

人工智能在妇科恶性肿瘤中的应用研究进展

陈紫均¹, 吕小慧², 沈宇杰¹, 廖文静¹, 杨红^{2*}

¹西安医学院妇产科, 陕西 西安

²西京医院妇产科, 陕西 西安

收稿日期: 2023年5月28日; 录用日期: 2023年6月23日; 发布日期: 2023年6月30日

摘要

近年来, 人工智能(AI)在医学领域的应用中迅速增加, 已成为现代科学技术的热点。人工智能也将在妇科恶性肿瘤学领域发挥不可替代的作用, 促进医学的发展, 进一步促进传统医学向精准医学和预防医学的转变。然而, 随着人工智能的不断发展, 人工智能在妇科恶性肿瘤中的应用也存在一些问题, 尤其是集成分类器与深度学习将对医学技术的未来产生深远的影响, 是未来医学创新和改革的有力动力。本文综述了人工智能在妇科恶性肿瘤的诊断及预测方面的应用和研究进展。

关键词

人工智能, 妇科肿瘤, 深度学习

Research Progress on Application of Artificial Intelligence in Gynecological Malignant Tumor

Zijun Chen¹, Xiaohui Lyu², Yujie Shen¹, Wenjing Liao¹, Hong Yang^{2*}

¹Obstetrics and Gynecology Department, Xi'an Medical University, Xi'an Shaanxi

²Obstetrics and Gynecology Department, Xijing Hospital, Xi'an Shaanxi

Received: May 28th, 2023; accepted: Jun. 23rd, 2023; published: Jun. 30th, 2023

Abstract

In recent years, the application of artificial intelligence (AI) in the medical field has increased rapidly and has become a hot spot of modern science and technology. Artificial intelligence will also

*通讯作者。

文章引用: 陈紫均, 吕小慧, 沈宇杰, 廖文静, 杨红. 人工智能在妇科恶性肿瘤中的应用研究进展[J]. 临床医学进展, 2023, 13(6): 10542-10548. DOI: 10.12677/acm.2023.1361474

play an irreplaceable role in the field of gynecological malignant tumor to promote the development of medicine and further promote the transformation of traditional medicine into precision medicine and preventive medicine. However, with the continuous development of artificial intelligence, there are still some problems in the application of artificial intelligence in gynecological malignant tumors. In particular, the integrated classifier and deep learning will have a profound impact on the future of medical technology and will be a powerful force for future medical innovation and reform. This paper reviews the application and research progress of artificial intelligence in the diagnosis and prediction of gynecological malignant tumors.

Keywords

Artificial Intelligence (AI), Gynecological Tumors, Deep Learning

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

1.1. 历史发展

人工智能第一次出现在 20 世纪 50 年代初。而人工智能的目标是复制人类的大脑，即就是它可以执行识别、解释、推理与转化等任务，通常能具有人类的敏锐力和影响力[1]。人类的思想通常会达到其极限。为了提高人类的能力，机器智能(MI，也被称为增强智能)是人工智能中一个更受关注的领域。在这十年间，尤其是在过去的五年的时间里，将人工智能运用到医学领域的试验明显增加[2] [3] [4] [5]。医务人员也意识到人工智能的重要性，并逐步应用于医疗领域。所以从医学诞生之日起，人工智能就与医学密切相关。在医学领域中，人工智能的目的是让机器行为更加像是医务人员的智能行为。

1.2. 机器学习

机器学习一种学习规律性的分析技术，通过数据获得一个标准，然后来根据获得的标准预测与分类未知对象，分成三种主要类型：监督学习、无监督学习还有强化学习[6]。它是人工智能的核心，同时也是使计算机具有智能的根本途径。通过使用现代化计算机的强大的操作能力和数据整合分析系统，对大批量的数据进行处理，可以使计算机具备模仿人类学习的行为，通过获取人类处理数据中的经验与技能，不断改进计算机的人工智能性能[7]。

