

ISSN: 0376-4672
eISSN: 2713-7961

대한치과의사협회지

Journal of **K**orean **D**ental **A**ssociation

Vol. **64** No.5 May 2026

Journal of Korean Dental Association

KDA

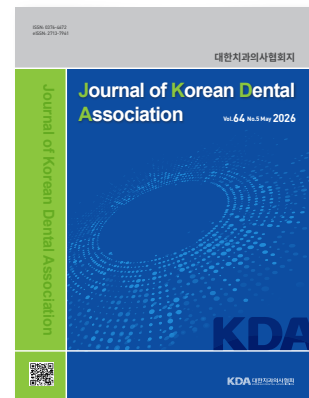


KDA 대한치과의사협회
KOREAN DENTAL ASSOCIATION

대한치과의사협회지

Journal of Korean Dental Association

Vol.64 No.5
MAY 2026



C O N T E N T S

Case Report

151-156 IgG4-related disease on parotid gland mimicking pleomorphic adenoma: Report of a case
Suah Han, Dae Ho Leem, Jeong-Kui Ku, Jong Seong Chae

157-162 Implant fixture displacement into focal osteoporotic bone marrow defects in the posterior mandible: A report of three cases
Ji Won Suk, Bong Chul Kim, Jun Lee, Hun Jun Lim

Special Issue

163-168 The necessity of laboratory and diagnostic dentistry
진단검사치의학의 필요성
Hong-Seop Kho

169-173 The necessity of preoperative laboratory testing in dental surgery: A case-based clinical approach
치과 수술 전 혈액 검사의 필요성: 임상 증례 중심으로
Mi Hyun Seo

174-183 Artificial intelligence in diagnostic and laboratory dentistry: Current applications and future perspectives
진단검사치의학 분야에서 인공지능(artificial intelligence) 기술의 활용과 미래
Yeon-Hee Lee

Erratum

184 Erratum to: Ischemic necrosis of the tongue in a patient following vasopressor agents use and prolonged endotracheal intubation: A case report
Seung-Heon Bae, Sung-Tak Lee, Jin-wook Kim

Editorial board

허민석	Min-Suk Heo
강진규	Jin-Kyu Kang
박준범	Jun-Beom Park
배아란	Ahran Pae
서덕규	Deog-Gyu Seo
성상진	Sang-Jin Sung
이 원	Won Lee
이호설	Hyo-Seol Lee
장현선	Hyun-Seon Jang
조자원	Ja-Won Cho
한상선	Sang-Sun Han

편집인 이부규
발행처 대한치과의사협회

주소 04802 서울특별시 성동구 광나루로 257
전화 02-2024-9150
팩스 02-498-6320
e-mail: scientific@kda.or.kr
학술지 홈페이지 <https://jkda.or.kr/>
편집·인쇄 아람에디트/02-2273-2497
발간일 2026. 5. 31

<대한치과의사협회지>는 한국간행물윤리위원회의 윤리강령 및 실천요강을 준수합니다.
본지에 실린 내용은 대한치과의사협회의 견해와 일치하지 않을 수도 있습니다.

IgG4-related disease on parotid gland mimicking pleomorphic adenoma: Report of a case

Suah Han¹, Dae Ho Leem^{1,*}, Jeong-Kui Ku^{1,2}, Jong Seong Chae¹

¹Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Jeonbuk National University, Jeonju, Korea

²Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Section of Dentistry, Seoul National University Bundang Hospital, Seongnam, Korea

ABSTRACT

IgG4-related disease (IgG4-RD) is a rare immune-mediated inflammatory disorder that can involve salivary glands and mimic benign tumors radiologically. This report presents a case of IgG4-RD of the parotid gland initially suspected as pleomorphic adenoma. A 66-year-old female patient presented with swelling and pain in the left temporomandibular joint region. Magnetic resonance image and ultrasonography-guided fine needle aspiration suggested a benign cystic tumor, and both parotid lesions were initially suspected to be bilateral pleomorphic adenomas. Excisional biopsy was performed on the larger lesion in the left parotid gland. Histopathological examination revealed a lymphoepithelial cyst with storiform fibrosis and dense infiltration of IgG4-positive plasma cells (72/HPF). Serum IgG4 level was elevated (141 mg/dL), satisfying the diagnostic criteria for IgG4-RD. The patient was referred to rheumatology for systemic evaluation and steroid therapy was considered. This report highlights the diagnostic challenge of differentiating IgG4-RD from benign parotid tumors. (*J Korean Dent Assoc* 2026; 64(5): 151-156)

Key words : Immunoglobulin G4-Related Disease; Adenoma, Pleomorphic; Parotid Gland; Salivary Gland Neoplasms; Diagnosis, Differential

Introduction

Immunoglobulin G4-related disease (IgG4-RD) is a recently recognized fibroinflammatory condition that can affect nearly any organ system, including the pancreas, bile ducts, retroperitoneum, lacrimal glands, and salivary glands¹⁻³. First described in the context of autoimmune pancreatitis, the disease has since been classified as a systemic condition characterized by a lymphoplasmacytic infiltrate rich in IgG4-positive plasma cells, storiform fibrosis, and obliterative phlebitis⁴.

In the head and neck region, IgG4-RD most frequently

involves the major salivary glands and can manifest clinically as painless swelling, which may be mistaken for benign neoplasms such as pleomorphic adenoma or Warthin tumor^{4,5}. Among these, pleomorphic adenoma is the most common benign tumor of the parotid gland and typically appears as a well-circumscribed, slow-growing mass on imaging. While pleomorphic adenomas usually require surgical excision, IgG4-RD is often responsive to medical therapy with corticosteroids and immunosuppressants⁶. Radiological findings are often nonspecific and may mimic both neoplastic and infectious processes, rendering clinical diagnosis difficult⁶. While imaging modalities such as ultrasonography and magnetic resonance imaging (MRI) are useful for identifying lesions, they often fail to distinguish IgG4-RD from other mass-forming diseases⁷.

Received Dec 29, 2025; Revised Mar 23, 2026; Accepted Apr 13, 2026

*Corresponding author: Prof. Dae Ho Leem
Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Jeonbuk National University, 20 Geonji-ro, Deokjin-gu, Jeonju, Jeonbuk-do 54907, Korea
Tel: +82-63-250-2113, E-mail: idisho@jbnu.ac.kr

ISSN: 0376-4672
eISSN: 2713-7961

Copyright© 2026 by Korean Dental Association
This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC-ND) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Histopathologic examination remains the gold standard for diagnosis. The diagnostic framework for IgG4-RD has undergone significant evolution to improve clinical specificity. Initially, the 2011 Comprehensive Diagnostic Criteria established the foundational triad of organ enlargement, elevated serum IgG4 levels (>135 mg/dL), and characteristic histopathological findings⁸). This was further refined by the 2012 International Consensus on Pathology, which standardized the histological requirements such as storiform fibrosis and obliterative phlebitis⁹). More recently, the 2019 ACR/EULAR Classification Criteria introduced a weighted scoring system to better distinguish IgG4-RD from its clinical mimics¹⁰.

The 2019 ACR/EULAR classification criteria emphasize the need for histologic triad (dense IgG4+ plasma cell infiltration, storiform fibrosis, and obliterative phlebitis), along with serologic evidence of elevated IgG4 levels, to establish the diagnosis^{1,3,4,10}). However, awareness and recognition of this disease in the context of parotid gland lesions remain limited, especially when imaging findings strongly resemble benign tumors⁵).

Given the therapeutic implications—wherein corticosteroid therapy can often induce rapid remission and prevent unnecessary surgery—accurate and timely diagnosis of IgG4-RD is critical¹¹). In this report, we describe a case of parotid IgG4-RD that radiologically mimicked pleomorphic adenoma but was definitively diagnosed through histopathology and immunohistochemistry, reinforcing the importance of tissue confirmation in ambiguous glandular swellings.

Case Report

A 66-year-old female presented to the Department of Oral and Maxillofacial Surgery at Jeonbuk National University Dental Hospital with a chief complaint of swelling and pain in the left temporomandibular joint area. Her past medical history was unremarkable. Upon clinical

examination, a mass with a firm, indurated feel was palpated, and a computed tomography (CT) scan was initially performed for an accurate diagnosis (Fig. 1A).

Subsequent magnetic resonance imaging (MRI) revealed a well-defined, predominantly cystic ovoid mass measuring approximately $2.4 \times 1.6 \times 2.7$ cm in the upper pole of the superficial lobe of the left parotid gland. This lesion exhibited rim enhancement, enhancing internal septum-like structures, and a small amount of internal hemorrhage, suggesting a pleomorphic adenoma. The left parotid lesion was confirmed to be a benign-appearing, predominantly cystic mass with a minor solid portion noted inferiorly and no evidence of increased internal vascularity. In the upper pole of the superficial lobe of the contralateral (right) parotid gland, a well-defined ovoid enhancing nodular lesion measuring approximately 7 mm with suspected focal internal cystic changes was identified (Figs. 1B-D). These bilateral lesions were

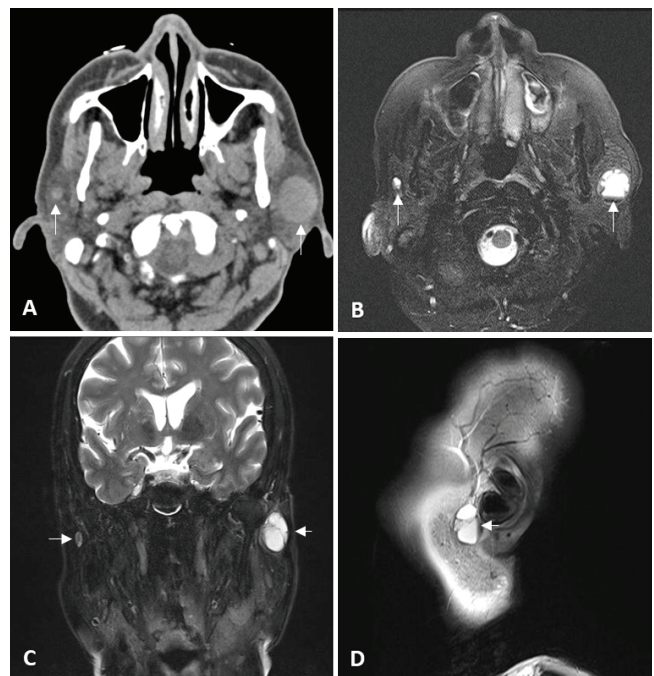


Fig. 1. A. Axial computed tomographic image shows contrast enhancement in both parotid glands. B. Axial magnetic resonance image (MRI) image shows contrast enhancement in both parotid glands. C. Coronal MRI image shows contrast enhancement in both parotid glands. A-C. The left and right arrows indicate the lesions on the left and right sides, respectively, showing a difference in size. D. Sagittal MRI image shows contrast enhancement in the left parotid gland.

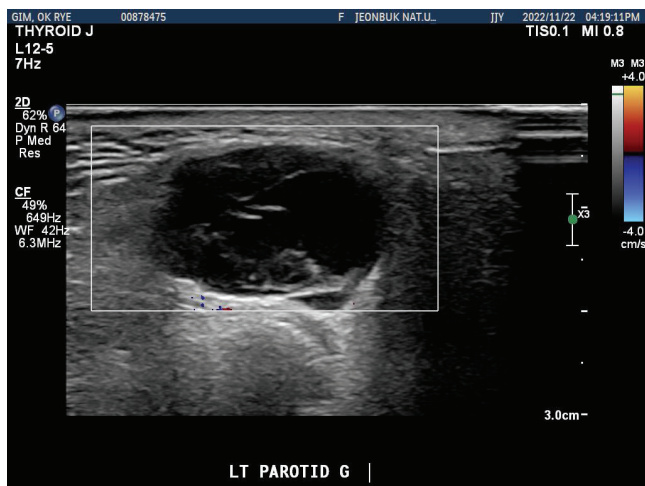


Fig. 2. Ultrasonography-guided fine needle aspiration cytology shows benign looking cystic mass.

located symmetrically but showed a significant difference in size. Despite this difference in size, an accurate differential diagnosis based solely on these radiographic findings was difficult due to the bilateral presentation. Therefore, fine-needle aspiration (FNA) was planned to evaluate the internal components of the left parotid lesion. Following three passes of FNA, approximately 2 cc of pus-like material was aspirated, which resulted in a slight decrease in the size of the mass to $2.0 \times 1.2 \times 2.3$ cm (Fig. 2). The cytological examination results revealed the detection of a small amount of inflammatory cells, indicating a non-specific benignity.

The patient was scheduled for surgical excision and the procedure was performed as follows. The surgical site was prepared and routinely draped in a double-head fashion. A marking was made for a pre-auricular approach, followed by an incision through the skin and subcutaneous fat layers. Blunt dissection was meticulously performed through the SMAS layer, ensuring no hemorrhage or vascular injury. Upon exposing the parotid capsule, dissection was carried out using mosquito forceps to reveal the underlying mass. The lesion was then dissected using a combination of mosquito forceps and electrocautery. Notably, the mesio-superior portion of the mass exhibited signs of adhesion to the parotid tissue, necessitating the inclusion of adjacent salivary tis-

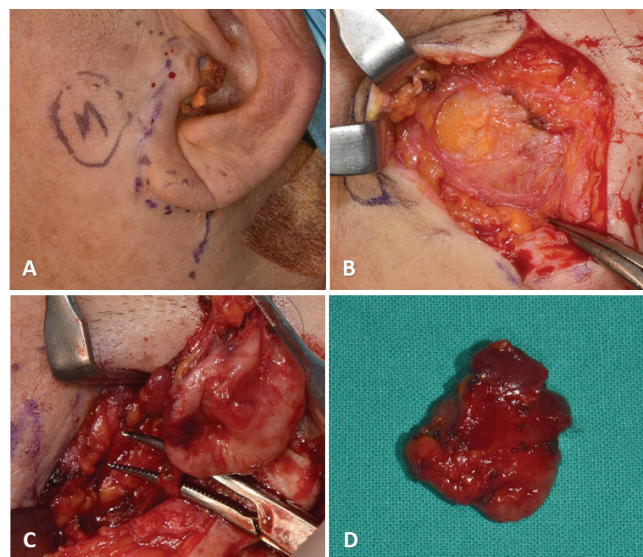


Fig. 3. A. Preoperative design of the incision. An incision line is demarcated in the left preauricular area for the preauricular approach to the parotid gland. B. Intraoperative view of the lesion. The parotid mass is exposed after blunt dissection along the preauricular incision, immediately before the excision. C. Post-excision view. The surgical field is shown after the complete removal of the left parotid mass, with the facial nerve branches carefully preserved. D. The resected specimen

sue during dissection; an additional tissue component, appearing as a newly formed tumor, was also identified on the medial aspect. Following the complete excision of the lesion, a permanent biopsy was requested for definitive histopathological diagnosis. Hemostasis was secured with the application of oxidized regenerated cellulose. Finally, the parotid capsule was repositioned, and the surgical site was closed via a systematic layered suture technique to ensure anatomical restoration (Fig. 3).

