

# 影像组学在鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤中的研究进展

崔倩倩<sup>1</sup> 蔡晓<sup>2</sup> 孙杰<sup>2</sup>

1. 青海大学临床医学院 青海西宁 810001

2. 青海省人民医院 青海西宁 810007

**摘要:** 鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤(SNIP)是最常见的良性鼻窦肿瘤之一,近年来发病率呈逐步上升趋势。鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤的准确诊断是选择适当的治疗方法、避免术后复发及恶变的关键,影像学检查是鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤主要的诊断方法,在判断病灶的根基部、侵犯情况和手术方式选择中起重要作用。随着检查设备的不断更新,影像对鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤的辅助诊断价值不断提高。本文就影像学资料在鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤中的研究进展进行综述。

**关键词:** 鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤; X线; CT; MRI; PET; 影像融合

鼻内翻性乳头状瘤(Sinonasal inverted papilloma, SNIP),是鼻腔鼻窦疾病中常见的良性上皮源性肿瘤。其特点是呈侵袭破坏性生长,发病后会破坏鼻腔鼻窦及其周围的解剖结构,使骨质重塑,且易复发和恶变,故被认为属交界性肿瘤<sup>[1]</sup>(生物学特性位于良恶性之间的肿瘤)。鼻内翻性乳头状瘤的年发病率约每10万人有2至6人发病,患者以中年男性多见<sup>[2]</sup>。

鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤的病因及发病机制尚不清楚,但有学者认为,SNIP的发生可能与病毒感染或有鼻息肉增生及慢性炎症等因素存在联系<sup>[3]</sup>。Fulla等<sup>[4]</sup>,使用PCR和p16IHC,在4/77患者中检测到HPV-11DNA,并且报告了SNIP中HPV DNA的低流行率,并且认为HPV是一个病因。SNIP具有侵袭性生长的特点,与其他良性肿瘤相比,易复发,并有转化为鳞状细胞癌(SCC)的风险<sup>[5]</sup>。且这类疾病发病早期临床症状并不明显,临床上患者多以“鼻塞、流涕、涕中带血”等症状为主,目前手术切除是主要的治疗手段,如果手术切除不彻底、肿物有残留,复发肿瘤恶变风险会明显增加<sup>[6]</sup>。因此,早期诊断具有积极的临床意义,为了改善SNIP患者预后,争取最佳治疗时机<sup>[7]</sup>。

目前临床上对SNIP诊断以影像学为主,CT和MRI是临床上常用的影像学诊断技术,其在SNIP的诊断中发挥关键作用<sup>[8,9]</sup>。CT及MRI检查能准确定位肿瘤的起源部位,判断肿瘤侵犯范围,对是否合并恶性病变作出预测,同样对制订合理的手术方案至关重要,直接关系到能否彻底切除SNIP、降低复发风险<sup>[10]</sup>。术前准确判断肿物的根基部是手术成功的关键<sup>[11,12]</sup>。该文将通过影像

学资料在SNIP的相关研究进展综述如下。

## 一、X线在SNIP影像组学研究中的应用

X线技术的发展史是一个充满探索与发现的过程。1895年,德国物理学家伦琴在阴极实验中偶然发现一种具有强穿透力的射线,因性质未知将其命名为“X线”,开启了医学影像学的新纪元;20世纪中叶,X线成为医学诊断常见的检查手段之一。第一台数字X线摄影设备的诞生,将传统胶片转变为数字图像,便于存储、传输和处理,为现代CT、DR的发展奠定了基础。X光成像是透视投影成像,通过X光穿透人体后,因骨骼、肌肉等不同组织吸收的射线量不同,形成了明暗对比的影像,目前已被应用于骨科、介入和心血管等手术引导中。<sup>[13]</sup>现在,X线技术仍在不断发展,为疾病的诊断和治疗提供了更有力的支持。

在SNIP的影像组学研究中,X线明显的优点是成本低廉、操作便捷,成为初步筛查SNIP的可行手段。同时X线也仍有缺点和局限性。X线的分辨率有限,难以清晰显示细微病变。早期SNIP,因微小的肿瘤组织与周围正常组织在X线影像上对比度低,容易漏诊。X线影像易受组织重叠干扰,难以准确判断病变范围和性质。<sup>[13]</sup>并且X线对软组织分辨能力差,难以区分肿瘤与周围正常组织,在判断肿瘤侵犯深度及与周围组织关系上存在不足,这些限制使得X线在SNIP的精准诊断中逐渐被更先进的CT和核磁检查所替代。不过在一些基层医院,X线仍然是重要的初筛工具。