1.3. 深度学习

深度学习作为机器学习的一个重要分支，输入和输出通过多层隐藏连接来连接，也被称为无连接节点网络服务(CNNs)。深度学习，即从大量的数据中学习，并且在数据内的模式识别方面表现尤其好；因此，在医学成像方面有巨大帮助。深度学习模型有以下三点优势。首先，该模型对非线性关系的变量拟合改进，适用于检验现实生活中的因素。深度学习方法可以模拟生存数据中存在的非线性风险函数。其次，深度学习模型不仅可以在没有显式特征工程的情况下，从原始临床数据中自动学习特征表示，而且还可以使用非线性风险函数拟合截尾生存数据[8]。换句话说，深度学习模型对于学习数据中存在的非线性关系非常强大，而且它们可以很容易地处理生存数据中的审查。因此，在深度学习模型中可以消除人口统计分组过程中产生的选择偏差。最后，使用大特征集时，深度学习模型的性能会更加优越。因为深

度学习模型具有学习特征表示的能力,所以在处理大特征集方面巨大优势,在生物医学研究有一定帮助,因为在传统的线性回归模型中包含许多变量可能会导致过拟合。

2. AI 在妇科肿瘤中的应用

随着妇科肿瘤的检出率跟准确性的提高,对于良性肿瘤可避免不必要的手术,对于恶性肿瘤的早期诊断可改善预后。机器学习模型是近几年被认为在肿瘤研究方面非常有效的一种分析方法。同时,对于预后预测和复发预测在精准医学中治疗策略的选择中有一定促进作用。另一方面,及早防范妇科恶性肿瘤可以降低患病率以及提高患者的生存率[9] [10] [11]。人工智能在妇科恶性肿瘤中的研究和应用前景,主要包括对疾病的预测、诊断、治疗、健康管理、基因检测及药物研发等方面。

2.1. AI 在宫颈癌中的应用

2.1.1. 早期预测

由于宫颈癌发展缓慢、发病隐匿,因此在疾病早期没有明显症状。所以宫颈癌癌前早期预测尤为重要。宫颈病变的早期诊断和分类大大提高了患者的成功治疗的机会。

人工智能(AI)在 HPV 阳性的女性中,与人工阅读相比,人工智能辅助阅读提高了 CIN1 (宫颈上皮内病变)的特异性,而不会降低敏感性。研究发现,在高危转诊人群中,人工智能辅助细胞学阅读在检测组织学 CIN2+方面具有相当的敏感性和特异性,并且将优于初级医院的细胞学医生[3] [12]。这显示了人工智能辅助细胞学在原发性宫颈癌筛查或分诊中的潜在价值。

基于超声图像研究了放射组学特征对早期子宫颈癌患者淋巴结转移(LNM)预测的可行性和准确性。有研究结果显示,超声图像的放射组学特征可以很好的区分对阳性(+)和阴性(-) LNM,并且在训练和验证队列中的曲线下面积(AUC)值都很高[13] [14]。超声影像标准化后,有助于放射科医生的诊断,减少有创检查和不必要的盆腔淋巴结切除术的流量。

阴道镜检查常用于检测宫颈癌,通过阴道镜检查的得到活检后进行组织学分析是检测宫颈疾病的金标准,但临床上经常缺乏能够准确诊断所需的经验丰富的阴道镜医生[15]。在妇科癌症筛查中,阴道镜检查研究有潜力成为计算机辅助设计(CAD)的先驱。此外,数字阴道镜检查是妇科 CAD 的另一个领域[1]。通过使用 CAD 系统,可以显著提高经验不足的阴道镜医生的诊断准确性。残差神经网络(ResNet)是卷积神经网络的一种[15], ResNet 在诊断宫颈高级别病变(LSIL)和宫颈低级别病变(HSIL)方面的表现明显高于阴道镜医生。CAD 的诊断结果被认为是人类阴道镜医生的“第二组眼睛”,而人类阴道镜医生需要对最终的诊断结果进行判断,即对于诊断为 CAD 的阳性患者需要转到阴道镜检查,以最终确定是否需要活检。所以 CAD 只能帮助阴道镜医生降低工作压力和提高准确性,但不能完全取代它们。

