

# Review of Endoscopic Diagnosis of Barrett Esophagus

Yulong Wang

Graduate School of Inner Mongolia Medical University, Ordos, Inner Mongolia, 016105, China

## Abstract

Barrett's esophagus refers to the lesion caused by gastroesophageal reflux disease, which is manifested as esophageal endothelial squamous epithelium transformed into columnar epithelium. Patients with BE have a high incidence of esophageal cancer, so early diagnosis and treatment are crucial. With the increasing application of machine learning technology in the medical field, the endoscopic diagnosis of BE has also received attention. Machine learning, especially deep learning methods (e. g., convolutional neural networks, CNN), has been shown to have a potential value in improving the accuracy of endoscopic image recognition. By training the neural network, we can improve the identification of early Barrett esophageal lesions, detect the lesions in time and prevent the development of esophageal cancer. To advance this field, researchers need to construct high-quality datasets of endoscopic images and perform annotation by professional physicians.

## Keywords

Barrett esophagus; machine learning; convolutional neural network; endoscopy

## 基于机器学习的 Barrett 食管内镜下诊断综述

王毓龙

内蒙古医科大学研究生院, 中国·内蒙古 鄂尔多斯 016105

## 摘要

Barrett食管是指胃食管反流症引发的病变,表现为食管内皮鳞状上皮生为柱状上皮。BE患者有较高的食管癌发病率,因此早期诊断与治疗至关重要。随着医学领域对于机器学习技术的应用越来越广泛,BE的内镜诊断也受到了关注。机器学习,尤其是深度学习方法(如卷积神经网络,CNN),已经被证明在提高内镜图像识别准确性方面具有潜在价值。通过训练神经网络,可以提高对早期Barrett食管病变的识别能力,及时发现病变并防止发展为食管癌。为了推动这一领域的发展,研究人员需要构建高质量的内镜图像数据集,并进行专业医生的标注。

## 关键词

Barrett食管; 机器学习; 卷积神经网络; 内镜

## 1 引言

### 1.1 Barrett 食管简介

Barrett食管(Barrett's esophagus, BE)是一种食道疾病, BE的确切病因尚不清楚主要由胃食管反流症(gastroesophageal reflux disease, 简称GERD)引发。长期暴露于胃酸会损伤食管内皮,导致BE的发生。在正常情况下,食管的内壁由鳞状上皮组织组成,而胃和肠道的内壁则是由柱状上皮组织构成。当胃酸和胃内容物反流至食管时,可能导致食管损伤,长时间的刺激可能导致食管内鳞状上皮组织逐渐被柱状上皮组织所替代即化生,这种病变称为BE<sup>[1]</sup>。BE的临床表现可能包括反酸、胃灼热、吞咽困难等,但许多患者可能没有明显症状。然而,Barrett食管患者的食管癌发病率显著增高,尤其是在长段的Barrett食管

病变。通常,根据病变范围,BE病变分为<sup>[2]</sup>短段(Short-Segment Barrett's Esophagus, SSBE)和长段(Long-Segment Barrett's Esophagus, LSBE)两种类型。长段BE病变(LSBE)通常指异常柱状上皮细胞延伸超过3cm的范围。因此,对Barrett食管的早期诊断和治疗具有重要意义。目前,Barrett食管的诊断主要依靠内镜检查、窄带成像(narrow-band imaging, NBI)和组织病理活检检查。内镜检查可以直接观察食管黏膜的情况及使用NBI可以更好地观察黏膜形态及血管,但诊断仍需依赖医生的经验和判断。随着机器学习技术的发展,其在BE诊断中的应用逐渐增多<sup>[3]</sup>。

### 1.2 机器学习在医学领域的应用

随着科技的不断进步,机器学习在医学领域的应用已经变得越来越广泛,尤其在诊断、预测、治疗和研究等方面表现出巨大的潜力。以下是一些机器学习在医学领域的应用实例:

①诊断辅助: 基于机器学习的图像识别技术已经被广泛应用于医学影像诊断,如胸部X光片、CT扫描、MRI等,尤其是在CT下肿瘤的自动精准识别及肿瘤分类方面的应用

【作者简介】王毓龙(1998-),男,蒙古族,中国内蒙古鄂尔多斯人,硕士,从事消化内科内镜下诊断研究。

<sup>4]</sup>。这对于临床医生的诊断提供了极大的帮助，能够更加明确诊断，提高患者预后及生存率。此外，机器学习还被应用于病理学诊断<sup>[5]</sup>、心电图识别<sup>[6]</sup>等领域。

②预测疾病发展<sup>[7]</sup>：机器深度学习算法可以通过分析患者的临床数据、基因信息、生活习惯等多方面因素，预测疾病发生的风险、发展趋势和预后情况，从而有助于制定更加个性化的治疗方案。

③药物研发<sup>[8]</sup>：在新药研发过程中，机器学习可以协助筛选具有潜在治疗效果的化合物、预测药物的作用机制和可能的副作用，从而降低药物研发的时间和成本。

④基因组学：机器学习已经在基因组学研究中发挥了重要作用，如基因表达分析、基因功能预测、基因调控网络分析等。通过这些研究，基因组学专家可以更好地理解基因之间的相互作用，从而揭示疾病的发生机制和发展规律。

⑤精准医疗：结合患者的基因组数据、临床表型和生活习惯等信息，机器学习可以为患者提供个性化的治疗方案，使医疗服务更加精准、高效和安全。

⑥流行病学研究：利用机器学习算法分析海量的流行病学数据，可以预测和控制传染病的传播，对公共卫生政策制定提供有力支持。

机器学习尤其是基于卷积神经网络的深度机器学习在医学领域的应用越来越广泛，已经涉及多个学科，在临床上发挥着越来越重要的角色，它将很大程度取代许多临床医师的工作，而且将提高临床医师的工作效率。所以每个临床医师应了解关注这项技术的发展，甚至可以应用于自身的研究。机器学习在未来将会是临床工作的主流发展方向。

## 2 机器学习在 Barrett 食管的内镜图像诊断中的应用

机器学习的核心是让计算机在算法指导下自主探索大量输入数据样本的结构和潜在规律，为机器提供一定程度的智能，从而实现对新样本的智能识别，甚至预测未来。机器学习的目标在于利用特定的网络结构来构建数学模型，选择适当的学习策略和训练方法。通过学习输入数据的结构和内在规律，持续调整网络参数，并运用数学工具寻找模型预测反馈的最优化，从而提高泛化能力并避免过拟合。而机器深度学习尤其是卷积神经网络（CNN）其本质是每一个卷积层包含一定数量的特征面或者卷积核，与传统的机器学习算法相比，CNN 中卷积层的权值共享使用网络中可训练的参数变少，降低了网络模型复杂度，减少拟合度，从而获得了一个更好的泛化能力。

Sommen 等人开发了一种采用特定纹理、滤波器 and 机器学习的计算机算法来检测 BE 早期肿瘤病变，通过收集 44 例 BE 患者的 100 张内镜图像，其方法大致为：①数据预处理：内窥镜图像可能受到光照不均、遮挡、模糊等因素的影响。因此，需要对图像进行预处理，包括去噪、对比度增强和颜色校正等，以改善图像质量。②感兴趣区（ROI）勾画：所选图像中的肿瘤病变由一名专家划定，该专家对内镜检查

结果和病理不知情。③特征提取：利用他们所设计的特征提取系统进行机器学习。④分类器设计：通过训练分类器（如全连接层、支持向量机等），将提取到的特征映射到对应的病变类别。可以使用交叉熵损失函数优化模型参数，并使用准确率、敏感性和特异性等指标评估模型性能。⑤模型验证与调优：通过交叉验证、留出法等方法对模型进行验证，调整模型参数以获得最佳性能。可用性指标包括准确率、F1 分数、受试者工作特征曲线（ROC）下的面积（AUC）等。Ghatwary 等人采用卷积神经网络（Convolutional Neural Networks, CNN）的机器深度学习模型来定位食管内镜图像中的异常病变。而且其得出的模型的灵敏度达到了 90% 且特异度为 88%。Ebigbo 等人的文章中明确提出基于卷积神经网络的计算机辅助诊断系统（CAD-DL）是可以被训练，从而能准确的识别 BE 并对其分类，还能进一步对肿瘤区域进行分割识别，其未来可能成为内镜医师重要的辅助诊断工具甚至代替。