## 二、CT影像组学在SNIP中的应用

电子计算机断层扫描,也就是我们常说的CT检查。

早期的CT机器运行速度缓慢,成像分辨率较低,人体结构只能大概显示。如今,科技进步让CT在硬件方面不断提升。现在的CT中探测器数量增多,能更准确的捕捉X线信号;球管性能的提升,使获取图像更加清晰;处理图像的电脑算法从简单的滤波反投影算法发展为迭代重建算法,不仅图像质量提升了,辐射剂量也降低了。现在的多层螺旋CT能在很短的时间内完成对人体器官的扫描,基本不会出现因为病人动来动去造成的模糊影像。双源CT和宽锥CT的出现,在心脏成像、血管成像等领域发挥着更为重要的作用。CT检查还可以展开三维重建操作,对病灶部位解剖结构、血管走向、骨骼都可清晰显示。除此以外,CT检查属断层图像,有非常高的密度分辨率<sup>[14]</sup>。

在SNIP的CT诊断中,其影像学特征具有高度特异性,对术前定位、定性及手术规划至关重要。鼻窦内翻性乳头状瘤(SNIP)在CT影像上有一系列特征性改变。在有关研究中<sup>[20, 21]</sup>,骨炎是炎性细胞因子诱导的成骨细胞反应性变化引起的骨炎性变化。组织学上,它被描述为骨膜增厚、成骨细胞边缘和未成熟的编织骨。<sup>[21]</sup>在CT扫描中,这些变化表现为受累鼻窦骨壁增厚硬化、新骨形成或骨质增生。但这些改变在慢性炎症性鼻窦病中也有描述。因此,鼻窦CT扫描上存在骨炎并不是SNIP的特异性。此外,在其他良性和恶性鼻窦肿瘤患者中也有新成骨报道。据相关文献报道<sup>[15]</sup>,SNIP病变多发生于单侧鼻窦,呈现均匀的软组织密度影,部分伴有钙化或出血,密度略有差异。肿瘤生长形状不规则,会沿鼻窦自然腔隙生长,致使窦腔膨胀扩大,窦壁骨质受压破坏吸收。高分辨率CT能够清晰显示骨质破坏(如中鼻甲、筛窦纸板)、肿瘤钙化及周围侵犯。与恶性肿瘤不同,SNIP以“骨重塑”为主<sup>[16, 17]</sup>。当肿瘤突破窦壁侵犯至周围结构(如眼眶、颅底等)时,CT可清晰显示蔓延到邻近组织。凭借这些CT特征性表现,能够对SNIP做出初步诊断,局限性骨质增生已被反复报道为IP附着的影像学预测指标<sup>[18]</sup>,但最终确诊仍需结合其他检查。Lee等人<sup>[19]</sup>报告了通过识别局灶性骨质增生的预测值为89.1%。在他们的研究中,任何弥漫性骨质增生的部位都不被认为是阳性发现。<sup>[19]</sup>与之前研究的预测价值差异(41%对89%)可能是由于与之前研究中描述的更广泛的解剖部位相比,该系列中骨炎解剖区域的分类非常具体。CT难以对SNIP的良恶性做出精准判断。仅通过CT影像,很难准确区分肿瘤的性质,误诊或漏诊的风险较高。

### 三、MRI影像组学在SNIP中的应用

磁共振成像(MRI)近几年来发展迅速,在鼻窦内

翻性乳头状瘤(SNIP)诊断在内的医学领域,展现出独特优势。早期MRI检查速度缓慢,图像分辨率低,临床能应用的病种很少。随着科技升级,特别是超导磁体和梯度线圈等核心部件的改进,MRI成像速度及分辨率大幅提升。MRI尽管应用于临床的历史不长,已经展现出独特的优势。MRI工作原理是利用人体组织内氢原子核在强磁场下的共振特性成像<sup>[22]</sup>。MRI可以实现多方面成像,对细小解剖结构(如神经节、神经根等)能清晰映射;还可对病灶组织的生化特性综合分析;对软组织分辨率强,能对不同组织进行区分,利于疾病的利于尽早明确<sup>[23]</sup>。