总而言之,在 AI 的帮助下,可以在 HPV 跟 CIN2 的阅片上提高诊断,在早期的宫颈癌 LNM 可提高预测,通过 CAD 提高阴道镜对于 LSIL、HSIL 的诊断,减轻临床医生工作压力,提高准确性。

2.1.2. 预后预测

对于宫颈癌患者,提高 5 年生存期是临床医生希望达到的目的。研究发现,概率神经网络(PNN)模型具有很高的预测能力[16],是预测接受根治性子宫切除术治疗的宫颈癌患者 5 年总生存期的有效工具,对根治性子宫切除术后宫颈癌患者 5 年总生存期的预测效果最好。对于有术后风险因素(RS)的患者(如手术切缘阳性、累及淋巴结转移等),缺乏进一步的风险分层。基于 PNN 特征的 RS,可以将患者进一步分为高风险组与低风险组两个风险类别,在临床病理分层后,生存期存在显著差异。高 RS 值的宫颈癌患者术后容易进展或早期死亡。因此,当病理因素不足以识别生存估计时,RS 可以作为帮助医生做出决策的个体因素[17]。与常规的手工病理判断相比, AI 具有自动化和客观性的优势,可以节省人力资源,减少

主观错误。

2.1.3. 复发预测

手术切除后的肿瘤复发对宫颈癌患者仍然是的一个巨大挑战。机器学习预测模型可以帮助医生识别术后复发或死亡的高风险患者，提醒他们高危复发部位，并估计无复发生存期或总生存期。机器学习模型能够自动从原始数据中学习特征，拟合截尾生存数据，并在处理较大的数据集和处理变量之间的非线性关系时表现出更好的性能。然而，高复发率依然是宫颈癌患者长期生存的主要威胁。为此，准确的个体预后预测和适当的术后监测对于早期发现复发是必要的，这可能大大有助于及时给予治疗，并有可能改善患者的生存预后。机器学习模型在预测位点特异性复发(局部或远处转移)方面也优于传统的逻辑模型[9]。

机器学习已逐渐融入肿瘤研究，但很少应用于预测宫颈癌。一项回顾性研究[11]开发机器学习模型来预测宫颈癌的生存和位点特异性复发，并指导个体监测。与传统模型相比，机器学习模型可能是一种更好的宫颈癌预后预测分析方法，因为它们可以同时预测生存率和位点特异性复发，特别是在使用多个变量时，机器学习模型也比传统模型表现出更好的性能[9]。

2.2. AI 在子宫内膜癌中的应用

2.2.1. 早期预测

子宫内膜癌是在发达国家中最常见的妇科恶性肿瘤，在发展中国家中是第二常见[18]。使用人工智能来预测子宫内膜癌肌层侵袭不仅会影响手术入路方法的选择，其次，它可以用来确定是否需要淋巴结切除术[19]。在早期阶段，患者有机会选择剖腹探查术或微创腹腔镜手术。而腹腔镜检查与显著缩短的住院时间相关，因此，妇科肿瘤科医生会更愿意进行腹腔镜手术。在基层医院中，人工智能技术可以帮助识别 IA 期疾病的低风险患者，通过仔细选择低风险患者，可以安全地避免淋巴结切除术，这降低了手术相关的发病率，如下肢淋巴水肿或腹腔内淋巴膨出的形成，在没有专门从事妇科的放射科医生和妇科肿瘤手术的基层医院，在人工智能术前诊断的帮助下，普通妇科外科医生可以对选择性低风险患者进行简单的子宫切除术、双侧输卵管卵巢切除术而不需要淋巴结切除术。

一研究中采用了基于三种流行的深度神经网络模型的计算机学习技术，并开发了一种连续性分析方法来提高癌症诊断的准确性。目的是开发一种基于 PNN 的自动系统来检测宫腔镜图像中子宫内膜肿瘤的存在。当采用连续性分析和结合三种神经网络时，诊断准确率达到 90% [20]。而在 MR 中，对体积肿瘤分析可能提供可能与更好的个体化和优化治疗相关的放射性肿瘤特征。对 MR 图像的全膜癌患者肿瘤的自动分割工具，能够自动提取肿瘤体积和全体积肿瘤纹理特征。该方法是一种很有前途的自动放射性肿瘤分析方法，对子宫内膜癌更好的预后和个体化治疗策略具有潜在的相关性[21]。

