

# 基于人工智能的临床决策支持系统在肝细胞癌中的应用

汪笑楠<sup>1</sup>, 王海久<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>青海大学临床医学院, 青海 西宁

<sup>2</sup>青海大学附属医院普通外科学二科, 青海 西宁

收稿日期: 2023年6月18日; 录用日期: 2023年7月13日; 发布日期: 2023年7月20日

## 摘要

肝癌是世界范围内一种较为常见的恶性肿瘤, 随着科技的飞速发展, 目前在肝癌的早期诊断和治疗方面, 基于人工智能的临床决策支持系统提供了新的解决方案。它能实时收集临床数据和医学知识, 提供更准确的诊断和治疗建议。本文对近年来基于人工智能的临床决策支持系统进行了综述, 包括肝癌的预测、诊断、个性化诊疗方案和预后监测等方面。同时, 也讨论了该领域面临的挑战和未来的发展方向, 总的来说, 基于人工智能的临床决策支持系统对肝癌的早期诊断和治疗具有重要的应用价值。

## 关键词

人工智能(AI), 临床决策支持系统(CDSS), 肝细胞癌(HCC)

# Application of Clinical Decision Support System Based on Artificial Intelligence in Hepatocellular Carcinoma

Xiaonan Wang<sup>1</sup>, Haijiu Wang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Clinical Medical College of Qinghai University, Xining Qinghai

<sup>2</sup>Department of General Surgery II, Affiliated Hospital of Qinghai University, Xining Qinghai

Received: Jun. 18<sup>th</sup>, 2023; accepted: Jul. 13<sup>th</sup>, 2023; published: Jul. 20<sup>th</sup>, 2023

\*通讯作者。

文章引用: 汪笑楠, 王海久. 基于人工智能的临床决策支持系统在肝细胞癌中的应用[J]. 临床医学进展, 2023, 13(7): 11368-11374. DOI: 10.12677/acm.2023.1371589

## Abstract

Liver cancer is a relatively common malignant tumor worldwide. With the rapid development of technology, artificial intelligence-based clinical decision support systems now provide new solutions in the early diagnosis and treatment of liver cancer. It can collect clinical data and medical knowledge in real time to provide more accurate diagnosis and treatment recommendations. This paper provides an overview of AI-based clinical decision systems in recent years, including the prediction, diagnosis, personalized treatment plan and prognosis monitoring of liver cancer. The challenges and future directions in this field are also discussed. In general, AI-based clinical decision support systems have important application value for early diagnosis and treatment of liver cancer.

## Keywords

Artificial Intelligence (AI), Clinical Decision Support System (CDSS), Hepatocellular Carcinoma (HCC)

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

原发性肝癌包括肝细胞癌(Hepatocellular carcinoma, HCC)、肝内胆管癌(Intrahepatic cholangiocarcinoma, ICC)和混合型肝细胞癌 - 胆管癌(Combined hepatocellular cholangiocarcinoma, cHCC-CCA)三种不同病理学类型, 其中肝细胞癌约占 75%~85% [1]。肝癌是 46 个国家死亡的前三大原因之一[2], 每年死亡人数超过 80 万[3], 在我国各类肿瘤中排名第四位, 死亡率排名第二[4]。Rumgay 等人从 GLOBOCAN 2020 网络平台提取统计全球癌症数据并预测: 2020~2040 年间, 癌症的发病率将增加 55%, 死亡人数将增加 56.4% [2]。虽然我国近年肝癌发病率和死亡率呈明显下降趋势, 但据预测, 2020~2044 年我国每年肝癌发病人数和死亡人数仍将超 10 万[5]。肝癌发病率高与医疗资源分配不均、诊疗手段的可及性[6]等问题的存在, 使肝癌的诊断和治疗依然存在很大的局限性和缺陷性。