MRI检查肿瘤诊断方面有独特优势,它能清晰显示肿瘤的部位、大小及范围;不仅能判断肿瘤是否发生囊性变、有无引起阻塞性炎症及息肉,还能帮助鉴别恶性肿瘤、炎症性病变;其最大的优点是无痛、无辐射,且对软组织分辨率高还有多平面成像的优势;MRI能清楚地反映出肿瘤内部结构的变化。还可明确手术方案,避免切除不彻底引起术后复发,保证治疗方案的有效性<sup>[24]</sup>。

据最近相关文献报道,在MRI上,80%的SNIP在MRI成像上表现为“曲折的脑样强化”(convoluted cerebellar patterns, CCP)。<sup>[15]</sup>肿瘤实质部分因富含血管,对比剂注入后迅速强化,呈现出如同脑回状的外观,这一特征高度提示SNIP的诊断。SNIP在T1序列中,SNIP多表现为等信号,在T2序列时,常显示为高信号。<sup>[25]</sup>MRI能够清晰显示肿瘤对鼻甲、鼻中隔等结构的挤压推移;可以准确显示骨质侵蚀破坏的部位和程度;对眶壁、颅底的侵犯也能清晰显示。有助于评估肿瘤的侵犯范围,为后续治疗提供重要参考<sup>[1, 9, 19]</sup>。虽然MRI可以通过ADC值、T1WI和T2WI信号强度等参数辅助预测SNIP的恶性转化,但这些指标的敏感性和特异性仍有限<sup>[26]</sup>。Wang等人<sup>[27]</sup>证明SNIP和恶性肿瘤在T2均匀性、CCP和其他MRI参数方面存在明显差异;非增强和静态结合动态对比增强MRI有助于识别SNIP和恶性肿瘤<sup>[27]</sup>。另一文献指出,通过伪连续动脉自旋标记获得的肿瘤血流诊断价值能够使用3.0-T MRI有效区分SCC、非侵袭性SNIP和侵袭性SNIP<sup>[28]</sup>。Nakamaru等人<sup>[29]</sup>分析了10例连续的SNIP患者,并通过组织学评估证实了这些患者的诊断。研究表明,与CT扫描相比,MRI显示出更高的特异性,并表明与单独使用CT或MRI相比,术前CT和MRI的组合可能能够提供更有用的信息<sup>[29]</sup>。所以,MRI对肿瘤的内部结构特征的显示虽然有助于判断肿瘤良恶性,但对于早期恶性转化的预测能力仍需结合其他影像学手段。

#### 四、PET/CT影像组学在SNIP中的应用

PET/CT融合了正电子发射断层显像(PET)和计算机断层扫描(CT)两种技术,它的诞生是医学影像学的重大飞跃。PET/CT已在全球范围内广泛应用,其不仅用于肿瘤的早期诊断、分期与疗效评估;还应用于神经系统、心血管系统疾病的诊断与研究,成为现代医学不可或缺的诊断工具。正电子发射断层扫描(PET)是一种医学成像,可以可视化底层组织和器官的代谢或生化功能。<sup>[30]</sup>使用示踪剂(通常为氟脱氧葡萄糖)来证明代谢活性。为了量化代谢活动的程度,测量了标准化摄取值(SUV)。<sup>[31]</sup>肿瘤细胞比非肿瘤细胞具有更高的代谢率。PET/CT实现了功能影像与解剖影像的同机融合,极大提高了诊断的准确性。SPECT-CT、MRI-PET等多种融合设备相继研发成功,影像融合技术进入快速发展阶段。

PET/CT通过观察病变组织的代谢活性,判断肿瘤的活跃程度,能早期发现常规影像学难以察觉的微小病变,从而进行准确的术前评估。先前的一项研究表明,正电子发射断层扫描(PET)或带有18F-氟脱氧葡萄糖(FDG)的PET/CT可能有助于检测鼻窦恶性肿瘤。<sup>[32]</sup>在肿瘤诊断方面,PET/CT比CT或MRI等传统影像学具有显著优势,癌症筛查和术后复查,PET往往能给出更早预警。<sup>[30]</sup>尽管大多数研究描述与良性SNIP相比,携带SCC的SNIP患者的SUV值更高,但值仍然存在重叠。据报道,良性肿瘤的SUV值超过30,这通常与SNIP也含有嗜酸细胞或圆柱形状瘤成分有关。<sup>[33, 34]</sup>从特征表现来看,SNIP在PET/CT上多呈现为高代谢病灶,代谢活性显著高于周围正常组织。Jeon等<sup>[33]</sup>指出,PET/CT和MR成像在检测和预估与SNIP相关的共存SCC的程度方面存在很大差异。由于缺乏确切的1:IMR和PET/CT病理相关性,不确定其研究结果表明PET/CT在诊断共存SCC的SNIP方面优于MR成像。尽管2019年发表了关于鼻窦恶性肿瘤和前颅底肿瘤管理的国际共识声明,但并未讨论PET扫描的作用。因此,关于PET扫描在鼻窦恶性肿瘤管理中的作用仍未达成共识,因此有必要进行系统评价。