2.2.2. 预后预测

癌症治疗中最大的问题之一是对预后的预测。大多数的子宫内膜癌(75%)在早期阶段(FIGO I 或 II 期)被诊断出来，预后更好，5 年总生存率在 74%至 91%之间[18]。术后的治疗内容，比如化疗或者放疗，在预后中可能发挥一样重要的作用[8]。

在研究了多种机器学习方法基于现成的生物标志物来预测上皮性卵巢癌(EOC)患者的基本特征的能力中发现，人工智能技术可能提供基于术前生物标志物的有价值的诊断信息，这可能有助于 EOC 主要治疗方法之前的个性化治疗策略[22]。机器学习技术在预测 EOC 与相关的多个临床参数方面优于传统的基于回归的分析。组合弱决策树的集成方法，如梯度启动机(GBM)、随机森林(RF)和条件射频(CRF)，在 EOC 预测中性能最好。术前可预测 EOC 的高级别浆液和粘液组织型[22]。使用卷积神经网络(CNN)自动

和精确的肿瘤分割为快速全体积放射性肿瘤分析提供了新的机会，可能产生预后标志物，使更个性化的 EC 治疗成为可能。据报道，这些变量产生有前途的成像生物标记物，用于分类为低和高风险疾病[5]。EOC 原发肿瘤的自动分割方法有潜力提供接近实时的全体积放射性肿瘤轮廓，包括肿瘤体积和肿瘤纹理特性，可能与风险分层和开发更个性化的治疗策略有相关性[21]。目前的研究提出了一系列预测模型，支持一个全面的一般和预后因素，以个体化预后。

2.2.3. 复发预测

大多数早期子宫内膜癌患者的预后良好，但也有部分患者出现了复发。影响到复发的概率除了病理分期以外，还有临床和治疗因素[18]。利用新发现的规则和模式，人工智能还可以从其他输入数据中前瞻性地预测输出。人工智能的预测已在各种科学领域得到了应用和研究。在一项研究中，使用基于树的分类器(RF, DT 和增强树)，分析了每个临床因素(16 个特征)在预测复发中的重要性。在增强树分类器中，“年龄”、“阶段”和“CEA”是预测中最有价值的因素。此外，化疗疗程的数量也被认为是 3 个分类器的一个有价值的因素[8]。

2.3. AI 在卵巢癌中的应用

2.3.1. 早期预测

如果 AI 能够结合术前检查结果，产生卵巢癌概率的数值来预测最终诊断，就可以改善卵巢肿瘤的管理[2]。机器学习系统可以在初始干预前通过血液变量，包括循环肿瘤细胞，为 EOC 患者提供风险分层。该预测算法可以通过有前途的预处理分层 EOC 患者来促进个性化的治疗方案。结果显示，CTC 计数、M-CTC 百分比，以及其他血液生物标志物，可以通过机器学习方法，特别是射频分类器，为临床阶段、铂耐药性和生存提供显著的巨大的预测值[11]。一种基于人工智能(AI)的综合血清糖肽光谱分析(CSGSA-AI)方法，结合 CNN 检测 EOC 患者血清样本中的异常聚糖。将血清糖肽表达模式转换为二维(2D)条形码，让 CNN 学习和区分 EOC 和非 EOC。当根据血清 CA125 和 HE4 水平进行 CNN 训练时，诊断准确率为 95% [23]。这种简单、低成本的方法将减少患者的经济和物理负担，并有助于提高 EOC 的生存率。