基于人工智能(Artificial intelligence, AI)的临床决策支持系统(Clinical decision support system, CDSS)的应用, 很大程度弥补了这种缺陷[7]。CDSS 是一种利用计算机和信息技术, 以人工交互的方式来辅助医生进行诊断和治疗的人工智能软件系统[8]。CDSS 用于临床中帮助医生做出决策, 以提高诊疗效率、减少误诊率和降低诊疗方法错误的风险[7]。CDSS 的发展历程可追溯到上世纪 60 年代, 随着其不断地优化和进步, 它经历了以下几个阶段: 1) 数据采集阶段; 2) 实时监测和警告阶段; 3) 诊断和治疗支持阶段; 4) 综合和优化阶段。徐帆等[9]人在 2020 年 4~5 月随机抽取东中西部三级医院的临床医生对 CDSS 应用情况进行调查: CDSS 的普及率只有 20%, 在使用过 CDSS 的 572 人中, 满意率达 74.13%。他们认为: CDSS 能及时提醒、减少差错, 提高诊疗效率, 规范临床行为, 提升患者满意度, 辅助日常工作。而普及率的较低可能与我国 CDSS 起步较晚有关。本研究对 CDSS 在肝细胞癌中的应用和研究进行综述, 旨在为开发更全面、系统的肝细胞癌 CDSS 提供新思路。

## 2. AI 在肝细胞癌中的应用

### 2.1. 肝细胞癌的发生风险

常用的肝细胞癌预测模型多采用实验室指标和影像学信息, 或者人口统计学和病例对照、队列研究等[10]。这些模型往往缺乏广泛的外部验证, 有其局限性、和适度的准确性。而可用的电子健康档案(electronic health record, HER)数据的快速扩展, 使我们可以利用大量的数据在长期随访中自动选择特征, 从而改善 HCC 的风险预测[10]。肝细胞癌的主要原因之一使慢性乙型肝炎[11], 大多数 CHB 管理指南建议每 6~12 个月进行一次 HCC 监测, 准确识别 HCC 发生的高风险患者仍然至关重要[12]。George N Ioannou 等人使用 RNN 模型预测肝细胞癌患病风险, 肝细胞癌风险评分 51% 的患者中, 80% 在随后 3 年内发生 HCC, 肝细胞癌风险评分 66% 的患者中, 90% 在随后 3 年内发生 HCC, 而发生 HCC 的 AUROC 为 0.759。这项研究表明, RNN 模型优于传统模型[13]。Chansik An 等人根据国家健康保险服务和国家健康筛查数据库开发了一个预测模型, 训练队列和测试队列中分别有 0.5% (1799/31694) 和 0.4% (390/85652) 被诊断为 HCC, 其 AUROC 0.873 [14]。HCC 风险模型的开发使其更具有个性化, 提高了效率和患者的治疗效果[15]。