Following the surgical excision, histopathological examination of the resected specimen revealed a lymphoepithelial cyst characterized by extensive fibrosis and dense lymphoplasmacytic infiltration. Immunohistochemical staining demonstrated >50 IgG4-positive plasma cells per high-power field (72/HPF), along with obliterative phlebitis and eosinophil infiltration (Fig. 4).

Following these findings, an additional serum test was conducted, which showed IgG4 levels of 141 mg/dL, confirming that the patient met all three diagnostic criteria. Consequently, the patient was definitively diagnosed with IgG4-RD associated with IgG4-positive cel-

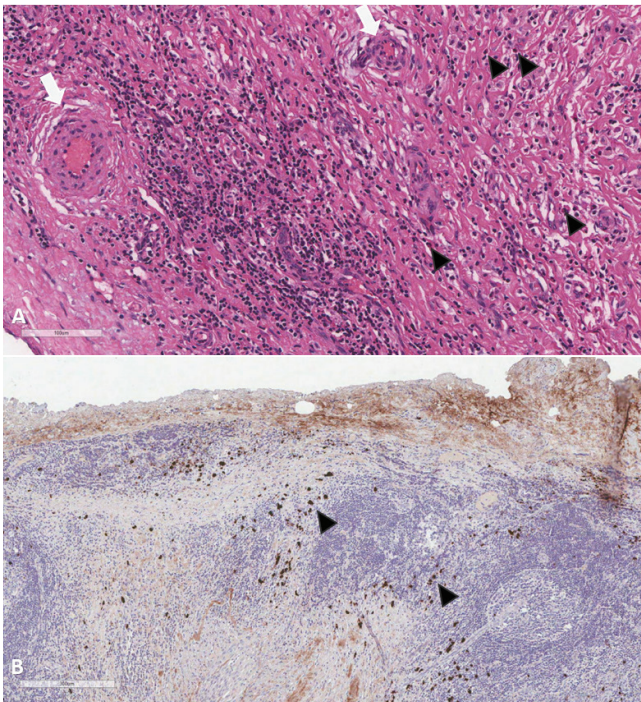


Fig. 4. A. White arrows show obliterative phlebitis, black triangles show eosinophils. Findings are consistent with lymphoepithelial cyst with fibrosis (H&E stain, 100µm). B. Black triangles show brown stained cells which have IgG4 positive reaction (72 IgG4⁺ plasma cells/high-power field) (DAB stain, 300µm).

lular infiltration. After undergoing surgical resection in the Department of Oral and Maxillofacial Surgery, the patient was transferred to the Department of Rheumatology for further systemic evaluation and management. For the contralateral lesion, a watchful waiting strategy was adopted.

The patient was referred to the Department of Rheumatology, and low-dose steroid therapy was planned for the conservative treatment of the contralateral lesion. Follow-up examinations confirmed an improvement in the patient's condition after taking the corticosteroid agent, micronized deflazacort (3 mg), once daily for approximately two years.

Discussion

This case presents a rare instance in which IgG4-RD of the parotid gland mimicked a pleomorphic adenoma on

imaging studies. Both magnetic resonance imaging and ultrasonography-guided fine needle aspiration suggested a benign salivary gland neoplasm, and the possibility of IgG4-RD was not initially considered.

In the present case, the initial surgical intervention was prompted by these deceptive imaging features, which is a recognized diagnostic pitfall¹². Ultimately, definitive diagnosis was achieved through surgical excision and histopathologic examination, which revealed features consistent with IgG4-RD. Fortunately, the contralateral lesion could be managed conservatively without surgery. The diagnosis of IgG4-RD remains challenging due to its clinical and radiologic mimicry of benign tumors, particularly in the salivary glands. Radiographically, it may appear as a well-circumscribed, cystic mass, making it difficult to distinguish from pleomorphic adenoma or Warthin's tumor. In our case, the imaging findings were consistent with these features, emphasizing the need for heightened awareness of IgG4-RD in such presentations.

Although most benign salivary gland neoplasms, such as pleomorphic adenoma, typically present as unilateral masses, bilateral occurrence has been documented in rare instances¹³. Due to these established clinical possibilities, the presence of a contralateral lesion in our patient did not initially exclude the suspicion of a benign neoplastic process.

Differential diagnosis based solely on radiographic imaging is challenging. Pleomorphic adenomas typically present as well-circumscribed, slow-growing masses with cystic components, features that can also be seen in IgG4-RD. The diagnostic triad—storiform fibrosis, dense lymphoplasmacytic infiltration, and obliterative phlebitis—is essential in differentiating IgG4-RD from other pathologies¹. Moreover, an elevated serum IgG4 concentration (>135 mg/dL) and increased IgG4⁺ plasma cells (>50/HPF in this case) provide strong supportive evidence^{1,4}. Thus, imaging studies must be supplemented by histopathological and immunohistochemical analyses for definitive diagnosis. Recent studies have underscored

that IgG4-RD is often underdiagnosed in head and neck regions, particularly due to overlapping imaging features with neoplasms⁵. Tissue biopsy with immunohistochemistry remains the gold standard for diagnosis. The standard diagnostic criteria for IgG4-RD require 1) clinical evidence of organ involvement; 2) serum IgG4 level ≥ 135 mg/dL; and 3) histopathologic features including >10 IgG4-positive plasma cells per HPF and IgG4+/IgG+ plasma cell ratio $>40\%$. Our patient met all three criteria^{3,4}.

IgG4-related sialadenitis is a systemic fibroinflammatory condition that responds remarkably well to medical therapy, even without surgical resection. In terms of management, IgG4-RD is typically responsive to systemic corticosteroids, which represent the first-line treatment and often induce rapid remission^{6,11}. In patients with relapsing or refractory disease, B-cell depletion therapy with rituximab has shown promise as a steroid-sparing alternative^{4,14}. In our patient, the localized nature of disease and lack of systemic involvement justified a conservative strategy with monitoring of the contralateral lesion. Importantly, this case aligns with literature advocating for multidisciplinary collaboration, especially between rheumatology, pathology, and surgical teams, in managing atypical presentations^{4,6}. Treatment generally involves corticosteroids as the first-line therapy. Immunosuppressive agents or rituximab may be considered in refractory cases. Studies have shown that long-term maintenance therapy with low-dose corticosteroids significantly reduces the rate of relapse¹⁵. In instances of localized disease without functional compromise, surgical resection or close observation may be sufficient. A misdiagnosis can lead to unnecessary surgery or delayed treatment, both of which can be avoided through a comprehensive, collaborative diagnostic approach.

In conclusion, this report highlighted the critical need to consider IgG4-related disease in the differential diagnosis of parotid gland masses, especially when imaging findings suggest pleomorphic adenoma. Although rare,

IgG4-RD is a clinically significant condition that can affect salivary glands and other organs. Non-surgical interventions, particularly corticosteroid therapy, are often effective and should be considered as first-line treatment when systemic disease is suspected or confirmed¹⁶.

Conflicts of Interest: None

Acknowledgement

The authors acknowledge the use of Gemini and Chat GPT for English translation and language editing. All authors have reviewed the final manuscript and assume full responsibility for its content

References

1. Stone JH, Zen Y, Deshpande V. IgG4-related disease. *N Engl J Med* 2012; 366: 539-551.
2. Kamisawa T, Zen Y, Pillai S, Stone JH. IgG4-related disease. *Lancet* 2015; 385: 1460-1471.
3. Puxeddu I, Capecchi R, Carta F, Tavoni AG, Migliorini P, Puxeddu R. Salivary gland pathology in IgG4-related disease: a comprehensive review. *J Immunol Res* 2018; 2018: 6936727.
4. Perugino CA, Stone JH. IgG4-related disease: an update on pathophysiology and implications for clinical care. *Nat Rev Rheumatol* 2020; 16: 702-714.
5. Skillington SA, Ogden MA. IgG4-related disease and the salivary glands: a review of pathophysiology, diagnosis, and management. *Otolaryngol Clin North Am* 2021; 54: 497-508.
6. Sato Y, Notohara K, Kojima M, Takata K, Masaki Y, Yoshino T. IgG4-related disease: historical overview and pathology of hematological disorders. *Pathol Int* 2010; 60: 247-258.
7. Satou A, Notohara K, Zen Y, Nakamura S, Yoshino T, Okazaki K, et al. Clinicopathological differential diagnosis of IgG4-related disease: a historical overview and a proposal of the criteria for excluding mimickers of IgG4-related disease. *Pathol Int* 2020; 70: 391-402.

8. Umehara H, Okazaki K, Masaki Y, Kawano M, Yamamoto M, Saeki T, et al. Comprehensive diagnostic criteria for IgG4-related disease (IgG4-RD), 2011. *Mod Rheumatol* 2012; 22: 21-30.
9. Deshpande V, Zen Y, Chan JK, Yi EE, Sato Y, Yoshino T, et al. Consensus statement on the pathology of IgG4-related disease. *Mod Pathol* 2012; 25: 1181-1192.
10. Yoo BW, Song JJ, Park YB, Lee SW. 2019 American College of Rheumatology/European League Against Rheumatism classification criteria for IgG4-related disease by Wallace et al. *Ann Rheum Dis* 2022; 81: e179.
11. Yoshifuji H, Umehara H. Glucocorticoids in the treatment of IgG4-related disease - prospects for new international treatment guidelines. *Mod Rheumatol* 2023; 33: 252-257.
12. Thompson A, Whyte A. Imaging of IgG4-related disease of the head and neck. *Clin Radiol* 2018; 73: 106-120.
13. Ishikawa N, Hashimoto K. Bilateral pleomorphic adenoma of the parotid gland. *J Otolaryngol Head Neck Surg* 1998; 27: 94-6.
14. Khosroshahi A, Carruthers MN, Deshpande V, Unizony S, Bloch DB, Stone JH. Rituximab for the treatment of IgG4-related disease: lessons from 10 consecutive patients. *Medicine (Baltimore)* 2012; 91: 57-66.
15. Campochiaro C, Della-Torre E, Lanzillotta M, Bozzolo E, Baldissera E, Milani R, et al. Long-term efficacy of maintenance therapy with Rituximab for IgG4-related disease. *Eur J Intern Med* 2020; 74: 92-98.
16. Khosroshahi A, Wallace ZS, Crowe JL, Akamizu T, Azumi A, Carruthers MN, et al. International consensus guidance statement on the management and treatment of IgG4-related disease. *Arthritis Rheumatol* 2015; 67: 1688-1699.

Implant fixture displacement into focal osteoporotic bone marrow defects in the posterior mandible: A report of three cases

Ji Won Suk ¹, Bong Chul Kim ¹, Jun Lee ^{1,2}, Hun Jun Lim ^{1,3,*}

¹Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Daejeon Dental Hospital, College of Dentistry, Wonkwang University, Daejeon, Korea

²Wonkwang Bone Regeneration Research Institute, Wonkwang University, Daejeon, Korea

³Wonkwang Dental Research Institute, Iksan, Korea

ABSTRACT

Focal osteoporotic bone marrow defect is an asymptomatic condition characterized by localized areas of decreased trabecular bone density within the jaw and is often detected incidentally on radiographic examination. Although it generally does not require treatment, it may increase the risk of complications during dental implant placement due to insufficient primary stability in areas of low bone density. This report describes three clinical cases of implant fixture displacement into focal osteoporotic bone marrow defects in the posterior mandible. Radiographic examinations revealed ill-defined radiolucent lesions without cortical expansion at the implant sites. One patient experienced inferior alveolar nerve injury following displacement, whereas no postoperative complications were observed in the remaining cases. These findings indicate that focal osteoporotic bone marrow defects may represent an underrecognized risk factor for implant displacement, and highlight the importance of careful preoperative radiographic assessment and cautious surgical planning in areas of suspected low bone density. (*J Korean Dent Assoc* 2026; 64(5): 157-162)

Key words : Dental Implants; Mandible; Cone-Beam Computed Tomography; Bone Density

Introduction

Dental implants are widely regarded as an effective modality for restoring both function and esthetics in partially or fully edentulous patients. Predictable outcomes depend on adequate bone volume, bone quality, and precise surgical planning. When bone density is insufficient, achieving primary stability becomes difficult, thereby increasing the risk of intraoperative complications.

Implant fixture displacement is an uncommon but clinically significant complication. It has been most frequently reported in the posterior maxilla, where implants may be displaced into the maxillary sinus. In contrast, displacement in the mandible is relatively rare and is generally associated with lingual cortical perforation or localized low-density bone conditions^{1,2}.

Focal osteoporotic bone marrow defect (FOBMD) is a benign condition characterized by localized areas of hematopoietic marrow within the jawbone. Radiographically, it typically presents as an ill-defined radiolucent lesion without cortical expansion and is often detected incidentally during routine radiographic examination³⁻⁶. These lesions are most commonly found in edentulous regions of the posterior mandible⁷.

Received Feb 3, 2026; Revised Mar 23, 2026; Accepted Apr 14, 2026

This work was supported by Wonkwang University in 2025.

*Corresponding author: Prof. Hun Jun Lim
Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Daejeon Dental Hospital,
College of Dentistry, Wonkwang University, 77 Dunsan-ro, Seo-gu, Daejeon
35233, Korea
Tel: +82-42-366-1129, E-mail: hun216@wku.ac.kr

ISSN: 0376-4672
eISSN: 2713-7961

Copyright© 2026 by Korean Dental Association
This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC-ND) license
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Because FOBMD may reduce trabecular resistance, implant placement in affected areas can compromise primary stability and increase the risk of unintended fixture displacement during insertion. However, clinical reports describing implant displacement associated with FOBMD remain limited. Therefore, this report presents three cases of implant fixture displacement into focal osteoporotic bone marrow defects in the posterior mandible and discusses relevant clinical considerations.

Case Report

Radiographic and clinical photographs used in this report were taken for research purposes, and the study was conducted in compliance with the research ethics guidelines of the Institutional Review Board (IRB No.: P01-202503-01-047).