在医学方面，一些报告显示了在影像学检查的诊断中，深度学习具有很高的准确性[8]。对于超声图像依赖于超声医生的经验，具有不稳定性。一些研究[4] [8] [24]对超声图像中的卵巢囊肿进行分类的图像诊断系统，该系统从头应用了深度学习网络的高级特征和纹理描述符的低层次特征融合的图像特征。深度神经网络从医学超声图像中提取的高级特征可以表征病变区域的视觉特征，而低层次的纹理特征可以描述其边缘、方向和强度分布[25]。这两种特征的结合可以描述病变区域和其他区域之间的差异，提高对于卵巢良性及恶性肿瘤的诊断。

2.3.2. 预后预测

机器学习技术在预测与上皮性卵巢癌(EOC)相关的多个临床参数方面优于传统的基于回归的分析。组合弱决策树的集成方法，如梯度启动机(GBM)、随机森林(RF)和条件射频(CRF)，在 EOC 预测中性能最好。术后可预测 EOC 的高级别浆液和粘液组织型。一个顺序的射频分类器可以区分完全切除和其他完全切除[22]。在预测生存率方面，使用[原发肿瘤(T)、淋巴结(N)、远处转移(M)]的癌症数据聚类的集成算法(EACCD)预后系统和妇产科联合会(FIGO)分期系统具有类似的性能。在患者分层中，这两个系统呈强正相关。因此，EACCD 预后系统对 FIGO 分期系统提供了深刻的验证。一研究利用 SEER 卵巢癌数据证明了 T、N 和 M 的 EACCD 预后系统，分类与 FIGO 分期系统强正相关的患者，并在生存方面具有与 FIGO 相似的预测准确性[24]。这为 FIGO 分期系统提供了一个有力的验证。结合 AI 与 CT 图像，在癌症基因组图谱中发现 CCR5 的表达水平可影响卵巢癌患者的预后[26]。AI 基于 CT 的放射组学可以作为一种预

测预后的新工具。

2.3.3. 复发预测

越来越多的证据支持,在二次细胞减少手术(SCS)时,完全细胞减少(CC)可提高复发性卵巢癌(ROC)患者的生存率。无病间隔(DFI)是预测 SCS 时预后的主要因素,而复发部位是影响 SCS 预后的另一个重要因素。通过人工智能,估计腹膜后复发的存在是预测生存期的主要因素[27]。这些监督机器学习分析被发现比传统的多元逻辑回归分析更准确地预测[22]。

除了众所周知的肿瘤标志物,CRP 和 LDH 是预测 EOC 临床分期的重要参数,如 CA125 和 CA19-9。随着临床分期的进展,CA125、CRP、LDH、Fbg 和血小板(PLT)增加,而其他标志物包括 CA19-9 降低。监督机器学习分析可以帮助识别传统多元回归分析无法识别的新的生物标志物。从术前外周血检查中获得的参数的变化本质上是肿瘤特异性和生态位特异性因素的结合。一系列无监督机器学习方法揭示了与预后相关的早期 ROC 的两个聚类,可以在术前进行分类[22]。未来的研究应探讨使用基于人工智能的机器学习算法来识别术前血液值时间序列中的预测特征,这可能会显著提高预后的准确性,值得进一步研究。

3. 小结

总而言之,目前研究发现人工智能可以显著增加于宫颈癌、子宫内膜癌及卵巢癌的早期诊断、预后预测及复发预测的准确性,有助于提高患者的生存率。在未来或许可以通过具体分型进一步提高预测准确性。人工智能模型能够通过同时处理众多因素来发现数据中的嵌入式模式,这可能有助于更好地理解癌变和癌症进展的复杂机制[22]。然而人工智能技术不能取代医生的专业知识和经验,但可以被用作辅助资源[19]。到目前为止,人工智能还不成熟,还处于起步阶段,仍然不是一个独立的程序。临床医生仍然需要充分使用人工智能来产生他们的假设,并优化人工智能在临床实践中的应用。当人工智能和临床医生相互矛盾时,临床医生仍然需要以一种有临床意义的方式来解释数据。