总的来说，机器学习方法，尤其是深度学习技术（如卷积神经网络），在内镜下 BE 的图像识别中已取得显著进展。研究表明，使用机器学习技术可以提高 BE 早期病变的检测准确性，从而有助于及时诊断和治疗，提高病人生存率及预后。但在临床实践中，还需要严格的验证和评估。

## 3 机器学习在 Barrett 食管诊断中的挑战与前景

### 3.1 数据的质量与选择

在 Barrett 食管研究中，数据质量与选择对于机器学习模型的成功至关重要。以下是数据质量与选择方面的具体挑战和应对措施：

①数据类型：Barrett 食管研究涉及多种类型的数据，如内镜图像、病理切片、临床检验结果、患者基本信息、生活习惯和基因信息等。选择合适的数据类型以解决特定问题是关键。同时，多模态数据的融合可能带来更好的预测性能。

②数据质量：高质量的数据对于训练可靠的模型至关重要。对于内窥镜图像，质量可能受到图像分辨率、采集角度、光照条件等因素影响。在数据收集阶段，应确保图像清晰、代表性，避免模糊、过曝等问题。对于病理切片、临床检验结果等数据，也需要确保准确性和可靠性。

③数据标注：标注是机器学习中的关键环节。在 Barrett 食管研究中，内镜图像和病理切片的标注需要医学专家的参与。为确保标注质量，应进行多轮标注和审核，解决标注不一致和误差问题。

④数据不平衡：在 Barrett 食管研究中，正常组和病变组的数据分布可能不均衡。这会导致机器学习模型在训练过程中对某一类别过拟合，影响预测性能。为解决数据不平衡问题，可以采用过采样、欠采样、数据增强等方法，以改善数据分布。

总之，在 Barrett 食管研究中，数据质量与选择对于机器学习模型的性能具有决定性作用。通过关注数据类型、质量、标注、平衡等方面的问题，可以提高模型的准确性和可靠性。

### 3.2 模型的有效性与其可解释性

在 Barrett 食管研究中，模型的有效性和可解释性对于实现机器学习技术在临床应用的关键。以下是关于模型有效性与可解释性的具体论述：

①模型有效性：模型有效性主要体现在预测、分类和诊断性能的准确性、稳定性和泛化能力。确保模型有效性的方法包括：

a. 交叉验证：通过对训练数据集进行分割，将其分为训练子集和验证子集，以便对模型的性能进行评估。这可以防止过拟合，提高模型的泛化能力。b. 外部验证：通过独立的、未参与训练的数据集进行模型验证，以评估模型在实际应用中的准确性和稳定性。c. 性能指标：选用合适的性能指标（如准确率、敏感性、特异性、AUC 等）来评估模型的预测、分类和诊断能力。d. 模型选择与调优：根据研究问题和数据特点，选择合适的模型和算法，进行参数调优以优化模型性能。

②模型可解释性：模型可解释性是指模型能够为其预测、分类和诊断结果提供直观、可理解的解释。增强模型可解释性的方法包括：a. 选择可解释性强的模型：如线性回归、决策树、支持向量机等模型具有较强的可解释性，可以直观地理解其决策过程。b. 特征选择与权重分析：通过特征选择算法筛选出与预测目标密切相关的特征，分析其权重，以解释模型的决策依据。c. 可解释性算法：针对深度学习模型，可以使用 LIME（局部可解释性模型敏感性）、SHAP（Shapley 值）等可解释性算法，分析模型的决策过程，生成可解释性报告。d. 可视化：通过可视化技术（如激活图、热力图等）展示模型在预测、分类和诊断过程中关注的区域，帮助医生理解模型的决策过程。在 Barrett 食管研究中，确保模型有效性和可解释性至关重要。通过采用上述方法，可以提高模型在实际临床应用中的准确性、稳定性和可信度，为医生提供有力支持。