Case 1

A 63-year-old female patient was referred to the Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Daejeon Dental Hospital, Wonkwang University, from a local dental clinic after an implant fixture became displaced during placement in the mandibular left second premolar and first molar region, where a FOBMD was suspected. According to the referral note, displacement occurred while insertion torque was being applied to the fixture at the first molar site using a torque wrench. The patient had no relevant medical history or underlying systemic conditions, including osteoporosis.

Panoramic radiography and cone-beam computed tomography (CBCT) revealed that the displaced implant fixture had migrated toward the lingual aspect of the inferior border of the mandible in the left first molar region (Fig. 1). In addition, an ill-defined radiolucent area without cortical bone expansion was observed at the displacement site. CBCT demonstrated a region of

decreased and sparse trabecular bone pattern compared with the surrounding cancellous bone, while the cortical boundaries remained intact without expansion. The lesion was located in an edentulous posterior mandibular region and showed no associated clinical symptoms. There were no radiographic findings suggestive of generalized osteoporosis. Based on clinical and radiographic features, the lesion was considered to be consistent with a focal osteoporotic bone marrow defect.

The fixture was removed under local anesthesia via a crestal approach. The original osteotomy site was enlarged using a round bur to improve access, and the displaced implant was retrieved using suction and long forceps. No cystic lining or fluid content suggestive of a true cystic lesion was identified intraoperatively. Postoperatively, the patient reported altered sensation in the left

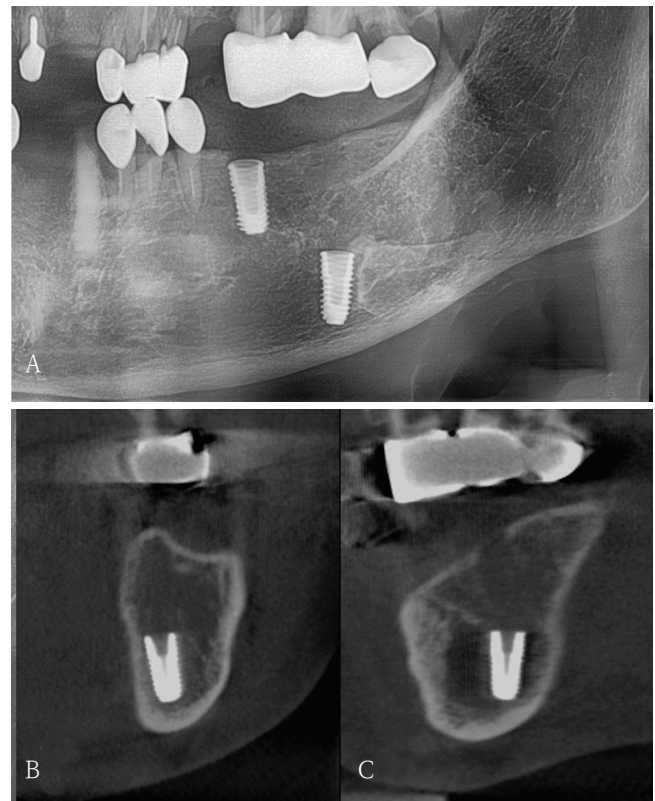


Fig. 1. A. Panoramic radiograph obtained at the first visit shows a displaced implant fixture in the left mandibular first molar region. Coronal (B) and sagittal (C) cone-beam computed tomography images demonstrate the fixture positioned lingual to the inferior border of the mandible. An ill-defined radiolucent lesion with reduced trabecular density is observed in the edentulous posterior mandible without cortical expansion.

lower lip and chin. She was diagnosed with injury to the left inferior alveolar nerve, classified as Sunderland grade IV (Seddon's neurotmesis).

Case 2

A 44-year-old male was referred to our department for management of implant displacement that occurred during placement in the left mandibular first molar area, where a FOBMD was suspected. The patient was otherwise healthy, with no relevant medical history, including osteoporosis.

Radiographic imaging demonstrated an ill-defined, irregular radiolucent lesion at the left mandibular first molar site without evidence of cortical expansion. The displaced implant fixture was located near the inferior

border of the mandible (Fig. 2). CBCT revealed an ill-defined radiolucent area with reduced trabecular density and a relatively homogeneous low-density appearance, without cortical expansion or destruction. The lesion was confined to an edentulous posterior mandibular region and was asymptomatic. No radiographic signs suggestive of generalized osteoporosis were observed. Based on these findings, the lesion was considered to be consistent with a focal osteoporotic bone marrow defect.

Removal was performed under local anesthesia using a crestal approach. The original osteotomy site was expanded, and the fixture was retrieved using suction and long forceps. No cystic lining or fluid content suggestive of a true cystic lesion was identified intraoperatively. The patient experienced no postoperative complications, and follow-up was uneventful.

Case 3

An 84-year-old female was referred to our department following implant displacement during placement at the right mandibular first molar site, where a FOBMD was suspected. The displacement occurred while insertion torque was applied using a torque wrench. The patient had no systemic medical conditions, including osteoporosis.

An initial removal attempt at the referring clinic involved creating a buccal cortical window, but the procedure was unsuccessful. Upon presentation, the patient complained of numbness in the right lower lip, chin, and gingiva.

Panoramic radiography and CBCT revealed the displaced implant fixture located near the inferior border of the right mandibular first molar region (Figs. 3A-C). An ill-defined radiolucent lesion without cortical expansion was observed at the site. CBCT showed a relatively extensive low-density area with markedly reduced trabecular structure, while the cortical bone remained intact without evidence of expansion. The lesion was located in an

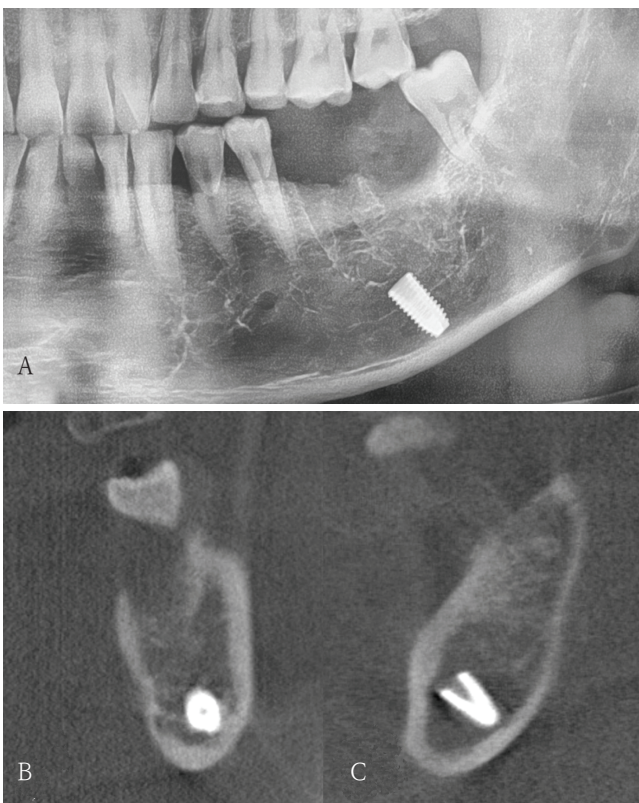


Fig. 2. A. Panoramic radiograph shows a displaced implant fixture in the left mandibular first molar region. Coronal (B) and sagittal (C) cone-beam computed tomography images reveal the fixture located near the inferior border of the mandible. An ill-defined radiolucent area with decreased trabecular bone pattern and no cortical expansion is observed at the displacement site

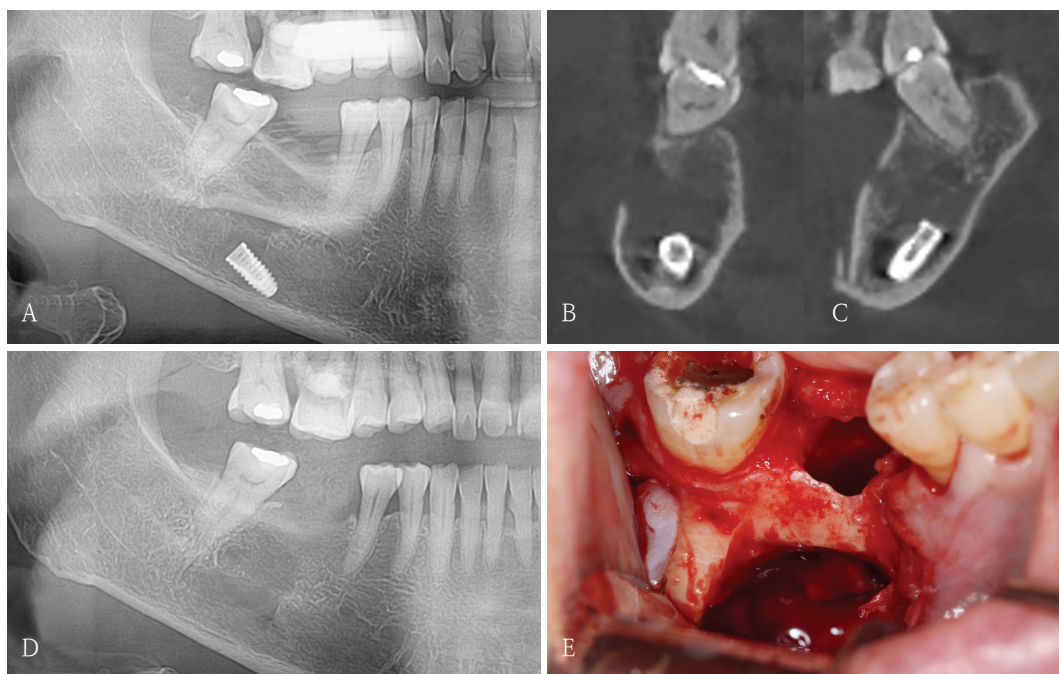


Fig. 3. A. Panoramic radiograph shows a displaced implant fixture in the right mandibular first molar region. Coronal (B) and sagittal (C) cone-beam computed tomography images demonstrate the fixture near the inferior border of the mandible with a buccal cortical window from a previous surgical attempt. A relatively extensive low-density radiolucent area with markedly reduced trabecular structure and no cortical expansion is observed in the edentulous posterior mandible. D. Postoperative panoramic radiograph after removal of the displaced implant. E. Intraoperative photograph shows successful retrieval through the buccal cortical window.

edentulous posterior mandibular region and was asymptomatic. No radiographic evidence of generalized osteoporosis was identified. Based on these radiographic and clinical findings, the lesion was considered to be consistent with a FOBMD.

The implant was successfully removed under local anesthesia via the previously created buccal cortical window (Figs.3D and E). The displaced fixture was exposed and retrieved after careful access through the buccal cortical bone. The surgical site exhibited soft, marrow-like tissue with mild bleeding rather than a true cystic cavity.

Discussion

In the present cases, FOBMD was considered a significant contributing factor to implant fixture displacement. Reduced trabecular resistance within the defect

compromises primary stability and may permit excessive advancement of the fixture during insertion torque application. Similar mechanisms have been described in previous reports of implant instability and displacement in low-density bone¹⁻².

From a diagnostic perspective, FOBMD should be included in the differential diagnosis when ill-defined radiolucent lesions are observed in edentulous posterior mandibular regions. Such findings should not be misinterpreted as residual bone defects or cystic lesions⁷. Preoperative radiographic evaluation is essential, and cone-beam computed tomography (CBCT) is particularly useful for assessing trabecular structure and cortical integrity⁸.

From a preventive surgical standpoint, careful surgical planning is required in suspected FOBMD areas. Excessive insertion torque should be avoided, and modification of osteotomy preparation, such as undersized drilling,

may enhance primary stability. In addition, appropriate implant length selection and maintenance of a safe distance from the inferior alveolar canal and mandibular inferior border are recommended. In selected cases, a staged approach with preliminary bone grafting prior to implant placement may be considered. These preventive strategies may reduce the risk of implant displacement associated with insufficient trabecular resistance^{9,10}.

When implant fixture displacement occurs, the retrieval approach should be determined according to the depth and location of the displaced implant. Crestal or buccal cortical window approaches may be selected depending on clinical conditions^{11,12}.

Displacement toward the inferior border of the mandible may increase the risk of inferior alveolar nerve injury, as observed in one of the present cases¹³. Therefore, meticulous surgical planning and careful manipulation during retrieval procedures are essential to minimize neurosensory complications.

This report has several limitations, including the lack of histopathological confirmation and long-term follow-up. Despite these limitations, the present cases suggest that FOBMD may act as a potential risk factor for implant fixture displacement in the posterior mandible.

Focal osteoporotic bone marrow defects may compromise primary implant stability and increase the risk of implant fixture displacement in the posterior mandible. Thorough preoperative radiographic evaluation and careful surgical techniques are essential when implant placement is planned in suspected low-density bone areas. Awareness of this condition may help prevent complications and improve clinical outcomes.

Conflicts of Interest: None

Reference

1. Lee SC, Jeong CH, Im HY, Kim SY, Ryu JY, Yeom HY, et al. Displacement of dental implants into the focal osteoporotic bone marrow defect: a report of three cases. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 2013; 39: 94-99.
2. Juodzbalys G. Dental implant placement in focal osteoporotic bone marrow defect: a case report and treatment recommendations. *J Oral Maxillofac Res* 2022; 13: e5.
3. Schneider LC, Mesa ML, Fraenkel D. Osteoporotic bone marrow defect: radiographic features and pathogenic factors. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1988; 65: 127-129.
4. Lipani CS, Natiella JR, Greene GW Jr. The hematopoietic defect of the jaws: a report of sixteen cases. *J Oral Pathol* 1982; 11: 411-416.
5. Haen P, Ranoarivony T, Seigneuric JB. Focal osteoporotic bone marrow defect of the mandible: a little documented pathology. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 2009; 110: 155-157.
6. Shankland WE, Bouquot JE. Focal osteoporotic marrow defect: report of 100 new cases with ultrasonography scans. *Cranio* 2004; 22: 314-319.
7. Almeida LY, Kato RB, Ribeiro MC, León JE. Focal osteoporotic bone marrow defect mimicking a mandibular cystic lesion. *J Craniofac Surg* 2014; 25: e324-e326.
8. Song SJ, Chang HY, You HK, Pi SH. Differential diagnosis in radiologic bone marrow defect of mandible during implant placement. *Korean J Oral Maxillofac Pathol* 2019; 43: 231-236.
9. Lemos BF, Lopez-Jarana P, Falcao C, Rios-Carrasco B, Gil J, Rios-Santos JV, et al. Effects of different undersizing site preparations on implant stability. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17: 8965.
10. Bataineh AB, Al-dakes AM. The influence of length of implant on primary stability: an in vitro study using resonance frequency analysis. *J Clin Exp Dent* 2017; 9: e1-e6.
11. Chittavoravanich N, Jirajariyavej B, Bencharit S, Thanarisuebwong P. Comparison of four different dental implant removal techniques in terms of the weight and volume of bone loss. *Cureus* 2024; 16: e61104.
12. Messina AM, Marini L, Marini E. A step-by-step technique for the piezosurgical removal of fractured implants. *J Craniofac Surg* 2018; 29: 2116-2118.