### 2.2. 肝细胞癌的诊断

对肝癌高危人群, 我们应该做到早发现、早诊断、早治疗[16]。而超声是早期肝癌最常用的筛查手段之一。但由于其特异性和敏感性不足, 不足以支撑 HCC 的诊断。Schmauch 等人开发了一个深度学习(deep learning, DL)系统并收集了来自不同机构的 376 个超声图像, 该模型可以将肝脏病变自动识别为良性或恶性, 其平均 AUROC 分别为 0.93 和 0.92 [17]。但由于其样本量较小, 还需进一步验证。而患者在超声中检查出肝脏有病变时, 往往会在其主治医师推荐下, 选择更进一步的检查: 增强 CT 或 MRI, 以明确诊断和判断肝癌分期[1]。但 Jin Guo 等人评估 CT 和 MRI 诊断性能的 meta 分析显示: MRI 和 CT 的敏感性估计值分别为 0.86 (95%CI 0.76~0.93) 和 0.70 (95%CI 0.58~0.80), 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 特异性均为 0.94 (95%CI 0.92~0.96) [18]。由此可见, MRI 和 CT 用于肝癌诊断并不是最优解。Mokrane 等人利用对肝硬化和不确定的肝脏病变患者进行了一项小型的回顾性研究, 作者应用 DL 方法在 13,920 个 CT 成像分类器的基础上构建了一个放射组学特征, 在区分 HCC 和非 HCC 病变方面达到了 0.70 的 AUROC [19]。Yasaka 等人利用非对比度增强、动脉及延迟 3 个阶段的 CT 成像分类器构建了一个 3 层的 CNN, 用于区分 HCC 和非 HCC 肝癌与不确定的肝脏病变、血管瘤和囊肿; 他们的 CNN 的诊断准确性为 0.84, 中位 AUROC 为 0.92 [20]。Shi-Hui Zhen 等人开发了利用 CNN 开发了一个根据增强、非增强 MR 图像和临床数据对肝肿瘤进行分类 DL 系统, 该模型在 201 名患者的外部独立扩展队列中进行了验证, 结果表明: 该 DL 系统在肝脏肿瘤(包括 HCC)的分类方面表现出优异的性能, 其敏感性和特异性与经验丰富的放射科医生相同, 在区分肝脏肿瘤方面也表现良好[21]。但这些基于 CT 或 MRI 的 AI 算法, 仍有其局限性, 缺乏大量的外部验证等[10]。病理活检作为诊断 HCC 的金标准, 特别适用于影像学特征不典型的肿块, 它可以提供为其明确的诊断及预后信息[22]。Haotian Liao 等人开发了一个可以区分 HCC 和邻近正常组织的分类 CNN, 其 AUCs 在 0.90 以上[22]。Amirhossein Kiani 等人开发了一种基于 DL 的工具, 以帮助病理科医生区分肝细胞癌和胆管癌, 其模型在 26 张全视野数字病理切片(whole-slide images, WSI)的验证集上达到了 0.885 的准确率[23]。这些研究大多患者数量有限、大多为回顾性研究, 并不能明确验证其准确性, 需要进一步发展和验证这些研究结果。

### 2.3. 肝细胞癌预后预测

越来越多的研究应用 AI 来改进 HCC 风险预测, 并基于电子病历数据、放射组学方法和分子或组织

病理学生物标志物,更准确地检测现有 HCC 肿瘤并对其进行风险分层[10]。Charlie Saillard 等人使用 WSI 建立模型,用于预测采用手术切除治疗的 HCC 患者的生存率,其准确性高于临床、生物和病理特征的评分[24]。Joon Yeul Nam 等人开发了一种用于预测肝细胞癌患者肝移植后肿瘤复发的模型,并收集多中心 HCC 接受肝移植患者进行醉倒和验证,其结果表明,他们建立的 AI 模型与传统模型相比性能更好,而且可以随着数据进一步的积累而发展[25]。Gu-Wei Ji 等人将影像学与机器算法相结合,用来评估手术切除后 HCC 复发的患者[26]。Ipek Oezdemir 等人使用临床增强超声图像和已知的病理反应来预测 HCC 对 TACE 治疗的反应。该模型达到了 86% 的准确度,但由于样本量小( $n = 36$ ),结果需要进一步评估[27]。

### 3. 肝细胞癌 CDSS 的发展现状

#### 3.1. 发达国家肝细胞癌 CDSS 的发展现状

英美等发达国家早已将人工智能技术广泛应用于卫生医疗行业,其依据各国的实际情况,开发了许多实用的决策支持系统应用于医疗服务、医院管理和公共卫生管理等领域,取得了明显的成效[28]。

1974 年美国斯坦福大学成功研发第一个功能较为全面的、用于细菌感染性疾病的诊断和治疗的 CDSS [29],1980 年美国匹兹堡大学和第一数据库公司联合开发了 QMR 临床决策支持系统,它是早期利用人工智能的 CDSS 之一[30],2007 年 IBM 公司开始研发名为 Watson 的人工智能系统[31],它能迅速给出诊断和治疗意见,作为医疗辅助工具推动了癌症的治疗[32]。2011 年由 Vanderbilt-Ingram Cancer Center 成功研发 My Cancer Genome,是美国第一个个性化的癌症决策支持工具[33],它能快速给医生提供治疗和及时的检测及床旁决策支持[34]。目前发达国家针对肝癌 CDSS 的开发主要包括:HCC 的患病风险预测、诊断与分期、肝癌预后预测等[10]。欧美等国家 CDSS 发展较早,已初步走向实用化[35]。