基金项目

国科金面上项目(82172993); 一般项目(S2023-YF-YBSF-0816)。

参考文献

- [1] Zhou, J., Zeng, Z.Y. and Li, L. (2020) Progress of Artificial Intelligence in Gynecological Malignant Tumors. *Cancer Management and Research*, **12**, 12823-12840. <https://doi.org/10.2147/CMAR.S279990>
- [2] Akazawa, M. and Hashimoto, K. (2020) Artificial Intelligence in Ovarian Cancer Diagnosis. *Anticancer Research*, **40**, 4795-4800. <https://doi.org/10.21873/anticancer.14482>
- [3] Chen, X., Pu, X., Chen, Z., et al. (2023) Application of EfficientNet-B0 and GRU-Based Deep Learning on Classifying the Colposcopy Diagnosis of Precancerous Cervical Lesions. *Cancer Medicine*, **12**, 8690-8699. <https://doi.org/10.1002/cam4.5581>
- [4] Chen, L., Qiao, C., Wu, M., et al. (2023) Improving the Segmentation Accuracy of Ovarian-Tumor Ultrasound Images Using Image Inpainting. *Bioengineering (Basel)*, **10**, Article No. 184. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10020184>
- [5] Shazly, S.A., Coronado, P.J., Yilmaz, E., et al. (2023) Endometrial Cancer Individualized Scoring System (ECISS): A Machine Learning-Based Prediction Model of Endometrial Cancer Prognosis. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, **161**, 760-768. <https://doi.org/10.1002/ijgo.14639>
- [6] Currie, G., Hawk, K.E., Rohren, E., et al. (2019) Machine Learning and Deep Learning in Medical Imaging: Intelligent Imaging. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, **50**, 477-487. <https://doi.org/10.1016/j.jmir.2019.09.005>
- [7] 郭恒川. 人工智能中的机器学习技术应用[J]. 电子技术, 2021, 50(10): 294-296.
- [8] Akazawa, M., Hashimoto, K., Noda, K., et al. (2021) The Application of Machine Learning for Predicting Recurrence in Patients with Early-Stage Endometrial Cancer: A Pilot Study. *Obstetrics & Gynecology Science*, **64**, 266-273. <https://doi.org/10.5468/ogs.20248>