### 3.3 法规与伦理问题

在将机器学习应用于 Barrett 食管研究中，法规和伦理问题是不容忽视的重要方面。以下是关于法规与伦理问题的具体论述：

①数据保护与隐私：涉及患者信息的数据收集、存储和处理需要遵守相关法规，如欧洲的 GDPR（General Data Protection Regulation）和美国的 HIPAA（Health Insurance Portability and Accountability Act）。为保护患者隐私，研究者需对数据进行脱敏处理，删除可识别个人信息的内容。同时，实施加密和访问控制等措施，确保数据安全。

②数据共享与合作：在多机构、跨国合作的研究中，需要遵守各国和地区的数据传输和使用法规。建立合适的数数据共享协议和机制，确保数据的合规使用。同时，鼓励开放科研，推动数据资源的共享和利用。

③伦理审查：开展涉及人类研究的机器学习项目，需

通过伦理审查，确保研究符合伦理原则。伦理审查通常关注：患者知情同意、风险与收益评估、公平性、尊重个人自主权等方面。

④公平性与歧视：机器学习模型需要避免歧视性偏见，确保公平性。研究者应在数据收集、模型设计和评估阶段充分关注公平性问题，避免模型产生不公平的结果。这包括确保数据集的多样性、控制模型的潜在偏见和使用公平性评估指标。

⑤模型透明度与责任归属：当机器学习模型在 Barrett 食管研究中出现错误或不良结果时，需要明确责任归属。研究者、开发者和医疗机构之间需要建立合适的责任分配机制，明确各方的权责。同时，提高模型的透明度，增强医疗机构和患者对模型的信任。

## 4 结论

利用机器学习，特别是深度学习技术（如卷积神经网络）进行内镜下 Barrett 食管图像识别，来提高早期病变的检测准确性对临床医生是有很大帮助的，现在已经广泛应用于临床，其可以预测 BE 发展的风险、恶变的可能性。基于卷积神经网络的内镜检查结果自动检测和分类内镜下病变将成为未来机器深度学习的主流，但同时深度学习模型可能被视为“黑箱”，难以解释其作出决策的原因，这在医学应用中可能会引发担忧。未来研究需要关注这些不足之处，并继续探索如何将这技术更好地应用于临床实践当中去。

## 参考文献

- [1] Spechler SJ, Souza RF: Barrett's esophagus. *N Engl J Med* 2014(371):836-845.
- [2] Yamasaki A, Shimizu T, Kawachi H, et al. Endoscopic features of esophageal adenocarcinoma derived from short-segment versus long-segment Barrett's esophagus[J]. *Gastroenterol Hepatol*, 2020(35):211-217.
- [3] Min JK, Kwak MS, Cha JM. Overview of Deep Learning in Gastrointestinal Endoscopy[J]. *Gut Liver*, 2019(13):388-393.
- [4] Aerts HJ, Velazquez ER, Leijenaar RT, et al. Decoding tumour phenotype by noninvasive imaging using a quantitative radiomics approach[J]. *Nat Commun*, 2014(5):4006.
- [5] Madabhushi A, Lee G. Image analysis and machine learning in digital pathology: Challenges and opportunities[J]. *Med Image Anal*, 2016(33):170-175.
- [6] Ribeiro AH, Ribeiro MH, Paixão GMM, et al. Automatic diagnosis of the 12-lead ECG using a deep neural network[J]. *Nat Commun*, 2020(11):1760.
- [7] Choi E, Schuetz A, Stewart WF, et al. Using recurrent neural network models for early detection of heart failure onset[J]. *Am Med Inform Assoc*, 2017(24):361-370.
- [8] Chen H, Engkvist O, Wang Y, et al. The rise of deep learning in drug discovery[J]. *Drug Discov Today*, 2018(23):1241-1250.