#### 3.2. 我国肝细胞癌 CDSS 的发展现状

1996 年是我国医疗信息启动化元年,随着我国科技和医疗信息化的飞速发展,CDSS 在中国医疗领域的发展和探索经历了 20 年左右的时间,发展和探索出应用临床于不同场景和面向不同层级临床医生的 CDSS 产品[36]。国家印发的《“健康中国 2030”规划纲要》[37]和《国务院办公厅关于促进“互联网+医疗健康”发展的意见》[38]中,皆有明确要求研发基于人工智能的临床决策系统。Qi Yang 等人利用来自 13 医院的多中心超声数据库,开发并验证了 DCNN-US,结果表明其在识别良恶性肿瘤方面更具有敏感性和特异性,甚至优于熟练的放射科医生[39]。Gu-Wei Ji 等人将血清甲胎蛋白、ALBL 分级、肿瘤边缘、影像学特征等来评估 HCC 复发的风险[26]。Rendong Wang 等人开发了一个在未染色的 HCC 样本的准确识别肿瘤组织的深度学习模型[40]。近年来,我国 CDSS 正在飞速发展,但其仍处于研究的初级阶段。

#### 3.3. CDSS 在肝细胞癌诊断和治疗中的应用

HCC 的诊疗是多学科参与、多种治疗方式共存的,因此多学科诊疗团队(Multidisciplinary team, MDT)的模式至关重要。我国依据患者体力活动状态(performance status, PS)、肝功能、是否转移、是否可见血管癌栓和肝肿瘤数量及大小制定了中国肝癌分期方案(China liver cancer staging, CNLC) [1]。而治疗方案也根据分期而不同。Gwang Hyeon Choi 等人开发的 CDSS 在 2010 年 1 月至 10 月在韩国单中心治疗的 1021 例 HCC 患者中收集信息,结果表明:在推荐的治疗方案中,射频消融(radiofrequency ablation, RFA)或切除与不切除的准确率为 81.0%,RFA 与切除的准确率为 88.4%,TACE 或不切除的准确率为 76.8%,充分表明此模型可作为 HCC 初始治疗方案的指导[41]。而杨俭等人建立的 CDSS 收集华西医院 2004 年 7 月到 2016 年 6 月收治的有完整随访记录的 5642 名原发性肝癌患者,在其医院的内部验证中,与 MDT 所指定的治疗方案匹配准确率达 96.10% [42]。Watson for Oncology (WFO)是由美国为癌症患者提供治疗方

案所开发设计的 CDSS, 在我国本土化使用中, 卵巢癌治疗方案的推荐一致性最高, 为 96% [43]。Weiqi Zhang 等人将其用于我国肝细胞癌患者中, WFO 所推荐的治疗方案与外科医生抑制率为 72%, 这可能与两国分期及诊疗方案不一致有关[44]。

### 3.4. CDSS 在肝细胞癌诊疗领域存在优缺点

1 亿多美国人中有 42% 的人认为他们经历过医疗失误, 而医疗事故每年造成数万人美国人的死亡 [45]。我国作为人口大国, 医疗事故也在逐年增多, “医闹”高发, 医疗场所暴力事件屡见不鲜[46]。而 CDSS 用于临床中帮助医生做出决策, 可以提高工作效率、提供更个性化的治疗与管理方案、增强决策信息, 但其负面影响也不容忽视, 如: 维护和更新 CDSS 成本高, 导致患者医疗费用的增加, 终端医患沟通、增加不必要的转诊等[7]。

## 4. 小结与展望

基于人工智能技术的临床决策支持系统可以为肝癌早期诊断、个性化治疗和监测等方面提供新的解决方案。尤其是在肝癌的早期诊断和个性化治疗方案的制定方面, 基于人工智能的临床决策支持系统的应用解决了许多传统治疗方法无法解决的难题。但同时, 基于人工智能技术的临床决策支持系统面临着数据质量和数据安全保护等问题。未来, 我们需要更加深入的研究和不断的改进技术, 来提高基于人工智能技术的临床决策支持系统在肝癌早期诊断和治疗方面的应用价值。