- [9] Guo, C., Wang, J., Wang, Y., *et al.* (2021) Novel Artificial Intelligence Machine Learning Approaches to Precisely Predict Survival and Site-Specific Recurrence in Cervical Cancer: A Multi-Institutional Study. *Translational Oncology*, **14**, Article ID: 101032. <https://doi.org/10.1016/j.tranon.2021.101032>
- [10] Ma, J., Yang, J., Jin, Y., *et al.* (2021) Artificial Intelligence Based on Blood Biomarkers Including CTCs Predicts Outcomes in Epithelial Ovarian Cancer: A Prospective Study. *OncoTargets and Therapy*, **14**, 3267-3280. <https://doi.org/10.2147/OTT.S307546>
- [11] Richter, A.N. and Khoshgoftaar, T.M. (2018) A Review of Statistical and Machine Learning Methods for Modeling Cancer Risk Using Structured Clinical Data. *Artificial Intelligence in Medicine*, **90**, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2018.06.002>
- [12] Bao, H., Bi, H., Zhang, X., *et al.* (2020) Artificial Intelligence-Assisted Cytology for Detection of Cervical Intraepithelial Neoplasia or Invasive Cancer: A Multicenter, Clinical-Based, Observational Study. *Gynecologic Oncology*, **159**, 171-178. <https://doi.org/10.1016/j.ygyno.2020.07.099>
- [13] Jin, X., Ai, Y., Zhang, J., *et al.* (2020) Noninvasive Prediction of Lymph Node Status for Patients with Early-Stage Cervical Cancer Based on Radiomics Features from Ultrasound Images. *European Radiology*, **30**, 4117-4124. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-06692-1>
- [14] Li, P., Feng, B., Liu, Y., *et al.* (2023) Deep Learning Nomogram for Predicting Lymph Node Metastasis Using Computed Tomography Image in Cervical Cancer. *Acta Radiologica*, **64**, 360-369. <https://doi.org/10.1177/02841851211058934>
- [15] Liu, L., Wang, Y., Liu, X., *et al.* (2021) Computer-Aided Diagnostic System Based on Deep Learning for Classifying Colposcopy Images. *Annals of Translational Medicine*, **9**, Article No. 1045. <https://doi.org/10.21037/atm-21-885>
- [16] Obrzut, B., Kusy, M., Semczuk, A., *et al.* (2017) Prediction of 5-Year Overall Survival in Cervical Cancer Patients Treated with Radical Hysterectomy Using Computational Intelligence Methods. *BMC Cancer*, **17**, Article No. 840. <https://doi.org/10.1186/s12885-017-3806-3>
- [17] Chen, C., Cao, Y., Li, W., *et al.* (2023) The Pathological Risk Score: A New Deep Learning-Based Signature for Predicting Survival in Cervical Cancer. *Cancer Medicine*, **12**, 1051-1063. <https://doi.org/10.1002/cam4.4953>
- [18] Amant, F., Moerman, P., Neven, P., *et al.* (2005) Endometrial Cancer. *The Lancet*, **366**, 491-505. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)67063-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)67063-8)
- [19] Dong, H.C., Dong, H.K., Yu, M.H., *et al.* (2020) Using Deep Learning with Convolutional Neural Network Approach to Identify the Invasion Depth of Endometrial Cancer in Myometrium Using MR Images: A Pilot Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **17**, Article No. 5993. <https://doi.org/10.3390/ijerph17165993>
- [20] Takahashi, Y., Sone, K., Noda, K., *et al.* (2021) Automated System for Diagnosing Endometrial Cancer by Adopting Deep-Learning Technology in Hysteroscopy. *PLOS ONE*, **16**, e248526. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248526>
- [21] Hodneland, E., Dybvik, J.A., Wagner-Larsen, K.S., *et al.* (2021) Automated Segmentation of Endometrial Cancer on MR Images Using Deep Learning. *Scientific Reports*, **11**, Article No. 179. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80068-9>
- [22] Kawakami, E., Tabata, J., Yanaihara, N., *et al.* (2019) Application of Artificial Intelligence for Preoperative Diagnostic and Prognostic Prediction in Epithelial Ovarian Cancer Based on Blood Biomarkers. *Clinical Cancer Research*, **25**, 3006-3015. <https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-18-3378>
- [23] Tanabe, K., Ikeda, M., Hayashi, M., *et al.* (2020) Comprehensive Serum Glycopeptide Spectra Analysis Combined with Artificial Intelligence (CSGSA-AI) to Diagnose Early-Stage Ovarian Cancer. *Cancers (Basel)*, **12**, Article No. 2373. <https://doi.org/10.3390/cancers12092373>
- [24] Grimley, P.M., Liu, Z., Darcy, K.M., *et al.* (2021) A Prognostic System for Epithelial Ovarian Carcinomas Using Machine Learning. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*, **100**, 1511-1519. <https://doi.org/10.1111/aogs.14137>
- [25] Zhang, L., Huang, J. and Liu, L. (2019) Improved Deep Learning Network Based in Combination with Cost-Sensitive Learning for Early Detection of Ovarian Cancer in Color Ultrasound Detecting System. *Journal of Medical Systems*, **43**, Article No. 251. <https://doi.org/10.1007/s10916-019-1356-8>
- [26] Wan, S., Zhou, T., Che, R., *et al.* (2023) CT-Based Machine Learning Radiomics Predicts CCR5 Expression Level and Survival in Ovarian Cancer. *Journal of Ovarian Research*, **16**, Article No. 1. <https://doi.org/10.1186/s13048-022-01089-8>
- [27] Bogani, G., Rossetti, D., Ditto, A., *et al.* (2018) Artificial Intelligence Weights the Importance of Factors Predicting Complete Cytoreduction at Secondary Cytoreductive Surgery for Recurrent Ovarian Cancer. *Journal of Gynecologic Oncology*, **29**, e66. <https://doi.org/10.3802/jgo.2018.29.e66>