13. Molino G, Montalbano G, Pontremoli C, Fiorilli S, Vitale-Brovarone C. Imaging techniques for the assessment of osteoporosis-induced variations with particular focus on micro-CT potential. *Appl Sci* 2020; 10: 8939.

The necessity of laboratory and diagnostic dentistry

진단검사치의학의 필요성

Hong-Seop Kho 

Department of Oral Medicine and Oral Diagnosis, School of Dentistry, Seoul National University, Seoul, Korea

ABSTRACT

Future dental care will evolve based on evidence-based diagnosis and treatment, which requires advancements in the field of laboratory and diagnostic dentistry. However, the current diagnostic tests specialized in dentistry are very limited, and the field's development is still in its infancy. The most important factor hindering progress is the long-term unchanging lack of awareness within the dental community regarding the use of diagnostic tests. This in turn affects education on laboratory and diagnostic dentistry, lack of interest and research in related fields, insufficient development of diagnostic test items, and the inactivity of the dental industry related to laboratory and diagnostic dentistry. To overcome these barriers, a shift in the mindset of dental professionals is necessary to shake off this lack of awareness. Furthermore, in the short-term, it is necessary to explore ways to revitalize the application of existing dental diagnostic tests and to expand the application of existing diagnostic tests by modifying them to be useful in dentistry. In the long-term, revitalizing research and development in the field of laboratory and diagnostic dentistry is essential. (*J Korean Dent Assoc* 2026; 64(5): 163-168)

Key words : Diagnosis; Dentistry; Diagnostic Tests; Oral Medicine

서론

전통적으로 치과 진료는 시진 및 촉진과 같은 임상검사와 방사선 소견에 주로 의존하여 질환을 진단하여 왔으며 치료 술식 중심으로 발전하여 왔다. 물론 치의학 전공 분야에 따라 다양한 진단 검사가 활용되고 있지만 그 종류와 범위가 제한적이었던 것이 사실이다. 하지만 근거 기반 혹은 근거 중심(evidence-based)의 진료와 P4 Medicine(predictive, personalized, preventive, participatory medicine) 방향으로 발전해 가고 있는 미래 의료의 발전 방향에 치과 진료도 예외일 수는 없다^{1,2)}. 즉, 근거 중심의 진료를 위해서는 과학적 근거에 기반하여 개개인에 적합한 치료법을 제공하여 줄 수 있는 진단 술식의 개발이 필수적인 것이며 진단검사의 대상은 광범위하지만 보다 비침습적인(non-invasive) 술식을 활용하는 방향으로 발전해 갈

것이다. 특히 평균 수명의 증가로 초고령사회에 진입하였지만 여전히 실제 기대 수명과 건강 수명 사이에 큰 간극이 존재하고 이로 인해 개인과 가족에게는 고통이 증가하고 있으며 사회와 국가에게는 큰 경제적 부담이 되고 있다^{3,4)}. 이런 간극을 줄이기 위해서는 질환의 조기 진단 및 예방이 필수적이며 효율적인 진단술식의 개발이 더욱 중요함을 알 수 있다.

의학 분야에서 진단검사의학(laboratory medicine)이란 인체로부터 채취한 각종 검체(혈액, 소변, 대변, 체액, 뇌척수액, 세포 등)에 존재하는 특정 물질을 다양한 과학적 방법으로 측정, 분석, 판독하는 검사 행위를 수행함으로써 질병의 진단, 치료 및 예방에 도움을 주는 전문 진료과목으로, 주요 분야로는 검사실 운영(laboratory management), 진단혈액학(diagnostic hematology), 임상화학(clinical chemistry), 임상미생물학(clinical microbiology), 진단면역학(diagnostic immunology), 수혈의학(transfusion medicine), 진단유전학(genetic diagnostics) 및 검사정보학(laboratory informatics) 분야가 있다. 진단의학검사의 목적은 1) 질병진단 및 감별진단, 2) 질병 중증도 및 경과 판단을 통한 치료방침 결정, 3) 예

*Corresponding author: Prof. Hong-Seop Kho
Department of Oral Medicine and Oral Diagnosis, School of Dentistry, Seoul National University, 101 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 03080, Korea
Tel: +82-2-6256-3027, E-mail: hkho@snu.ac.kr

후판정, 4) 건강검진이나 선별검사를 통한 질병 조기발견 및 예방, 5) 치료효과 추적관찰 등을 들 수 있다. 대한진단검사의학회는 1980년 대한임상병리학회로 출범해 1981년 대한의학회 내 공식학회로 승인 받았으며 공식영문 명칭은 The Korean Society for Laboratory Medicine (KALD) 으로 2021년 기준으로 전국에 약 1,100여명의 전문의가 있다⁵⁾.

대한진단검사의학회(The Korean Academy of Laboratory & Diagnostic Dentistry, KSLM)는 진단검사의학 분야의 연구 및 의료 발전을 선도함을 목적으로 2017년 6월 16일 발족되었으며 2025년 2월 18일 대한치과의사협회 인준 학회가 되었다. 진단검사의학이란 치의학 분야에 특화된 다양한 진단검사술식의 개발 및 적용과 관련된 분야를 포함할 뿐만 아니라 다양한 의학적 진단검사 술식을 구강악안면 질환의 진단에 적합하게 변형 발전시키는 분야를 포괄한다고 할 수 있다. 이와 함께 타액과 같은 치의학 분야의 특화된 검체를 활용하여 건강상태 모니터링(health surveillance) 및 질환 진단과 관련된 분야를 연구하는 영역도 포괄할 수 있을 것이다.

본 종설에서는 진단검사의학의 발전을 위해서 현재 치의학 영역의 진단학적 검사 항목을 살펴보고, 그 문제점 및 발전 방향을 검토해 보고자 한다. 구강악안면 영역 질환의 진단에 필요한 '건강보험 요양급여비용' 책자⁶⁾에 있는 모든 검사 관련 항목이 논의의 대상이 될 수 있지만, 본 종설에서는 진단검사의학 분야의 발전 방향을 제시하기 위하여 치의학 영역에 특화된 진단검사 술식으로 논의를 축소하고 이를 확장 발전시키는 전략에 대해 토의하고자 한다.

치의학 영역의 진단학적 검사 항목

1. 치의학 영역에 특화된 건강보험 행위 진단검사 항목

건강보험 급여 검사 항목 중 '기능 검사료' 영역에 치의학 분야에 특화된 검사항목을 나열한 [치아 검사] 분류가 있고 9개 항목이 포함되어 있다(Table 1). 이를 살펴보면 '전기치수반응검사(electrical pulpal test)', '근관장측정검사(root canal length measuring)', '치주낭 측정검사(periodontal pockets test)', '교합분석(occlusal analysis)', '측두하악장애분석검사(analytical assessment of temporomandibular disorders)', '정량광형광기를 이용한 치아우식증 검사(detection of

Table 1. 치의학 영역에 특화된 건강보험 행위 급여 목록에 포함되어 있는 기능 검사 항목

치아 검사 항목
전기치수반응검사(electrical pulpal test)
근관장측정검사(root canal length measuring)
치주낭 측정검사(periodontal pockets test)
교합분석(occlusal analysis)
측두하악장애분석검사(analytical assessment of temporomandibular disorders)
정량광형광기를 이용한 치아우식증 검사(detection of caries by quantitative light-induced fluorescence)
하악운동궤적검사(mandibular kinesiography)
관절음도검사(TMJ sonography)
동기능적 교합검사(dynamic functional occlusion analysis)

Table 2. 치의학 영역에 특화된 건강보험 행위 비급여 목록에 포함되어 있는 기능 검사 항목

치아 검사 항목
교합음도검사
구취측정
치아우식활성도 검사
타액검사(분비율, 점조도, pH, 완충기능 검사)
하악과두 위치와 운동검사 및 분석(axiograph 이용)
하악과두 위치와 운동검사 및 분석(mandibular position indicator 이용)
인상채득 및 모형제작(impression taking and cast construction)

caries by quantitative light-induced fluorescence)', '하악운동궤적검사(mandibular kinesiography)', '관절음도검사(TMJ sonography)' 및 '동기능적 교합검사(dynamic functional occlusion analysis)'가 포함되어 있다⁶⁾. 해당 검사에는 전기치수반응검사나 측두하악장애분석검사와 같이 일상적으로 진료실에서 시행되는 술식도 있지만 검사의 활용도가 낮은 술식도 있다. 또, 장비의 발전에 따라 검사 술식의 적응증, 적용법 및 검사 결과에 대한 해석과 의미가 발전되거나 변화되는 술식도 있을 수 있다. 그러므로 지속적인 연구를 통해 기존 검사 항목의 과학성을 축적하고 활용도의 적정성에 대한 제안이 필요하며, 활용도가 낮은 검사 항목의 경우 그 이유에 대한 조사도 필요할 것이다.

건강보험 급여 검사 항목과 유사하게 건강보험 비급여 검사 항목의 경우에도 '기능 검사료' 영역에 치의학 분야에 특화된 검사항목을 나열한 [치아 검사] 분류가 있고 7개 항목이 포

Table 3. 치의학 영역과 관련된 건강보험 행위 진단검사 항목

검사 항목	발전 방안
근전도검사(electromyography)(두부 head 항목 적용)	적극적인 활용 필요
증상 및 행동 평가 척도(symptomatic and behavioral evaluation scale)	추가적인 검사로의 확대가 필요
미각검사(taste test)(인지 및 역치검사)	적극적인 활용 필요
정량적 감각기능 검사(quantitative sensory test) (진동역치, 온도역치, 전류인지역치 포함, 통증역치 검사도 포함)	구강악안면 부위에 맞게 변형 및 발전 필요
미생물 배양, 동정 및 억제 감수성 검사	구강미생물의 특수성을 고려한 체계적 발전 필요
연하장애평가	
발음 및 발성검사	해당 영역으로 확대 발전 필요
언어전반진단 검사	

함되어 있다(Table 2). 이를 살펴보면 ‘교합음도검사’, ‘구취측정’, ‘치아우식활성도 검사’, ‘타액검사(분비율, 점조도, pH, 완충기능검사)’, ‘하악과두위치와 운동검사 및 분석(axiograph 이용)’, ‘하악과두위치와 운동검사 및 분석(mandibular position indicator 이용)’과 ‘인상채득 및 모형제작(impression taking and cast construction)’ 항목이 있다⁶⁾. 비급여 항목 역시 항목에 따라 활용도에 차이가 있을 수 있으며 검사 술식의 개발에 따른 항목 내용의 검토가 필요할 수 있다.

2. 치의학 영역과 관련된 건강보험 행위 진단검사 항목

건강보험에 포함된 행위 중 다양한 검체 검사, 병리 검사, 기능 검사, 초음파 검사 및 영상 진단 검사가 이미 구강악안면 질환의 진단에 활용되고 있음은 주지의 사실이다. 하지만 해당 검사법의 최신 발전 내용을 구강악안면 질환 진료현장에 적용하는 노력은 지속되어야 한다. 이와 함께 급속히 증가하고 있는 의과 검사 항목에서 구강악안면 질환의 진료에 활용 가능한 항목을 지속 탐구하고, 그 학문적 근거를 조사, 연구하는 것은 매우 중요하다.

치의학 진료영역에 오랫동안 적용해 온 해당 급여검사 항목의 예를 보면, [신경계 기능검사] 항목에 있는 ‘근전도검사(electromyography)(라. 두부 head 항목을 적용할 수 있다)’와 치과진료실에서 간이심리검사로 활용되고 있는 SCL-90-R(Symptom Checklist 90-Revised)를 실시한 경우 적용하고 있는 ‘증상 및 행동 평가 척도(symptomatic and behavioral evaluation scale) 검사’를 들 수 있다. ‘증상 및 행동 평가 척도 검사’의 경우 다양한 구강악안면 질환과 심리학적 특성과의 관련성을 고려할 때 우울, 불안 및 신체증상 장애와 같은 세부 영

역에 대한 추가적인 검사로의 확대가 필요함이 제안된 바 있다. 이에 따라 최근 측두하악장애와 관련된 행동 및 심리사회적 평가 항목인 ‘측두하악장애 진단기준 축II 포괄검사(diagnostic criteria for temporomandibular disorders(DC/TMD) Axis II: comprehensive)’가 신의료기술로 공시된 바 있다. 비급여 [신경계 기능검사] 항목으로는 ‘미각검사(taste test)(인지 및 역치검사)’가 있다⁶⁾(Table 3).

때로는 해당 검사 항목을 구강악안면 질환에 맞게 변형하는 것이 필요한 경우도 있다. 예를 들면 비급여 [신경계 기능검사] 항목인 ‘정량적 감각기능 검사(quantitative sensory test) (진동역치, 온도역치, 전류인지역치 포함, 통증역치 검사도 포함)’의 경우 검사하려는 해부학적 부위에 맞게 변형이 필요하다. 특히, 구강악안면 질환의 진료를 위한 ‘미생물 배양, 동정 및 억제 감수성 검사’의 경우에는 구강미생물의 특수성을 고려해 볼 때 하나의 새로운 영역이라고 하여도 과장이 아닐 것이다. 이와 함께 구강악안면 질환의 진료에 직접적으로 도움이 되지만 해당 분야에 대한 관심 부족으로 활발히 활용되지 못하고 있는 검사 항목도 있다. 예를 들면 [신경계 기능검사] 비급여 항목에 있는 ‘연하장애평가’, ‘발음 및 발성검사’, 및 ‘언어전반진단 검사’ 항목이 이에 포함된다⁶⁾(Table 3).