## 参考文献

- [1] 国家卫生健康委办公厅. 原发性肝癌诊疗指南(2022 年版) [J]. 临床肝胆病杂志, 2022, 38(2): 288.
- [2] Runggay, H., Arnold, M., Ferlay, J., *et al.* (2022) Global Burden of Primary Liver Cancer in 2020 and Predictions to 2040. *Journal of Hepatology*, **77**, 1598-1606. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2022.08.021>
- [3] Oh, J.H. and Jun, D.W. (2023) The Latest Global Burden of Liver Cancer: A Past and Present Threat. *Clinical and Molecular Hepatology*, **29**, 355-357. <https://doi.org/10.3350/cmh.2023.0070>
- [4] Chen, W., Zheng, R., Baade, P.D., *et al.* (2016) Cancer Statistics in China, 2015. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, **66**, 115-132. <https://doi.org/10.3322/caac.21338>
- [5] 杨帆, 曹毛毛, 李贺, 等. 1990-2019 年中国人群肝癌流行病学趋势分析及预测[J]. 中华消化外科杂志, 2022, 21(1): 106-113.
- [6] Chen, W., Xia, C., Zheng, R., *et al.* (2019) Disparities by Province, Age, and Sex in Site-Specific Cancer Burden Attributable to 23 Potentially Modifiable Risk Factors in China: A Comparative Risk Assessment. *The Lancet Global Health*, **7**, e257-e269. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(18\)30488-1](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30488-1)
- [7] Muhiyaddin, R., Abd-Alrazaq, A.A., Househ, M., *et al.* (2020) The Impact of Clinical Decision Support Systems (CDSS) on Physicians: A Scoping Review. *Studies in Health Technology and Informatics*, **272**, 470-473.
- [8] Jimenez Perez, M. and Grande, R.G. (2020) Application of Artificial Intelligence in the Diagnosis and Treatment of Hepatocellular Carcinoma: A Review. *World Journal of Gastroenterology*, **26**, 5617-5628. <https://doi.org/10.3748/wjg.v26.i37.5617>
- [9] 徐帆, 李红霞, 舒婷. 临床决策支持系统应用情况调查分析[J]. 中国卫生信息管理杂志, 2022, 19(6): 939-943.
- [10] Calderaro, J., Seraphin, T.P., Luedde, T., *et al.* (2022) Artificial Intelligence for the Prevention and Clinical Management of Hepatocellular Carcinoma. *Journal of Hepatology*, **76**, 1348-1361. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2022.01.014>
- [11] (2020) The Global, Regional, and National Burden of Cirrhosis by Cause in 195 Countries and Territories, 1990-2017: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*, **5**, 245-266.
- [12] Terrault, N.A., Lok, A.S.F., McMahon, B.J., *et al.* (2018) Update on Prevention, Diagnosis, and Treatment of Chronic Hepatitis B: AASLD 2018 Hepatitis B Guidance. *Hepatology (Baltimore, Md)*, **67**, 1560-1599. <https://doi.org/10.1002/hep.29800>
- [13] Ioannou, G.N., Tang, W., Beste, L.A., *et al.* (2020) Assessment of a Deep Learning Model to Predict Hepatocellular Carcinoma in Patients with Hepatitis C Cirrhosis. *JAMA Network Open*, **3**, e2015626.