#### 五、多模态影像融合与影像组学

多模态影像融合,是指将来自不同成像设备、反映人体不同特征的影像数据进行整合,比如将CT、核磁影像整合,能得到更全面、准确的信息和诊断。随着人工智能技术的进步,多模态影像融合技术迎来新的突破。人工智能算法不仅能自动进行影像配准,还能对融合影像进行分析,挖掘潜在信息,辅助医生对病情进行判断。现在,这项技术已广泛应用于各大医学领域。

Chowdhury及其同事开发了一个深度学习模型,该模型以85%的准确率评估了CT扫描中鼻道口复合体的通畅性(开放与闭合)<sup>[35]</sup>。Liu及其同事开发了一种深度学习模型,以78%的准确率区分SNIP和SNIP-SCC<sup>[35]</sup>。Yang等人<sup>[36]</sup>将术前CT与增强CT和MRI进行多模态影像融合,穿刺活检病理诊断阳性率为100%,手术切除的15例患者中,14例(93.3%)实现完全切除,次全切除1例(侵犯海绵窦)。术后随访时间9个月,无复发患者,未出现严重并发症。在神经外科领域,医生根据术前患者脑部影像分割重建结果,手动勾勒出肿瘤轮廓,从而合理规划开颅切口。Dai等<sup>[37]</sup>提出一种新型交互式手术规划方法确定开颅切口位置,该方法基于病灶建模结果生成虚拟手术切口,并根据虚拟切口将实际的开颅手术路径规划到患者头部。在骨科手术中,医生通过术前规划系统设计骨肿瘤切除保肢重建手术的截骨平面,避开血管、神经、软组织等重要的解剖结构,并进行个性化模拟假体的植入规划,计算假体植入后的力学参数<sup>[38]</sup>。上述研究证实联合多序列、多组学特征的预测模型优于单序列、单组学特征模型,并为早期预测、定制手术方案等提供可靠且科学的影像学方法。

#### 六、总结与展望

影像组学是近年来一种新兴的医学影像分析技术,它从CT、MRI等医学图像中高容量提取大量特征,为SNIP这类疾病的诊断、治疗和预后提供全新思路。当然在实际应用中也面临以下挑战:(1)影像组学特征的提取和分析缺乏统一的标准,不同研究在特征选择、算法应用和模型构建等方面存在差异,导致研究结果的可比性和重复性较差。(2)样本量不足是制约影像组学研究的重要因素,尤其是在SNIP这类相对少见的疾病中,难以收集到足够数量的病例,影响分析结果的可靠性。(3)影像组学模型的临床转化需要进一步开展前瞻性研究,验证模型的有效性和实用性。

可以预见,未来,影像组学将为SNIP的诊疗带来更多突破。随着硬件设备的更新迭代,将进一步提高影像的分辨率和采集速度,为影像组学提供更丰富、准确的信息;建立统一的影像组学标准和规范,提高研究的可重复性和可比性;通过多中心合作、扩大样本量,提高模型的泛化能力。人工智能和机器学习算法的发展,有助于实现多模态自动融合与分析,结合数据和临床信息,设计更精准的诊断、复发预测和恶变风险评估模型;还可与远程医疗相结合,让基层医疗机构的患者也能享受到优质的影像诊断服务,真正实现优质医疗资源的下沉。