진단검사치의학 분야의 문제점

1. 진단검사 술식 활용에 대한 인식 부족의 고착화

치과 분야는 의과에 비해 상대적으로 진단 술식 보다는 치료 술식의 개발에 의해 발전해 왔으며 이런 전통적인 발전 경향이

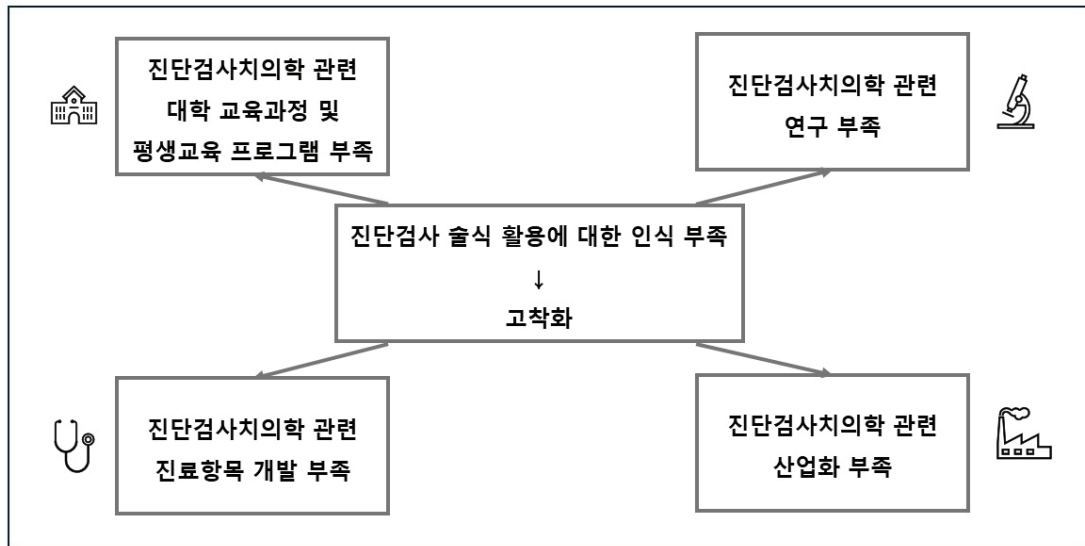


Fig. 1. 진단검사 술식 활용에 대한 인식 부족의 고착화 영향

치위학과 관련된 진단검사 술식 발전 저해의 이유로 여겨지기도 한다. 치의학은 ‘외과학의 특성을 가지고 있는가? 내과학의 특성을 가지고 있는가?’하는 논쟁은 학문적 융합이 필연적이고 빅데이터 활용과 정밀의료가 현실화되는 시대에서는 큰 의미를 가지기 어렵다. 전통적인 프레임을 타파하기 보다는 미래지향적인 발전을 선도하거나 발전과정에 적응하지 못하고 갇혀있는 우리의 인식이 더 중요한 요인이며 이런 인식의 고착화가 더욱 결정적인 방해요인이다.

2. 인식 부족의 고착화와 관련된 요인

이러한 인식 부족의 고착화는 대학의 교육과정과 평생교육 프로그램에 영향을 미치고, 진단검사 관련 학문에 대한 관심과 연구의 부족, 진단검사 관련 진료항목 개발 미비 및 진단검사 관련 치의학 산업의 비활성화와 관련이 있으며 이런 요인은 피드백을 거쳐 악순환의 고리를 형성하고 있다(Fig. 1).

진단검사치의학 분야의 발전 방향

진단검사치의학 분야의 발전 방향을 단기적 측면과 중장기적 측면으로 나누어 생각해 보고자 한다. 단기적으로는 기존 검사법의 활용을 활성화하거나 기존 검사법의 간단한 변형을 통하여 치의학 분야로 활용도를 확장할 수 있는 항목을 탐구하는 것이다. 중장기적으로는 진단검사치의학 분야에 대한 연

구개발의 활성화가 필수적이다. 이를 위해서는 우선 진단 술식 활용에 대한 인식 부족의 고착화를 깰 수 있는 사고의 전환이 필요하다.

1. 진단검사 술식 활용에 대한 사고의 전환

구강건조감을 호소하면서 내원한 환자의 경우 문진과 시진을 통해 구강건조증을 진단하는 경우와 타액분비율 측정을 진행하는 경우를 비교하여 설명해 보고자 한다. 일반적으로 구강건조감으로 인한 환자의 주관적 호소의 심도는 객관적인 타액분비율 감소와 비례 관계를 보이지 않는다는 것은 잘 알려진 사실이다⁷⁻⁹⁾. 일반적으로 행해지는 ‘비자극성 및 자극성 전타액 타액분비율 검사(measurements of unstimulated and stimulated whole salivary flow rates)’를 시행한 경우, 타액분비 감소의 심각도, 주로 영향을 받은 타액선(이하선 혹은 악하선/설하선)에 대한 논리적 추정과 자극을 유도하는 치료법에 대한 반응을 예측해 볼 수 있게 해 준다¹⁰⁾. 이와 함께 ‘타액 pH’와 ‘타액 완충능 검사’까지 시행된다면 타액분비가 감소된 환자에서 향후 치아우식의 발생 위험도를 평가할 수 있다 (치면세균막 pH검사와 치아우식 유발 세균 검사를 포함하는 경우 ‘치아우식활성도 검사’가 된다).

환자가 구취를 호소하면서 내원한 경우, 구취 측정기를 활용한 ‘구취측정’은 구취의 심도를 객관적 수치로 제공하고 구취를 주로 유발하는 황화합물 중 H₂S와 CH₃SH 농도를 분리해서 제공해 줌으로써 구취의 주요 발생 부위를 예측하게 해 준다¹¹⁾.

이와 함께 '타액분비율 검사'가 시행될 경우 해당 환자에서 타액분비 감소 여부가 구취에 미치는 영향을 알 수 있으며 '증상 및 행동 평가 척도 검사'가 시행될 경우 환자의 심리학적 특성과 구취와의 관련성을 추정할 수 있게 해 준다¹²⁾.

이와 같이 진단 및 치료계획에 도움을 주는 기존의 검사 술식의 과학적 근거를 이해하고 이를 적극 활용하고자 하는 사고의 변화가 필요하다. 물론 적용하는 진단 술식은 근거에 기반한(evidence-based) 과학성을 가지고 있어야 하며 진단, 치료 계획 및 예후 추정에 도움을 줄 수 있어야 한다.

2. 유용한 진단검사 항목의 도입과 발전

진료에 직접적인 도움을 주는 진단검사 항목의 적극적인 도입과 항목개발 및 추가 연구가 필요하다. 혁신적인 진단 도구 및 기기 개발은 큰 도전이지만 외국에서 이미 개발되어 진료에 활용되고 있거나 진료에 활용 가능성이 매우 높은 술식이나 기기 중 그 과학적 타당성이 입증되고 검사 요구도가 큰 항목은 국내에서도 진료 항목화될 필요가 있다. 예를 들면 구강암의 조기 발견을 위한 다양한 도구와 기기가 좋은 예가 될 수 있으며 vital staining, chemiluminescence 및 spectroscopy 도구 등이다¹³⁾.

추가적인 예로는 구강노쇠 진단평가법의 도입이다. 노인 인구의 급격한 증가로 인한 만성질환, 노쇠, 장기요양, 돌봄의 문제는 큰 사회적 이슈가 되었다. 영양감소, 근감소증, 신체노쇠 및 사망으로 이어지는 일련의 과정에서 구강건강과 기능의 유지와 영양과 섭식유지 및 만성염증의 감소를 통하여 신체노쇠 예방에 중요한 역할을 하는 것이 잘 알려져 있다^{14,15)}. 일본의 경우 구강노쇠 진단 및 평가과정이 건강보험 대상항목이고 평가 도구도 잘 개발되어 있다^{15,16)}. 국내의 경우에도 구강노쇠 진단 과정을 행위 항목화하기 위한 노력이 진행되고 있다¹⁷⁾. 이를 위해서는 해당 분야에 대한 국제수준의 국내 연구, 효율적인 정책적 접근과 해당 분야의 산업화 과정이 필수적이다.

3. 진단검사치의학 분야 연구개발

장기적으로는 치의학 분야에 특화된 진단 술식과 장비 개발이 필수적이다. 미래의 의료가 예방에 중점을 둔 개인에 적합한 치료법을 제공해 주는 방향으로 발전할 것이라는 점을 고려하면, 빅데이터와 인공지능, 정밀의료에 기반한 진단 술식의

개발이 필수적일 것이다. 그리고, 보다 비침습적인 술식을 활용한 진단법 개발이 요구되고, 질환 진단 뿐만 아니라 예방에 중점을 둔 건강상태 감시를 위한 도구나 장비 개발이 필수적이다. 이러한 관점에서 보면 타액을 활용한 질병 진단 및 건강상태 감시 도구의 개발 분야도 더욱 주목을 받을 수 있을 것이다^{18,19)}.

하지만 가장 중요한 것은 진료 현장에 적용할 수 있는 임상적 유용성이다. 연구실험실에서 유용한 항목으로 발견된 바이오마커와 진단용 기기가 과학적 신뢰도(reliability) 및 타당도(validity)의 장벽을 넘지 못하는 경우가 빈번하다. 때로는 시장성 측면에서 어려움을 겪을 수도 있다. 혁신적이고 실제적인 연구성과와 글로벌 시장을 염두에 둔 산학협력 개발이 필요한 이유이다.

결론

미래 치과의료는 진단검사치의학 분야의 발전을 필요로 한다. 하지만 현재 치의학 분야에 특화된 진단검사 술식은 매우 한정적이며 진단검사치의학 분야의 발전도 초보적인 단계이다. 발전을 저해하는 가장 큰 요인은 진단검사 술식 활용에 대한 치과계 인식 부족의 고착화이며 이는 진단검사치의학에 대한 교육, 진단검사 관련 학문에 대한 관심과 연구의 부족, 진단 검사 관련 진료항목 개발 미비 및 진단검사 관련 치의학 산업의 비활성화에 영향을 미치고 있다. 이를 타개하기 위해서는 진단 술식 활용에 대한 인식 부족의 고착화를 깰 수 있는 치과계의 사고의 전환이 필요하다. 이와 함께 단기적으로는 기존 검사법의 활용을 활성화하거나 기존 검사법의 변형을 통하여 치의학 분야로 활용도를 확장할 수 있는 항목을 탐구할 필요가 있으며 장기적으로는 진단검사치의학 분야에 대한 연구개발의 활성화가 필수적이다.

Conflicts of Interest: None

참고문헌

1. Sagner M, McNeil A, Puska P, Auffray C, Price ND, Hood L, et al. The P4 health spectrum - a predictive, preventive, personalized and participatory continuum for promoting

- healthspan. *Prog Cardiovasc Dis* 2017; 59: 506-521.
2. Bartold PM, Ivanovski S. P4 medicine as a model for precision periodontal care. *Clin Oral Investig* 2022; 26: 5517-5533.
 3. Health Insurance Review & Assessment Service, National Health Insurance Service. 2024 national health insurance statistical yearbook [Internet]. Wonju: Health Insurance Review & Assessment Service, Wonju; National Health Insurance Service; 2025 [cited 2026 Jan 3]. Available from: <https://www.hira.or.kr/bbsDummy.do?pgmid=HIRAA02004502000&brdScnBltno=4&brdBltno=2322&pageIndex=1&pageIndex2=1#none>
 4. National Health Insurance Service. 2024 Long term care insurance statistical yearbook [Internet]. Wonju: National Health Insurance Service; 2025 [cited 2025 Jun 30]. Available from: <https://www.nhis.or.kr/nhis/together/wb-haec07200m01.do?mode=view&articleNo=11003958&article.offset=0&articleLimit=10>
 5. The Korean Society for Laboratory Medicine. *Laboratory Medicine*. 6th ed. Seoul: Panmun Education; 2021.
 6. Korean Medical Association. 건강보험 요양급여비용[202503-MA553-673]. Seoul: Korean Medical Association; 2025.
 7. Österberg T, Landahl S, Hedegård B. Salivary flow, saliva pH and buffering capacity in 70-year-old men and women. Correlation to dental health, dryness in the mouth, disease and drug treatment. *J Oral Rehabil* 1984; 11: 157-170.
 8. Spielman A, Ben-Aryeh H, Gutman D, Szargel R, Deutsch E. Xerostomia: diagnosis and treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1981; 51: 144-147
 9. Ship JA, Fox PC, Baum BJ. How much saliva is enough? 'Normal' function defined. *J Am Dent Assoc* 1991; 122: 63-69.
 10. Sreebny LM, Broich G. Xerostomia (dry mouth). In Sreebny LM. Ed. *The salivary system*. Boca Raton, FL: CRC Press; 1987. p. 179-202.
 11. Yaegaki K. Oral malodor and periodontal disease. In: Rosenberg M. *Bad breath: research perspectives*. Tel Aviv: Ramot Publishing; 1995. p. 87-108.
 12. Lee SR, Kim HS, Kim YK. Psychological characteristics in oral malodor patients. *Korean J Oral Med* 2001; 26: 225-241.
 13. Bang KM, Kim SM, Myoung H, Kim MJ, Lee JH. Diagnostic aids for the detection of oral cancer. *J Korean Dent Assoc* 2011; 49: 146-152.
 14. Tanaka T, Takahashi K, Hirano H, Kikutani T, Watanabe Y, Ohara Y, et al. Oral frailty as a risk factor for physical frailty and mortality in community-dwelling elderly. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2018; 73: 1661-1667.
 15. Tanaka T, Hirano H, Ikebe K, Ueda T, Iwasaki M, Minakuchi S, et al. Consensus statement on "Oral frailty" from the Japan Geriatrics Society, the Japanese Society of Gerodontology, and the Japanese Association on Sarcopenia and Frailty. *Geriatr Gerontol Int* 2024; 24: 1111-1119.
 16. Minakuchi S, Tsuga K, Ikebe K, Ueda T, Tamura F, Nagao K, et al. Oral hypofunction in the older population: position paper of the Japanese Society of Gerodontology in 2016. *Gerodontology* 2018; 35: 317-324.
 17. Kang JH, Kho HS, So JS, Jung HI, Kim NH, Linton JL, et al. Strategies for registering oral frailty diagnostic tests as new health technologies. *J Korean Dent Assoc* 2025; 63: 1-10.
 18. Malamud D, Niedbala RS. *Oral-based diagnostics*. New York, NY: Ann NY Acad Sci; 2007.
 19. Streckfus CF. *Advances in salivary diagnostics*. In Kulasinghe A. Heidelberg, BW: Springer; 2015.