- <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.15626>
- [14] An, C., Choi, J.W., Lee, H.S., *et al.* (2021) Prediction of the Risk of Developing Hepatocellular Carcinoma in Health Screening Examinees: A Korean Cohort Study. *BMC Cancer*, **21**, Article No. 755. <https://doi.org/10.1186/s12885-021-08498-w>
- [15] Fujiwara, N., Friedman, S.L., Goossens, N., *et al.* (2018) Risk Factors and Prevention of Hepatocellular Carcinoma in the Era of Precision Medicine. *Journal of Hepatology*, **68**, 526-549. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2017.09.016>
- [16] Zhang, B.H., Yang, B.H. and Tang, Z.Y. (2004) Randomized Controlled Trial of Screening for Hepatocellular Carcinoma. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology*, **130**, 417-422. <https://doi.org/10.1007/s00432-004-0552-0>
- [17] Schmauch, B., Herent, P., Jehanno, P., *et al.* (2019) Diagnosis of Focal Liver Lesions from Ultrasound Using Deep Learning. *Diagnostic and Interventional Imaging*, **100**, 227-233. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2019.02.009>
- [18] Guo, J., Seo, Y., Ren, S., *et al.* (2016) Diagnostic Performance of Contrast-Enhanced Multidetector Computed Tomography and Gadoteric Acid Disodium-Enhanced Magnetic Resonance Imaging in Detecting Hepatocellular Carcinoma: Direct Comparison and a Meta-Analysis. *Abdominal Radiology (New York)*, **41**, 1960-1972. <https://doi.org/10.1007/s00261-016-0807-7>
- [19] Mokrane, F.Z., Lu, L., Vavasseur, A., *et al.* (2020) Radiomics Machine-Learning Signature for Diagnosis of Hepatocellular Carcinoma in Cirrhotic Patients with Indeterminate Liver Nodules. *European Radiology*, **30**, 558-570. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06347-w>
- [20] Yasaka, K., Akai, H., Abe, O., *et al.* (2018) Deep Learning with Convolutional Neural Network for Differentiation of Liver Masses at Dynamic Contrast-Enhanced CT: A Preliminary Study. *Radiology*, **286**, 887-896. <https://doi.org/10.1148/radiol.2017170706>
- [21] Zhen, S.H., Cheng, M., Tao, Y.B., *et al.* (2020) Deep Learning for Accurate Diagnosis of Liver Tumor Based on Magnetic Resonance Imaging and Clinical Data. *Frontiers in Oncology*, **10**, Article No. 680. <https://doi.org/10.3389/fonc.2020.00680>
- [22] Liao, H., Long, Y., Han, R., *et al.* (2020) Deep Learning-Based Classification and Mutation Prediction from Histopathological Images of Hepatocellular Carcinoma. *Clinical and Translational Medicine*, **10**, e102. <https://doi.org/10.1002/ctm2.102>
- [23] Kiani, A., Uyumazturk, B., Rajpurkar, P., *et al.* (2020) Impact of a Deep Learning Assistant on the Histopathologic Classification of Liver Cancer. *NPJ Digital Medicine*, **3**, 23. <https://doi.org/10.1038/s41746-020-0232-8>
- [24] Saillard, C., Schmauch, B., Laifa, O., *et al.* (2020) Predicting Survival after Hepatocellular Carcinoma Resection Using Deep Learning on Histological Slides. *Hepatology (Baltimore, MD)*, **72**, 2000-2013. <https://doi.org/10.1002/hep.31207>
- [25] Nam, J.Y., Lee, J.H., Bae, J., *et al.* (2020) Novel Model to Predict HCC Recurrence after Liver Transplantation Obtained Using Deep Learning: A Multicenter Study. *Cancers*, **12**, Article No. 2791. <https://doi.org/10.3390/cancers12102791>
- [26] Ji, G.W., Zhu, F.P., Xu, Q., *et al.* (2019) Machine-Learning Analysis of Contrast-Enhanced CT Radiomics Predicts Recurrence of Hepatocellular Carcinoma after Resection: A Multi-Institutional Study. *EBioMedicine*, **50**, 156-165. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2019.10.057>
- [27] Oezdemir, I., Wessner, C.E., Shaw, C., *et al.* (2020) Tumor Vascular Networks Depicted in Contrast-Enhanced Ultrasound Images as a Predictor for Transarterial Chemoembolization Treatment Response. *Ultrasound in Medicine & Biology*, **46**, 2276-2286. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2020.05.010>
- [28] 代涛. 卫生决策支持系统发展的国际经验[J]. 中国循证医学杂志, 2012, 12(3): 247-250.
- [29] Moore, M. and Loper, K. (2011) An Introduction to Clinical Decision Support Systems. *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries*, **8**, 348-366. <https://doi.org/10.1080/15424065.2011.626345>
- [30] Miller, R.A. and Masarie, F.E. (1989) Use of the Quick Medical Reference (QMR) Program as a Tool for Medical Education. *Methods of Information in Medicine*, **28**, 340-345. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1636814>
- [31] Ratner, M. (2015) IBM's Watson Group Signs up Genomics Partners. *Nature Biotechnology*, **33**, 10-11. <https://doi.org/10.1038/nbt0115-10>
- [32] (2015) Oncologists Partner with Watson on Genomics. *Cancer Discovery*, **5**, Article No. 788. <https://doi.org/10.1158/2159-8290.CD-NB2015-090>
- [33] Holt, M.E., Mittendorf, K.F., Lenoue-Newton, M., *et al.* (2021) My Cancer Genome: Coevolution of Precision Oncology and a Molecular Oncology Knowledgebase. *JCO Clinical Cancer Informatics*, **5**, 995-1004. <https://doi.org/10.1200/CCI.21.00084>
- [34] Carney, P.H. (2014) Information Technology and Precision Medicine. *Seminars in Oncology Nursing*, **30**, 124-129. <https://doi.org/10.1016/j.soncn.2014.03.006>
- [35] 李军莲, 陈颖, 邓盼盼, 等. 国外基于人工智能的临床决策支持系统发展及启示[J]. 医学信息学杂志, 2018,