## 参考文献

- [1] Fan D, Zhu Y, Yang J, Hou J. Global research on sinonasal inverted papilloma over the past two decades: a bibliometric analysis. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 2024 Apr;44(2):83-90. doi: 10.14639/0392-100X-N2522.
- [2] 吴燕妮, 金鑫, 吕世霞. CT及MRI用于鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤临床诊断中的价值探析[J]. *影像研究与医学应用*, 2021, 5(17): 147-148. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3807.2021.17.071.
- [3] 王洪泽. CT、MRI应用于诊断鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤的临床价值观察[J]. *中西医结合心血管病电子杂志*, 2019, 7(18): 78.
- [4] Fulla M, Szafarowski T, Frias-Gomez J, et al. Human papillomavirus and factors associated with recurrence in Sinonasal inverted Papillomas from Poland and Spain. *Head Neck Pathol.* 2020;14(3):758-767. doi: 10.1007/s12105-019-01125.
- [5] Goudakos JK, Blioskas S, Nikolaou A, et al. Endoscopic resection of sinonasal inverted papilloma: systematic review and meta-analysis. *Am J Rhinol Allergy* 2018;32:167-174.
- [6] 江雪, 冯丽春, 代保强. CT及MRI在鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤的临床诊断中的应用价值[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2017, 15(10): 33-36. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2017.10.011.
- [7] 李骥征, 李常城, 李东海, 吕宝华. CT及MRI在鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤的临床诊断中的应用价值[J]. *中国保健营养*, 2023, 33(18): 25-27.
- [8] 房高丽, 王成硕. 鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤起源部位的影像学研究进展[J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2014, 28(23): 1902-1906. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1781.2014.23.
- [9] Nakamaru Y, Fujima N, Takagi D, et al. Prediction of the attachment site of sinonasal inverted papillomas by preoperative imaging. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2014;123:468-474.
- [10] Fang G, Lou H, Yu W, et al. Prediction of the originating site of sinonasal inverted papilloma by preoperative magnetic resonance imaging and computed tomography. *Int Forum Allergy Rhinol.* 2016, 6(12): 1221-1228.
- [11] Ojiri H, Ujita M, Tada S, et al. Potentially distinctive features of sinonasal inverted papilloma on MR imaging. *AJR Am J Roentgenol.* 2000;175(2):465-468. doi: 10.2214/ajr.175.2.1750465.
- [12] Archang M, Chew L, Han AY, et al. Sinonasal papillomas: 10-year retrospective analysis of etiology, epidemiology, and recurrence[J]. *Am J Rhinol Allergy.* 2022, 36(6): 827-834. DOI: 10.1177/19458924221116441.
- [13] Nagamatsu M, Maste P, Tanaka M, et al. Usefulness of 3D CT/MRI Fusion Imaging for the Evaluation of Lumbar Disc Herniation and Kambin's Triangle. *Diagnostics (Basel).* 2022 Apr 12;12(4):956. doi: 10.3390/diagnostics12040956.
- [14] Ji X, Feng M, Treb K, et al. Development of an integrated C-arm interventional imaging system with a strip photon counting detector and a flat panel detector[J]. *IEEE Transactions on Medical Imaging.* 2021, 40(12): 3674-3685.
- [15] 陈安全, 杨龙, 陈芳, 等. 鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤27例的CT征象及误诊分析[J]. *福建医药杂志*, 2018, 40(3): 72-75.
- [16] Tuşaliu M, Mogoantă CA, Iancu C, et al. Sinonasal inverted papilloma from diagnosis to treatment—a narrative review. *Rom J Morphol Embryol.* 2024 Oct-Dec;65(4):599-607. doi: 10.47162/RJME.65.4.06.
- [17] Chawla A, Shenoy J, Chokkappan K, Chung R. Imaging features of sinonasal inverted papilloma: a pictorial review. *Curr Probl Diagn Radiol.* 2016;45(5):347-353. doi: 10.1067/j.cpradiol.2015.10.004.
- [18] Ojiri H, Ujita M, Tada S, Fukuda K. Potentially distinctive features of sinonasal inverted papilloma on MR imaging. *AJR Am J Roentgenol.* 2000;175(2):465-468. doi: 10.2214/ajr.175.2.1750465.
- [19] Prediction of the originating site of sinonasal inverted papilloma by preoperative magnetic resonance imaging and computed tomography. Fang G, Lou H, Yu W, et al. *Int Forum Allergy Rhinol.* 2016;6:1221-1228. doi: 10.1002/alr.21836.
- [20] Lee DK, Chung SK, Dhong HJ, et al. Focal hyperostosis on CT of sinonasal inverted papilloma as a predictor of tumor origin. *Am J Neuroradiol.* 2007;28:618-621.
- [21] Roh HJ, Procop GW, Batra BS, et al. Inflammation and the pathogenesis of inverted papilloma. *Am J Rhinol.* 2004;18:65-74.
- [22] Chiu AG, Jackman AH, Antunes MB, et al. Radiographic and histologic analysis of the bone underlying inverted papillomas. *Laryngoscope.* 2006;116:1617-1620.

