,邢茂迎,杨美华,等. 转化医学的实践现状及思考 [J]. 中国医院, 2013, 17 (7): 4-6.
- 2 张燕舞,唐小利,杜建,等. 面向转化医学的学科化服务现状与内涵 [J]. 医学信息学杂志, 2012, 33 (11): 66-70.
- 3 杨冉,孙佳. 面向转化医学医院图书馆开展学科服务可行性探讨 [J]. 科技资讯, 2016, 14 (35): 207-208.
- 4 崔雷,刘伟,闫雷,等. 文献数据库中书目信息共现挖掘系统的开发 [J]. 数据分析与知识发现, 2008, 24 (8): 70-75.
- 5 J e H. An Index to Quantify an Individual's Scientific Research Output [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2005, 102 (46): 16569-16572.
- 6 Cheng Y, Church GM. Biclustering of Expression Data. [C]. San Diego: Eighth International Conference on Intelligent Systems for Molecular Biology, 2000: 93-103.
- 7 黄艳. 国内情报学博硕士学位论文研究主题分析 [J]. 情报探索, 2016, 1 (8): 27-31.
- 8 王秀艳. 我国图书馆学科服务研究热点分析 [J]. 情报探索, 2016, 1 (2): 88-92.
- 9 吴祖泽. 再生医学研究与转化应用 [J]. 领导科学论坛, 2016 (11): 87-96.
- 10 王立宾,祝贺,郝捷,等. 干细胞与再生医学研究进展 [J]. 生物工程学报, 2015, 31 (6): 871-879.
- 11 Udelsman BV, Maxfield MW, Breuer CK. Tissue Engineering of Blood Vessels in Cardiovascular Disease: Moving Towards Clinical Translation [J]. Heart, 2013, 99 (7): 454-460.
- 12 Maeda D, Yamaguchi T, Ishizuka T, et al. Regulatory Frameworks for Gene and Cell Therapies in Japan [J]. Advances in Experimental Medicine & Biology, 2015, 871 (7): 147.
- 13 栗美娜,农欣,刘嘉祯,等. 国内外转化医学中心合作机构研究 [J]. 中国卫生质量管理, 2015, 22 (4): 87-89.
- 14 杜建,唐小利. 为转化医学研究提供信息支撑——医学图情服务的新方向 [J]. 图书情报工作, 2013, 57 (20): 62-67.
- 15 Kilimann I, Thyrian JR, Hoffmann W, et al. Translation of Imaging Biomarkers From Clinical Research to Healthcare [J]. Zeitschrift Fur Gerontologie Und Geriatrie, 2017, 50 (Suppl 2): 84.
- 16 Sarnyai Z, Guest PC. Connecting Brain Proteomics with Behavioural Neuroscience in Translational Animal Models of Neuropsychiatric Disorders [J]. Oxygen Transport to Tissue, 2017 (974): 94-114.
- 17 何明燕,夏景林,王向东. 精准医学研究进展 [J]. 世界临床药物, 2015, 36 (6): 418-422.
- 18 刘雷. 中国精准医学的发展 [J]. 医学信息学杂志, 2017, 38 (9): 22-26.
- 19 钦伦秀,孙豪庭,杨璐宇. 肿瘤精准治疗的机遇与挑战 [J]. 复旦学报(医学版), 2017, 44 (6): 786-792.
- 20 Steve P. Preclinical Research: Make Mouse Studies Work [J]. Nature, 2014, 507 (7493): 5-423.
- 21 李日飞,袁娜,冷冬阳,等. 乳腺癌实验动物模型的研究进展 [J]. 中国比较医学杂志, 2018, 28 (2): 113-118.
- 22 Ohno, S, Kuroi K, Toi M. An Overview of the Japan Breast Cancer Research Group (jbcrg) Activities [J]. Breast Cancer, 2013, 20 (4): 291-295.
- 23 王慧,孟美芬,范卢明,等. 知识转化理论在临床实践中的应用进展 [J]. 护理研究, 2018, 32 (9): 1329-1333.
- 24 杨瑞. 循证护理与临床医学知识转化理论应用 [J]. 继续医学教育, 2018, 32 (7): 1-4.
- 25 Guzman G, Fitzgerald JA, Fulop L, et al. How Best Practices Are Copied, Transferred, or Translated between Health Care Facilities: a conceptual framework [J]. Health Care Management Review, 2014, 40 (3): 193-202.