The necessity of preoperative laboratory testing in dental surgery: A case-based clinical approach

치과 수술 전 혈액 검사의 필요성: 임상 증례 중심으로

Mi Hyun Seo ^{1,2,*}

¹Department of One-stop Specialty Center, Oral and Maxillofacial Surgery, Seoul National University Dental Hospital, Seoul, Korea

²Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Dental Research Institute, School of Dentistry, Seoul National University, Seoul, Korea

ABSTRACT

Preoperative laboratory testing is an essential yet frequently overlooked component of safe dental surgical practice. As the aging population increases the prevalence of systemic diseases among dental patients, structured preoperative evaluation prior to routine procedures such as tooth extraction and implant surgery has become increasingly important. Clinical cases demonstrate that blood tests play a decisive role in preoperative decision-making, enabling detection of previously undiagnosed conditions including uncontrolled diabetes, renal tubular dysfunction, and hematologic malignancies. Although no universally accepted protocol currently exists, the necessity of routine preoperative blood testing should be carefully considered in an aging society - not only to optimize surgical outcomes, but also to ensure the safety of both patients and clinicians. Routine preoperative laboratory evaluation should be regarded as a fundamental safeguard in ambulatory oral and maxillofacial surgical care. (*J Korean Dent Assoc* 2026; 64(5): 169-173)

Key words : Hematologic Tests; Ambulatory Surgical Procedures

서론

치과 외래에서 발치나 임플란트 식립 수술을 앞둔 환자에게 '혈액 검사를 해야 한다'고 말하면, 적지 않은 환자들이 의아한 표정을 짓는다. '이가 아픈 것 뿐인데 왜 피를 뽑느냐'는 반응이다. 그러나 구강악안면외과 전문의의 입장에서 수술 전 혈액 검사는 단순한 형식적 절차가 아니다.

치과 의사가 일상적으로 시행하는 단순 발치나 임플란트 수술도 엄연한 외과적 시술이다. 지혈 장애, 면역 저하, 대사 이상, 악성 혈액 질환 등은 구강 내의 환경에도 영향을 미치며, 때로는 혈액 검사 결과가 수술 방법, 시기, 의과 협진 필요성을 결정하기도 한다. 특히 고령 인구가 증가하고 여러 가지의 전신 질환을 가진 환자가 치과를 방문하는 경우가 늘면서, 술전 평가의 중요성은 더욱 커지고 있다.

서울대학교치과병원에서 2018년부터 2019년까지 발치 또는 임플란트 수술을 위해 내원한 5,022명의 환자를 대상으로 한 연구에 따르면, 혈액 검사 항목별 이상 소견 발생률이 0.4-24.3%에 이르렀다. 더욱 주목할 점은 기저 질환이 없다고 보고한 건강한 환자에서 급성 백혈병, 혈소판 감소증 등 수술 결과에 직접적 영향을 줄 수 있는 이전에 진단되지 않은 질환이 발견되었다는 사실이다¹⁾.

본 연구에서는 실제 임상 증례를 통해서 수술 전 혈액 검사의 의미에 대해서 알아보고, 초고령화 시대에서 치과 수술 전 혈액 검사의 필요성에 대해서 고찰하고자 한다.

*Corresponding author: Prof. Mi Hyun Seo
Department of One-stop Specialty Center, Seoul National University Dental Hospital, 101 Daehakno, Jongno-gu, Seoul, 03080, Korea
TEL: +82-2-6256-3319, E-mail: tjalgus@snu.ac.kr

증례 보고

증례1

환자는 68세 남자로, 타병원에서 임플란트 수술 후 저작 시 통증을 주소로 내원하였다. 의학적 병력으로는 1년 전 진단받은 폐 질환, 신장 질환으로 약물 복용 중인 것 이외에는 특이할 만한 사항은 없었다. 내원하기 8개월 전부터 임플란트 식립을 받았지만, 골유착 실패로 발거 및 재수술을 받은 상태였다. 환자의 내원 당시 치과 파노라마 사진(Fig. 1A)과 전산화단층 촬영(CT) 사진(Fig. 1B)을 보면, 파노라마에서는 상악 임플란트 주위의 골흡수 이외 특이할 만한 소견은 관찰되지 않는다.

그러나 CT에서는 식립한 임플란트 주위로 침습적 골흡수, 골수 음영 증가, 치조백선 소실, 불규칙한 골소주 패턴이 관찰되었다. 환자의 병력을 고려하여 임플란트주위염, 국소적 골수염, 신성골이영양증을 의심으로 진단하였다.

혈액 검사(Table 1)에서는 신기능 지표 중 creatinine 수치가 정상 범위 내에서 높았고, alkaline phosphatase가 증가되어 있고, 혈청 인산(phosphorus)수치가 현저히 저하되어 있었다.

CT와 혈액 검사 결과를 바탕으로 내분비내과에 협진 의뢰를 하였다. 내분비내과에서는 신장 세노관 기능 장애로 포도당, 인산, 아미노산 등이 과다하게 배설되는 Fanconi syndrome으로 진단하였고, 이후 식이 요법 및 인산 보충 치료를 받게 되었다. 이 경우 혈액 검사 없이 단순 임플란트 주위염으로만 접

근했다면, 근본적인 전신 원인을 놓쳤을 것이다. 이 증례는 임플란트 수술 전 신장 기능과 대사 지표를 확인하는 것의 중요성을 잘 보여준다.

Table 1. 증례 1 환자의 일반 화학 검사 결과

일반화학(chemistry)			
Calcium	▼ 8.6	8.8 ~ 10.5	mg/dL
Phosphorus	▼ 1.4	2.5 ~ 4.5	mg/dL
Glucose	90	70 ~ 110	mg/dL
BUN	18	10 ~ 26	mg/dL
Uric Acid	▼ 1.6	3 ~ 7	mg/dL
Cholesterol	115	0 ~ 240	mg/dL
Total Protein	6.9	6 ~ 8	g/dL
Albumin	4.0	3.3 ~ 5.2	g/dL
Total Bilirubin	0.6	0.2 ~ 1.2	mg/dL
Alk. phosphatase	▲ 322	30 ~ 115	IU/L
AST (GOT)	21	0 ~ 40	IU/L
ALT (GPT)	22	0 ~ 40	IU/L
Creatinine	1.35	0.7 ~ 1.4	mg/dL
eGFR (MDRD)	52.5		mL/min/1.73m ²
eGFR (CKD EPI Cr)	53.5		
Sodium	141	135 ~ 145	mmol/L
Potassium	3.9	3.5 ~ 5.5	mmol/L
Chloride	110	98 ~ 110	mmol/L

▼ 정상 하한치 미만, ▲ 정상 상한치 초과

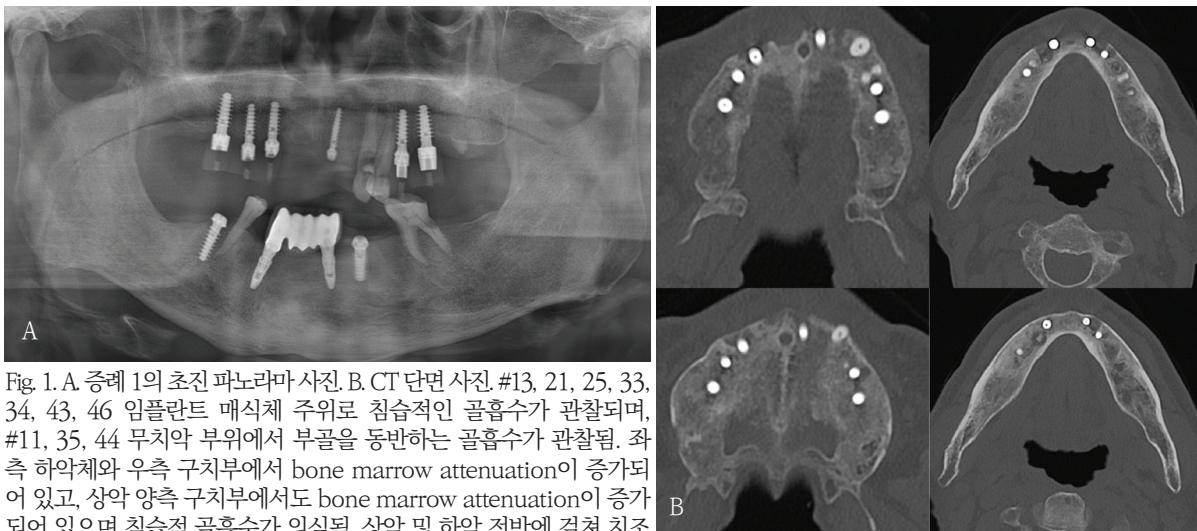


Fig. 1. A. 증례 1의 초진 파노라마 사진. B. CT 단면 사진 #13, 21, 25, 33, 34, 43, 46 임플란트 매식체 주위로 침습적인 골흡수가 관찰되며, #11, 35, 44 무치악 부위에서 부골을 동반하는 골흡수가 관찰됨. 좌측 하악체와 우측 구치부에서 bone marrow attenuation이 증가되어 있고, 상악 양측 구치부에서도 bone marrow attenuation이 증가되어 있으며 침습적 골흡수가 의심됨. 상악 및 하악 전반에 걸쳐 치조백선이 소실되고 골소주가 짧고 불규칙해진 소견임.

증례2

43세 남자 환자로, 전신 질환으로 초기 당뇨병 및 고지혈증을 가지고 있다고 언급하였으며, 하악 좌측 부위의 점진적인 통증과 부종을 주소로 타치과에서 의뢰되었다. 파노라마 사진(Fig. 2A)에서는 주소와 연관하여 하악 좌측 제 2소구치 및 하악 좌측 제 2대구치의 치근단 부위까지 골흡수가 관찰되고 하악 좌우측 전반에 걸친 골경화성 변화가 관찰되었다. CT영상(Fig. 2B)에서는 #35주위의 치근단 병소, #37, 48의 치근단 부위까지 골흡수가 관찰되었는데, #37, 48 주위는 골흡수가 심하여 설측 피질골이 천공이 관찰되었다.

그리고 양측 level Ib, IIa에서 림프절 비대가 관찰되어 환자의 좌측 부종은 치성 원인으로 인한 감염으로 진단할 수 있었다. 환자의 급성 감염 증상 조절 후 원인이 되는 #37, 38, 47, 48 발치하기로 계획하였다. #35는 보존과에서 치외치 파절로 인한 치수괴사 및 만성 치근단성 치주염으로 진단하고 근관 치료를 계획하였다. 그런데 환자의 혈액 검사 결과 당화혈색소(HbA1c)가 10.9%, glucose 337 mg/dL로 초기 당뇨로 환자가 알고 있었으나 혈당 조절 불량한 조절되지 않는 당뇨병으로 내분비내과로 의뢰하였다. 내분비내과에서는 혈당 조절 후 치과 치료 받는 것을 권유하였다. 따라서, 절개 및 배농, 항생제 치료로 급성 감염 증상을 조절하고 내분비내과에서 혈당 조절 후 #37, 38, 47, 48 발치를 시행하였다.

당화혈색소는 혈액 내에서 산소를 운반해 주는 적혈구 내의 혈색소가 어느 정도로 당화되었나를 보는 검사로 적혈구 평균 수명 기간에 따라 최근 2-3개월 정도의 혈당 변화를 반영

한다. 일반적으로 선택적 수술의 경우, 수술 전 3개월 이내 당화혈색소 8% 목표로 설정하고 있으며, 수술 전후 혈당은 100-180mg/dL 범위로 유지하도록 하고 있다. 이는 수술 유형, 저혈당 위험도, 혈당 강하제 종류에 따라 목표치는 조정 가능하다. 수술 전후 고혈당은 감염 및 기타 합병증의 위험 인자이므로 수술 전후 혈당 조절이 중요하다. 그러나, HbA1c나 혈당 조절 indicator만을 근거로 수술을 연기하는 것은 권장되지 않고, 내분비내과와 협진 및 임상이가 현재 치료의 위급성 및 필요성을 판단해서 치료할 필요가 있다²⁾.

증례 3

66세 여환으로, 6개월 전부터 시작된 하악 좌측 전치 및 치은 부위의 감각 이상 및 통증을 주소로 내원하였다. 신경외과에서 삼차신경통으로 진단을 받고 약물 복용 중이었고, 동일한 주소로 한의원에서 치료를 받았는데 효과는 없었다고 한다. 내원 당시는 좌측 입술 구각부 및 구강저 부위도 감각저하가 관찰되었고 하악 좌측 제 1대구치, 제 2대구치의 동요도가 관찰되었다. 본인이 알고 있는 전신질환은 없다고 하였다. 파노라마 사진(Fig. 3A)에서 하악 좌측 제 1,2 대구치 치근의 치조 백선이 소실되었고, 우측 견치도 치조 백선 소실이 관찰되었다. CT 사진(Fig. 3B)에서는 하악 우측 parasymphysis, 좌측 하악 골, 상악의 zygomatic process, 관골 부위까지 다발성 골용해성의 bulging mass가 관찰되었고, 좌측 level 1b의 림프절 비대도 관찰되었다.

환자의 혈액 검사를 시행하였고, 그 중에서 일반혈액검사

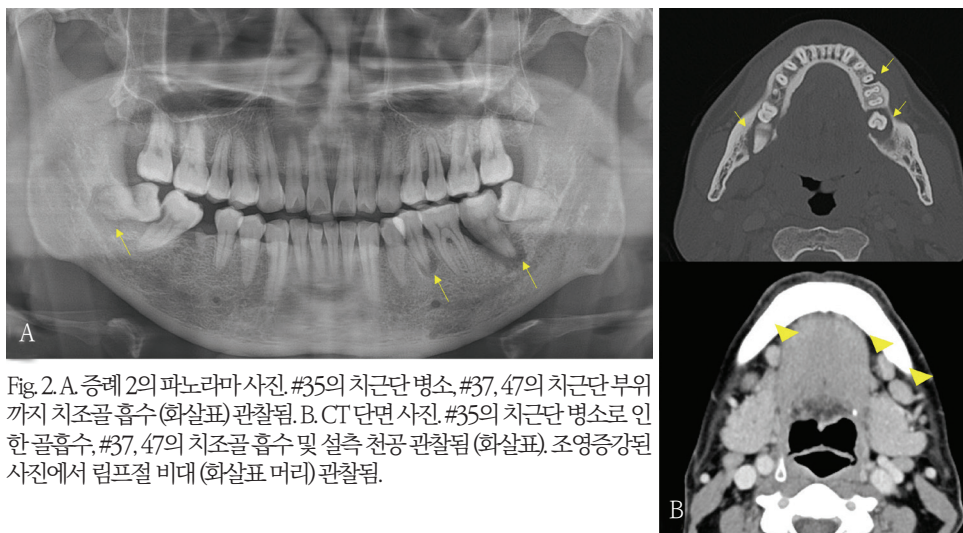


Fig. 2. A. 증례 2의 파노라마 사진. #35의 치근단 병소, #37, 47의 치근단 부위까지 치조골 흡수(화살표) 관찰됨. B. CT 단면 사진. #35의 치근단 병소로 인한 골흡수, #37, 47의 치조골 흡수 및 설측 천공 관찰됨(화살표). 조영증강된 사진에서 림프절 비대(화살표 머리) 관찰됨.