39(6): 2-6.

- [36] 衡反修. 临床决策支持系统的既往和将来[J]. 科技新时代, 2018(4): 21.
- [37] 中共中央 国务院印发《“健康中国 2030”规划纲要》[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2016(32): 5-20.
- [38] 国务院办公厅关于促进“互联网+医疗健康”发展的意见[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2018(14): 9-13.
- [39] Yang, Q., Wei, J., Hao, X., *et al.* (2020) Improving B-Mode Ultrasound Diagnostic Performance for Focal Liver Lesions Using Deep Learning: A Multicentre Study. *EBioMedicine*, **56**, Article ID: 102777. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2020.102777>
- [40] Wang, R., He, Y., Yao, C., *et al.* (2020) Classification and Segmentation of Hyperspectral Data of Hepatocellular Carcinoma Samples Using 1-D Convolutional Neural Network. *Cytometry Part A: The Journal of the International Society for Analytical Cytology*, **97**, 31-38. <https://doi.org/10.1002/cyto.a.23871>
- [41] Choi, G.H., Yun, J., Choi, J., *et al.* (2020) Development of Machine Learning-Based Clinical Decision Support System for Hepatocellular Carcinoma. *Scientific Reports*, **10**, Article No. 14855. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71796-z>
- [42] Yang, J., Guo, F., Lyu, T., *et al.* (2020) Research of Artificial Intelligence-Based Clinical Decision Support System for Primary Hepatocellular Carcinoma. *Chinese Medical Journal*, **100**, 3870-3873.
- [43] Zhou, N., Zhang, C.T., Lv, H.Y., *et al.* (2019) Concordance Study between IBM Watson for Oncology and Clinical Practice for Patients with Cancer in China. *The Oncologist*, **24**, 812-819. <https://doi.org/10.1634/theoncologist.2018-0255>
- [44] Zhang, W., Qi, S., Zhuo, J., *et al.* (2020) Concordance Study in Hepatectomy Recommendations between Watson for Oncology and Clinical Practice for Patients with Hepatocellular Carcinoma in China. *World Journal of Surgery*, **44**, 1945-1953. <https://doi.org/10.1007/s00268-020-05401-9>
- [45] Chiang, S.J. and Daniel, B.H. (2010) Clinical Decision Support Systems: An Effective Pathway to Reduce Medical Errors and Improve Patient Safety. IntechOpen, Rijeka.
- [46] 王帅. 浅谈目前我国医疗事故处理的现状及建议[C]//中国法医学会法医临床学专业委员会. 法医临床学专业理论与实践——中国法医学会·全国第十九届法医临床学学术研讨会论文集. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2016: 1.