(下转第 82 页)

- and tools for Central and (South) Eastern European Languages, 2010: 49 – 53.
- 11 Cettolo M, Girardi C, Federico M. Wit3: web inventory of transcribed and translated talks [C]. Trento: Proceedings of the 16th EAMT Conference, 2012: 261 – 268.
 - 12 Jin HL, Li CJ, Zhang J, et al. XLORE2: large – scale cross – lingual knowledge graph construction and application [J]. Data Intelligence, 2019, 1 (1): 77 – 98.
 - 13 McEnery AM, Oakes MP. Sentence and Word Alignment in the CRATER Project: methods and assessment [C]. Dublin: Proceedings of the EACL – SIGDAT Workshop, 1995: 77 – 86.
 - 14 Chuang TC, Yeh KC. Aligning Parallel Bilingual Corpora Statistically with Punctuation Criteria [J]. International Journal of Computational Linguistics & Chinese Language Processing, 2005, 10 (1): 95 – 122.
 - 15 Gale WA, Church KW. A Program for Aligning Sentences in Bilingual Corpora [C]. Berkely: Proceedings of ACL 1991, 1991: 177 – 184.
 - 16 Wu D. Aligning A Parallel English – Chinese Corpus Statistically With Lexical Criteria [J]. Computer Science, 1994, 4 (4): 80 – 87.
 - 17 Moore RC. Fast and Accurate Sentence Alignment of Bilingual Corpora [C]. London: Proceedings of the 5th AMTA, 2002: 135 – 144.
 - 18 Varga D, Halacsy P, Kornai A, et al. Parallel Corpora for Medium Density Languages [C]. Borovets: Proceedings of International Conference Recent Advances in Natural Language Processing, 2005: 590 – 586.
 - 19 Sennrich R, Volk M. Iterative, MT – based Sentence Alignment of Parallel Texts [C]. Riga: Proceedings of the 18th Nordic Conference of Computational Linguistics, 2011: 175 – 182.
 - 20 窦川川, 李婷玉. 关于建立大型标准中医英汉平行语料库的探索性构想 [J]. 中国中医基础医学杂志, 2017 (4): 561 – 563.
 - 21 管新潮, 胡开宝, 张冠男. 英汉医学平行语料库的创建与初始应用研究 [J]. 当代外语研究, 2011 (9): 36 – 41.
 - 22 陈潇潇, 葛诗利. 医学著作英汉双语平行语料库的构建 [J]. 外语艺术教育研究, 2012 (1): 33 – 37.
 - 23 Hirschberg J, Manning CD. Advances in Natural Language Processing [J]. Science, 2015, 349 (6245): 261 – 266.

(上接第 46 页)

- 26 Ogbolu Y, Fitzpatrick GA. Advancing Organizational Cultural Competency with Dissemination and Implementation Frameworks: towards translating standards into clinical practice [J]. Ans Advances in Nursing Science, 2015, 38 (3): 203 – 214.
- 27 Guerrero LR, Terry N, Davidson PL. Nih Career Development Awards in Clinical and Translational Science Award Institutions: distinguishing characteristics of top performing sites [J]. Clinical & Translational Science, 2015, 7 (6): 470 – 475.
- 28 Billett AL, Colletti RB, Mandel KE, et al. Exemplar Pediatric Collaborative Improvement Networks: achieving results [J]. Pediatrics, 2013, 131 (Sup4): 196.
- 29 Marlene M. Roles for Children's Hospitals in Pediatric Collaborative Improvement Networks [J]. Pediatrics, 2013, 131 (Sup4): 215 – 218.
- 30 Lannon CM, Miles PV. Pediatric Collaborative Improvement Networks: bridging quality gaps to improve health outcomes [J]. Pediatrics, 2013, 131 (Sup4): 187 – 188.
- 31 Margolis PA, Peterson LE, Michael S. Collaborative Chronic Care Networks (c3ns) to Transform Chronic Illness Care [J]. Pediatrics, 2013, 131 (Sup4): 219.
- 32 刘爽, 弓孟春, 朱卫国, 等. 精准医学信息学的关键技术与应用发展方向 [J]. 医学信息学杂志, 2017, 38 (9): 8 – 16.
- 33 刘爽, 冯时, 徐平, 等. 精准医学应用于罕见神经疾病的现状与前景 [J]. 科技导报, 2017, 35 (16): 37 – 42.
- 34 Jansen MW, Van Oers HA, Middelweerd MD, et al. Conditions for Sustainability of Academic Collaborative Centres for Public Health in the Netherlands: a Mixed Methods Design [J]. Health Research Policy & Systems, 2015, 13 (1): 36.
- 35 樊光辉. 聚力推进转化医学创新发展 [J]. 转化医学电子杂志, 2016, 3 (1): 1 – 4.
- 36 耿波, 刘宁, 陈静, 等. 基于转化医学模式的高校图书馆参考咨询服务 [J]. 中华医学图书情报杂志, 2017, 26 (3): 46 – 49.
- 37 谢凡. 图书馆在转化医学趋势下的学科化服务 [J]. 现代医院, 2016, 16 (3): 455 – 458.