(complete blood cell counts, CBC)에서 결과 이상을 나타내었다(Table 2). 환자는 백혈구 감소증 ($3.23 \times 10^9/\mu\text{L}$), 적혈구 감소증 ($1.97 \times 10^6/\mu\text{L}$)를 나타내었고, hemoglobin 5.9g/

dL 및 hematocrit 19.0%로 감소되어 있었다. 그 이외에 혈소판 $122 \times 10^3/\mu\text{L}$, absolute neutrophil count $1793/\mu\text{L}$ 로 감소되어 있었다. 환자의 혈액 검사 및 영상 진단 결과를 종합하여 다발성 골수종과 같은 혈액암을 의심하고 혈액종양내과로 의뢰하였다. 환자는 하악 병소의 조직 검사로 다발성 골수종으로 확진되었고, 조혈모세포 이식을 예정하고 있다.

Table 2. 증례 3 환자의 일반혈액검사 결과 수치.

일반혈액			
WBC	3.23	▼ 4 ~ 10	$\times 10^9/\mu\text{L}$
RBC	1.97	▼ 4 ~ 5.40	$\times 10^6/\mu\text{L}$
Hgb	5.9	▼ 12 ~ 16	g/dL
Hct	19.0	▼ 36 ~ 48	%
MCV	96.4	▲ 79 ~ 95	fL
MCH	29.9	26 ~ 32	pg
MCHC	31.1	32 ~ 36	g/dL
RDW	21.8	▲ 11.5 ~ 14.5	%
Platelet	122	▼ 130 ~ 400	$\times 10^3/\mu\text{L}$
PCT	0.1	▼ 0.15 ~ 0.32	%
MPV	9.2	7.4 ~ 10.4	fL
PDW	7.8	▼ 9.9 ~ 16.0	fL
Blast			%
Promyelocyte			%
Myelocyte			%
Metamyelocyte			%
Band neutrophil		▼ 2 ~ 6	%
Seg. neutrophil	55.5	50 ~ 75	%
Lymphocyte	36.5	20 ~ 44	%
Monocyte	7.1	2 ~ 9	%
Eosinophil	0.6	▼ 1 ~ 5	%
Basophil	0.3	0 ~ 2	%
Normoblast			/100WBC
Absolute Neutrophil Count	1793	▼ 1800 ~ 7000	$/\mu\text{L}$
ESR	59	▲ 0 ~ 20	mm/hr

▼ 정상 하한치 미만, ▲ 정상 상한치 초과

토의 및 결론

지금까지 살펴 본 증례들은 모두 혈액 검사상 수술 전 임상 결정에 결정적인 역할을 한 경우들이다. 수술 전 검사의 궁극적인 목적은 수술 결과를 향상시키고, 잠재적인 위험 요인 및 기저 질환을 조기에 파악하여 수술 전후 치료 계획 수립과 환자 안전을 담보하는 데 있다³⁾. 현재까지 모든 연령과 상태의 환자에게 일률적으로 적용할 수 있는 표준화된 수술 전 검사 프로토콜은 존재하지 않는다⁴⁻⁷⁾.

불필요한 검사는 환자에게 불필요한 비용 부담과 잠재적 위해를 초래할 수 있으므로, 임상적 판단에 근거한 선별적 접근이 권장된다. 기존의 가이드라인에 따르면 CBC는 고위험 시술 환자 및 ASA III-IV등급 환자(심혈관계 또는 신장 질환 동반)에서 권장되며, 신기능 검사는 ASA III-IV환자와 급성 신손상 위험이 있는 ASA II 환자에서 시행이 권고된다⁴⁻⁷⁾. 선행 연구에서도 기저 질환이 있는 군에서 정상군에 비해 혈액 검사에서 유의하게 높은 이상 소견 발생률이 관찰되어¹⁾, 전신 질환을 보유한 환자에서 술전 혈액 검사의 필요성이 더욱 높음을 시사한다. 그러나, 기저 질환이 없다고 스스로 보고한 환자에서도 혈액 검사를 통해 미진단된 이상을 발견할 수 있으며 이는 술 후 예측하지 못한 합병증을 예방해 줄 수 있다⁸⁾.

한편, 평균 수명의 증가에 따라 치과 임플란트를 필요로 하

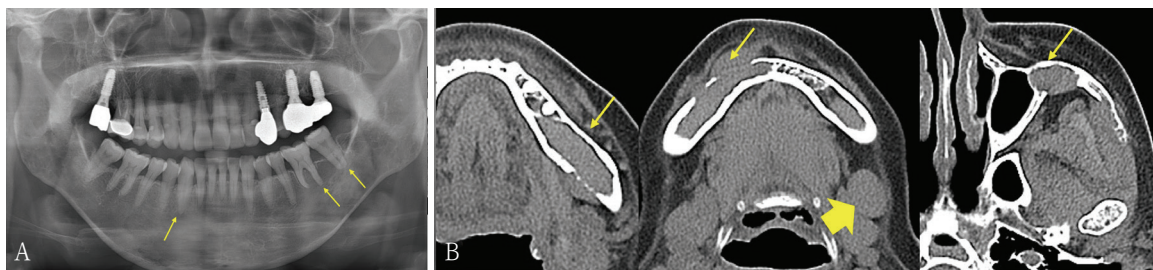


Fig. 3. A. 파노라마 사진. #36, 37, 43 부위의 치조 백선 소실 관찰됨(화살표). B. 하악 좌측, 우측 정중부, 좌측 관골 부위 골용해성 병소(화살표)와 하악 좌측의 림프절 비대 (굵은 화살표) 관찰됨.

는 고령 환자가 증가하고 있다. 전신 질환 및 복용하는 약물은 수술 합병증을 유발하고, 임플란트 및 골치유를 저해하거나, 장기적인 임플란트 주위 건강 유지에도 부정적 영향을 미칠 수 있다⁹⁾. 본 원고에서 제시한 증례들이 보여주듯이, 환자 스스로 인지하지 못하는 전신 질환, 조절되지 않는 당뇨, 신장 기능 장애, 혈액 중양 등이 치과 수술 전 혈액 검사를 통해 드러나는 경우가 간과할 수 없을 만큼 존재한다. 문진에만 의존하는 술전 평가는 이러한 위험 요인을 충분히 걸러내지 못하며, 수술 중 또는 수술 후 예상하지 못한 합병증으로 이어질 수 있다. 따라서 고령화 사회에서 점점 더 복잡한 전신 병력을 가진 환자를 마주하게 되는 치과 임상가에게 치과 수술 전 체계적인 수술 전 평가의 중요성은 더욱 커질 것으로 예상된다.

Conflicts of Interest: None

참고문헌

1. Seo MH, Eo MY, Mustakim KR, Sodnom-Ish B, Myoung H, Kim SM. Reasonable necessity of preoperative laboratory tests in office-based oral and maxillofacial surgery. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 2023; 49: 142-147.
2. American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes. 16. Diabetes care in the hospital: standards of care in diabetes-2026. *Diabetes Care* 2026; 49(Suppl 1): S339-S355.
3. Fattahi T. Perioperative laboratory and diagnostic testing: what is needed and when? *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2006; 18: 1-6.
4. Martin SK, Cifu AS. Routine preoperative laboratory tests for elective surgery. *JAMA* 2017; 318: 567-568.
5. National Institute for Health and Care Excellence. Routine preoperative tests for elective surgery [Internet]. London: National Institute for Health and Care Excellence; 2017 Oct 25 [cited 2026 April 2]. Available from: <https://www.nice.org.uk/guidance/ng45>
6. Bock M, Fritsch G, Hepner DL. Preoperative laboratory testing. *Anesthesiol Clin* 2016; 34: 43-58.
7. Halpern LR, Adams DR. The dentoalveolar surgical patient: perioperative principles based on contemporary controversies. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2020; 32: 495-510.
8. Seo MH, Kim SM, Oh JS, Myoung H, Lee JH. Needs of preoperative blood sample test in surgical extraction: suggestion of new policy. *J Maxillofac Plast Reconstr Surg* 2012; 34: 332-336.
9. D'Ambrosio F, Amato A, Chiacchio A, Sisalli L, Giordano F. Do systemic diseases and medications influence dental implant osseointegration and dental implant health? an umbrella review. *Dent J (Basel)* 2023; 11: 146.

Artificial intelligence in diagnostic and laboratory dentistry: Current applications and future perspectives

진단검사치의학 분야에서 인공지능 기술의 활용과 미래

Yeon-Hee Lee 

Editor-in-Chief, Korean Academy of Laboratory & Diagnostic Dentistry, Seoul, Korea

ABSTRACT

This review comprehensively examines the current status, clinical applicability, and future directions of artificial intelligence (AI) in diagnostic and laboratory dentistry. Dental AI primarily utilizes deep learning models based on radiographic and histopathological images to assist in diagnosis of conditions including dental caries, periodontal disease, periapical lesions, implant-related assessments, temporomandibular disorders, and oral squamous cell carcinoma (OSCC), enhancing diagnostic sensitivity and specificity. Recently, AI applications have expanded to salivary and blood biomarker analyses, integrating inflammatory cytokines (IL-1 β , TNF- α , MMP-8), OSCC-related proteins (CYFRA 21-1, SCC-Ag, p53), salivary microbiome profiles, and blood-based indicators such as C-reactive protein, HbA1c, and bone metabolism markers, enabling predictive and personalized diagnostic modeling. The potential use of large language models (LLMs) has garnered attention, offering capabilities for analyzing electronic health records and clinical text data to support diagnosis, recommend treatment strategies, and assist in patient counseling and education. In the United States, several dental AI platforms, including Pearl Inc.'s Second Opinion[®], have received FDA 510(k) clearance and are entering clinical practice, while in Korea, commercialization is progressing through Ministry of Food and Drug Safety approvals. Nevertheless, challenges remain, including insufficient data standardization, limited multi-institutional datasets, legal and ethical considerations, and integration with clinical workflows. To address these issues, multi-institutional prospective validation, development of generalizable models, multimodal AI research, and implementation of explainable AI are necessary. Overall, dental AI is evolving beyond image interpretation toward a multimodal clinical decision support system that integrates imaging, biomarkers, clinical information, and LLMs to support personalized diagnostics and treatment planning after validation.. (*J Korean Dent Assoc 2026; 64(5): 174-183*)

Key words : Dentistry; Diagnosis; Clinical Laboratory Techniques; Artificial Intelligence; Deep Learning; Large Language Models

서론

최근 의료 분야에서는 인공지능(artificial intelligence, AI) 기술의 발전으로 진단 및 치료 의사결정 과정에 큰 변화가 일어나고 있다. AI는 인간의 인지 능력을 모방하여 학습, 추론,

문제 해결, 의사결정 등을 수행할 수 있는 컴퓨터 시스템 또는 소프트웨어 기술로 정의되며, 대규모 데이터를 기반으로 복잡한 패턴을 인식하고 예측과 분류를 수행할 수 있다¹⁾. 딥러닝(deep learning), 강화학습(reinforcement learning), 자연어 처리(natural language processing) 등 다양한 기법을 통해 AI는 의료 영상 판독, 바이오마커 분석, 임상 데이터 통합, 치료 전략 추천 등 여러 분야에서 활용되며, 진단 정확도 향상과 임상 의사결정 지원에 중요한 역할을 한다^{2,3)}.

특히 진단검사치의학(diagnostic and laboratory dentistry-

*Corresponding author: Prof. Yeon-Hee Lee
Editor-in-Chief, Korean Academy of Laboratory & Diagnostic Dentistry, 372 Hangang-daero, Yongsan-gu, Seoul 04323, Korea
Tel: +82-2-958-9454, E-mail: omod0209@gmail.com

ry)은 환자의 구강 및 전신 건강 상태를 평가하기 위해 방사선 영상, 임상지표, 생체신호, 타액·혈액 기반 생화학적·분자생물학적 바이오마커, 조직병리학적 검사 등 다양한 데이터를 종합적으로 분석하는 치의학 분야이다. 이러한 복합적 데이터 분석 과정은 AI 기술이 특히 효과적으로 활용될 수 있는 영역으로 평가된다⁴⁾. 최근 딥러닝 기반 영상 분석 기술을 활용하여 치과 방사선영상에서 우식증, 치주질환, 치근단 병소, 턱관절장애 등의 병변을 자동 탐지하는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 일부 시스템은 이미 임상 환경에서 사용되고 있다⁵⁻⁸⁾.

따라서 본 논문에서는 치과 AI가 기존의 영상 판독 중심 기술에서 벗어나, 바이오마커, 임상정보, 전자의무기록 및 대규모 언어 모델(large language model, LLM)을 통합하는 멀티모달(multimodal) 임상 의사결정 지원 시스템으로 발전하고 있는 흐름을 살펴보고자 한다. 이를 위해 진단검사치의학 분야에서 AI 기술의 현재 활용 현황을 살펴보고, 미국 식품의약국(Food and Drug Administration, FDA)에서 승인된 대표적 AI 기반 치과 진단 소프트웨어의 특징을 정리하며, 한국에서의 연구 동향과 향후 발전 방향을 고찰하고자 한다.

치과 진단 분야에서의 인공지능 기술

치과 진단 분야에서 AI는 주로 영상 및 이미지 기반 분석을 중심으로 활용되며, 딥러닝 기반 모델이 가장 널리 사용된다⁹⁾. 특히 합성곱 신경망(convolutional neural network, CNN)은 이미지의 공간적 패턴과 특징을 자동으로 추출할 수 있어, 방사선 영상이나 조직병리 이미지의 병변 탐지에 탁월한 강점을 가진다¹⁰⁾. 이러한 정교한 분석 역량을 바탕으로 AI의 적용 범위는 더욱 확대되어, 현재 치아우식증, 치주질환, 치근단 병소와 같은 다빈도 질환뿐만 아니라 임플란트 분석, 턱관절장애 및 구강암의 보조 진단 등 치의학의 전 방위적 영역에서 활발히 활용되고 있다¹¹⁻¹⁴⁾.