[23]雷杜晶, 林倩. CT与MRI在鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤诊断中的比较[J]. 医疗装备, 2018, 31(6): 34-35.

[24]王明婕, 侯丽珍, 周兵等. 鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤恶变的相关危险因素分析[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2021, 35(7): 627-632.

[25]王婧, 乔俊霞. 内翻性乳头状瘤的MscT与MRI特征性表现[J]. 检验医学与临床, 2019, 16(8): 1141-1142, 1145.

[26]Li W, Lu H, Zhang H, et al. Squamous cell carcinoma associated with inverted papilloma: recurrence and prognostic factors. *Oncol Lett.* 2019;19(1):1082-1088. doi: 10.3892/ol.2019.11185.

[27]Qi M, Xia Z, Zhang F, Sha Y, Ren J. Development and validation of apparent diffusion coefficient histogram-based nomogram for predicting malignant transformation of sinonasal inverted papilloma. *Dentomaxillofac Radiol.* 2023 Sep;52(6):20220301. doi: 10.1259/dmfr.20220301.

[28]Wang X, Zhang Z, Chen X, et al. Value of magnetic resonance imaging including dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging in differentiation between inverted papilloma and malignant tumors in the nasal cavity. *Chin Med J (Engl)* 2014;127:1696-1701.

[29]Fujima N, Nakamaru Y, Sakashita T, et al. Differentiation of squamous cell carcinoma and inverted papilloma using non-invasive MR perfusion imaging. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015;44:20150074. doi: 10.1259/dmfr.20150074.

[30]Nakamaru Y, Fujima N, Takagi D, Tsukahara A, Yoshida D, Fukuda S. Prediction of the attachment site of sinonasal inverted papillomas by preoperative imaging. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2014;123:468-474. doi: 10.1177/0003489414527224.

[31]Griffeth LK. Use of Pet/Ct scanning in cancer patients: technical and practical considerations. *Baylor Univ Med Center Proc* 2005;18(4):321-330. doi: 10.1080/08998280.2005.11928089

[32]Win AZ, Aparici CM. Normal SUV values

measured from NaF18- PET/CT bone scan studies. *PLoS One* 2014;9(9):e108429. doi: 10.1371/journal.pone.0108429

[33]Zhang SC, Wei L, Zhou SH, Zhao K. Inability of PET/CT to identify a primary sinonasal inverted papilloma with squamous cell carcinoma in a patient with a submandibular lymph node metastasis: A case report. *Oncol Lett.* 2015 Aug;10(2):749-753. doi: 10.3892/ol.2015.3328. Epub 2015 Jun 5.

[34]Jeon TY, Kim HJ, Choi JY, et al. 18F-FDG PET/CT findings of sinonasal inverted papilloma with or without coexistent malignancy: comparison with MR imaging findings in eight patients. *Neuroradiology* 2009;51(4):265-271. doi: 10.1007/s00234-009-0510-2

[35]Yilmaz I, Reyhan M, Canpolat T, et al. Positron emission tomography evaluation of sinonasal inverted papilloma and related conditions: a prospective clinical study. *Kulak Burun Bogaz Ihtisas Dergisi : KBB = Journal of ear, Nose, and Throat.* 2015;25(1):9-15. doi: 10.5606/kbbihtisas.2015.45212

[36]N.I.Chowdhury, T.L.Smith, R.K.Chandra, J.H.Turner Automated classification of osteomeatal complex inflammation on computed tomography using convolutional neural networks *Int Forum Allergy Rhinol*,9(1)(2019 Jan), pp.46-52,10.1002/alr.22196

[37]Liu GS, Yang A, Kim D, et al. Deep learning classification of inverted papilloma malignant transformation using 3D convolutional neural networks and magnetic resonance imaging. *Int Forum Allergy Rhinol.* 2022 Aug;12(8):1025-1033. doi:https://doi.org/10.1002/alr.22958.

[38]Dai Z Y, Yang R Q, Hang F, et al. Neurosurgical craniotomy localization using interactive 3D lesion mapping for image-guided neurosurgery[J]. *IEEE Access*, 2019, 7: 10606-10616

[39]Shatrov J, Parker D. Computer and robotic-assisted total knee arthroplasty: a review of outcomes[J]. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 2020, 7(1): 70.