치아우식증 진단에서는 교익방사선사진을 활용하여 초기 우식 병변을 탐지하고, 충치의 위치와 깊이를 분류하며 치아 단면별 우식 가능성을 평가한다^{15,16)}. 최근 연구에서는 딥러닝 모델이 미세 우식 병변까지 탐지 가능하도록 학습되어 임상에서의 조기 진단을 보조할 수 있음을 보여주었다¹⁷⁾. 다만 금속 수복물 주변이나 중첩된 치아 구조에서는 탐지 정확도가 낮고, 서로 다른 방사선 장비와 촬영 조건에 대한 일반화가 아직 완전하지 않다¹⁸⁾.

치주질환 진단에서는 파노라마 및 치근단방사선영상에서 치조골 높이를 자동 측정하고, 골소실 패턴을 분석하여 치주염 단계와 중증도를 평가할 수 있다. 일부 AI 모델은 치아별 골 소실 정도를 정량화하여 장기 추적 관리에도 활용 가능하다. 그러나 골밀도나 골 패턴이 환자별로 크게 다르거나, 2D영상만으로는 골 소실 깊이와 형태를 완전히 재현하기 어려운 점은 여전히 한계로 지적된다^{19,20)}.

치근단 병소 탐지에서는 치근단방사선사진과 콘빔CT 영상에서 방사선 투과상을 자동 탐지하고, 병소의 위치, 크기, 형태를 분류하며 증식성 또는 비증식성 병소를 구분하는 연구가 활발하다. 특히 콘빔CT 기반 3D 모델은 복합 치아 구조 및 주변 해부학적 구조까지 고려해 병소를 정밀하게 평가할 수 있는 가능성을 보여준다²¹⁾. 그러나 초기 미세 병소 탐지 민감도가 낮고, 콘빔CT에서 금속 아티팩트가 발생하면 성능이 저하될 수 있다는 한계가 존재한다^{22,23)}.

임플란트 및 임플란트 주위 질환 진단에서는 AI가 임플란트 위치를 자동 식별하고 주변 골 결손과 골융합 상태를 평가하는 데 활용된다. 일부 연구에서는 다중 스캔 영상과 기계학습 기반 모델을 결합하여 임플란트 안정성과 주변 골 소실 정도를 정량적으로 분석할 수 있음을 보여주었다^{24,25)}. 하지만 임플란트 종류, 재료, 각도 등 다양한 변수와 3D 영상 해상도 제한으로 인한 세밀한 골 결손 탐지의 어려움은 여전히 해결 과제로 남아 있다.

턱관절장애 진단에서도 AI 활용이 확대되고 있다. 자기공명 영상 기반 딥러닝을 활용하여 턱관절 내 삼출액(effusion)을 자동 탐지하는 모델이 개발되었다^{7,26)}. 환자의 임상 정보를 함께 입력할 경우 진단 정확도가 향상되는 경향이 관찰되었으며, 모델은 턱관절 영상에서 병변 위치를 추정하고 시각화하여 전문가 판독과 유사한 성능을 보였다. 또한 전신 골스캔(bone scintigraphy) 기반 CNN 모델을 이용한 연구에서는 턱관절 골관절염 진단에서 높은 정확도를 보였으나, 단일 영상만으로 질환 예측에는 한계가 있었다²⁷⁾. 이러한 연구는 고해상도 영상 기반 패턴 인식과 임상 정보 결합(multimodal AI)의 중요성을 강조하며, 향후 다기관 및 전향적 검증 연구가 필요하다.

구강암, 특히 구강편평세포암(oral squamous cell carcinoma, OSCC) 진단에서도 AI 기술이 주목받고 있다. 임상 사진, 의료 영상, 조직병리 이미지를 기반으로 한 딥러닝 모델은 조기 병변 탐지, 병변 경계 설정, 조직학적 분류, 침윤 깊이 추정 등에서 임상 수준의 성능을 보여준다. 임상 허 사진을 활용해

정상, 설염, OSCC를 분류하는 모델을 개발하여 조기 진단 가능성을 제시하였다²⁸. 다수 연구에서 OSCC 진단에서 딥러닝 알고리즘이 전통적인 머신러닝보다 높은 민감도와 특이도를 보임이 보고되었다^{29,30}. 다만 대부분 연구가 후향적 단일 기관 데이터 기반으로, 외부 검증이나 다기관 데이터를 통한 일반화 성능 확인이 필요하며, 임상 데이터와 조직병리학 데이터를 결합한 멀티모달 연구가 향후 발전 과제로 남아 있다.

이처럼 치과 AI 기술은 다양한 질환의 진단 정확성과 일관성을 향상시키는 유용한 도구로 활용될 수 있지만, 대부분의 연구가 특정 영상이나 단일 질환 중심으로 진행되고 있어, 다양한 환자군과 장비를 포괄하는 범용 모델 개발은 아직 초기 단계에 머물러 있다.

타액 및 혈액 기반 바이오마커 분석에서의 인공지능 적용

진단검사치의학 분야에서 타액과 혈액 기반 바이오마커 분석은 AI 적용이 확대되고 있는 중요한 영역이다. 타액은 단백질, 효소, 면역글로블린, 대사물, 미생물 DNA 등 다양한 바이오마커를 포함하고 있어 구강 및 전신 건강 평가를 위한 비침습적 매체로 활용될 수 있다^{31,32}. AI 알고리즘은 예를 들어, 치주 질환 예측에서는 IL-1 β , TNF- α , MMP-8 등의 염증 관련 사이토카인, OSCC 조기 탐지에서는 CYFRA 21-1, SCC-Ag, p53 돌연변이 단백질과 같은 단백질 및 유전자 마커, 우식증 위험 평가에서는 타액 내 글루코오스, pH, 유산균 및 Streptococcus mutans 농도 등을 분석하는 데 활용된다^{33,34}. 혈액 기반

AI 연구에서는 C-반응단백(CRP), 혈청 알부민, HbA1c, 칼슘·인·호르몬 수치 등 전신 염증과 골 대사 관련 지표를 분석하여 치주질환 진행 위험, 골 소실 정도, 전신질환과 구강 건강 간 상관관계를 평가한다^{35,36}. 또한 AI는 다중 오믹스(multi-omics) 데이터를 통합하여, 개별 바이오마커 간의 복잡한 상관관계와 미세한 패턴을 학습함으로써 기존 통계적 분석만으로는 확인하기 어려운 질환 예측 모델을 제공할 수 있다^{37,38}. 현재까지 대부분 연구가 탐색적 또는 단일 기관 기반으로 진행되었으나, AI 기반 타액·혈액 분석은 개인 맞춤형, 비침습적, 예측적 진단 도구로서 치과 임상 진단과 치료 계획 수립에 활용될 가능성을 보여주고 있다. 향후 영상, 임상 정보와 결합한 멀티모달 AI 접근과 연계될 경우 진단 정확도와 예측력이 크게 향상될 것으로 기대된다.

연구 트렌드 및 분야 분포

치과 AI 연구는 지난 10년간 급격히 증가하고 있으며, 2015년부터 2025년까지 발표된 논문 수를 분석하면 전반적인 상승 추세를 확인할 수 있다³⁹⁻⁴¹. 초기 연구는 주로 치아우식증과 치주질환 진단을 중심으로 이루어졌으나, 최근에는 콘빔CT 기반 치근단 병소 탐지, 임플란트 위치 및 주변 골 분석, 턱관절 장애 평가, 구강암 보조 진단 등 다양한 분야로 확대되고 있다.

Table 1에 나타난 연구 분야 분포를 보면, 전체 연구 중 치아우식증과 치주질환이 약 40~50%를 차지하며, 치근단 병소 및 임플란트 관련 연구가 약 20%, 턱관절 질환과 구강암 진단 관

Table 1. Distribution of research fields in artificial intelligence applications in dentistry³⁹⁾

Research Field	Representative AI Applications	Approximate Proportion
Oral radiology / imaging	Caries detection, periapical lesion detection, periodontal bone loss analysis, tooth segmentation	~48%
Implantology and surgical planning	Implant planning, implant detection, peri-implant bone loss analysis	~32%
Orthodontics	Cephalometric landmark detection, growth prediction, treatment planning	~7%
Periodontology	Periodontal disease prediction, bone loss staging	~5%
Oral and maxillofacial surgery	Lesion detection, surgical navigation	~4%
Other diagnostic applications	Oral cancer detection, microbiome analysis, digital pathology	~4%

Note: AI research in dentistry has primarily focused on radiographic image analysis, with a large proportion of studies dedicated to imaging-based diagnostic applications, such as caries detection, periodontal bone loss evaluation, and periapical lesion detection. In contrast, AI applications in orthodontics, oral and maxillofacial surgery, and other diagnostic domains remain in the early stages of development.

련 연구가 각각 10~15% 정도를 차지한다³⁹⁾. 이러한 분포는 임상 수요와 영상 데이터 접근성에 따른 연구 집중도를 반영한다. 예를 들어, 치아우식증과 치주질환은 방사선영상 데이터가 상대적으로 풍부하고 표준화되어 있어 AI 모델 학습이 용이하며, 초기 연구에서도 높은 성과를 보였다⁴²⁾. 반면, 턱관절장애나 구강암 분야는 고해상도 자기공명영상, 조직병리학 이미지 등 복합적 데이터를 필요로 하고, 질환 발생률이 상대적으로 낮아 학습 데이터 확보와 일반화에 한계가 존재한다^{28,43,44)}.

논문 수 추세를 보면, 2015년 이후 치과 AI 연구는 연평균 약 15-20% 수준으로 증가하였으며, 특히 2020년 이후 COVID-19 팬데믹으로 원격 진단 및 디지털 영상 활용 연구가 확대되면서 연간 논문 수가 급증하였다⁴⁵⁾. 최근 2~3년간은 딥러닝을 중심으로 한 멀티모달 데이터 기반 AI 모델, 즉 영상과 임상 정보, 조직병리학 데이터를 동시에 활용하는 연구가 증가하는 경향을 보이고 있다⁴⁶⁾. 이는 단일 영상 기반 모델의 한계를 극복하고, 턱관절장애나 구강암과 같이 복합적 병태를 가진 질환에서 진단 정확도를 높이는 전략으로 평가된다.

이와 같은 연구 트렌드는 치과 AI가 단순 영상 판독을 넘어, 임상적 진단 의사결정을 보조하고 치료 계획 수립에 활용될 수 있는 잠재력을 보여준다. 그러나 여전히 대부분의 연구가 단일 기관, 후향적 데이터 기반으로 진행되고 있으며, 다양한 환자군과 장비를 포괄하는 범용 AI 모델 개발, FDA 승인 등 임상 상용화 단계까지는 아직 많은 과제가 남아 있다.

치과 AI 진단 정확도 비교

치과 AI 진단 모델은 치아우식증, 치주질환, 치근단 병소, 턱관절장애, 구강암 등 다양한 분야에서 활발히 연구되고 있다 (Table 2). 치아우식증 진단에서는 교익방사선사진을 이용한 CNN 기반 딥러닝 모델이 초기 병변 탐지와 치아 단면별 우식 가능성 평가에서 높은 민감도와 특이도(각각 약 0.85-0.92, 0.80-0.88)를 보여 조기 진단을 보조할 수 있다^{16,28,47,48)}. 그러나 금속 수복물 주변이나 작은 미세 병변에서는 탐지 성능이 떨어지고, 다양한 영상 장비와 촬영 조건에 대한 일반화가 필요하다.

치주질환 진단에서는 파노라마와 치근단방사선영상을 기반으로 CNN·U-Net 계열 모델이 치조골 높이 측정과 골소실 패턴 분석을 수행하여 치주염 단계와 중증도를 평가한다⁴⁹⁻⁵¹⁾. 이러한 모델은 정량적 골소실 평가와 다치아 패턴 분석이 가능하

지만, 골밀도와 골 패턴 차이가 큰 환자에서 정확도가 떨어지며, 2D 영상만으로는 골소실 깊이와 형태를 완전히 재현하기 어렵다는 한계가 있다.

치근단 병소 탐지에서는 콘빔CT와 치근단방사선영상을 활용한 3D CNN 모델이 병소 위치, 크기, 형태 분류와 증식성/비증식성 구분까지 가능하다. 민감도는 0.80-0.89 수준으로 우수하지만, 초기 미세 병소 탐지 민감도는 제한적이며, 콘빔CT 영상에서 금속 아티팩트가 발생하면 성능이 저하될 수 있다⁵²⁻⁵⁴⁾.

턱관절장애 진단에서는 자기공명영상 기반 CNN 딥러닝 모델이 턱관절 내 삼출액 탐지와 턱관절 관절원판의 위치변화, 병변 위치 추정에서 전문가 수준의 성능(area under the curve, AUC 0.84-0.90)을 보였다^{13,27)}. 특히 환자의 임상 정보와 결합한 멀티모달 접근은 진단 민감도와 특이도를 향상시키지만, 턱관절장애는 통증, 기능 이상, 연조직 변화 등 복합적 요소가 병존하는 질환이므로, 다양한 환자군과 다기관 전향적 데이터 기반 검증이 필요하다. 또한 골 스캔을 활용한 턱관절 골관절염 진단 연구에서도 높은 AUC를 보였으나, 영상만으로는 기능적 평가 한계가 존재한다²⁷⁾.

OSCC 진단에서는 임상 사진과 조직병리 이미지를 활용한 CNN/VGGNet 계열 모델이 조기 병변 탐지, 병변 경계 설정, 악성 여부 분류에서 높은 민감도(0.88-0.95)와 특이도(0.85-0.93)를 보였다^{55,56)}. 그러나 대부분 연구가 단일기관 후향적 데이터에 기반하고 있어, 외부 검증과 다양한 환자군 적용이 필요하며, 실제 임상 환경에서의 사용을 위해서는 다기관 전향적 임상시험과 FDA 또는 식약처 인허가가 필수적이다.

이처럼 치과 AI 모델들은 각 질환에서 임상적 진단 정확성과 일관성을 향상시키는 데 기여할 수 있으나, 대부분 단일 영상·단일 병변 중심 연구에 머물러 있다. 따라서 다기관 및 전향적 검증, 다양한 장비와 환자군을 포함한 범용 모델 개발, 영상과 임상 정보를 결합한 멀티모달 AI 연구가 향후 치과 AI 기술의 임상 적용과 상용화를 위해 필요한 핵심 과제로 평가된다.

대규모 언어 모델(LLM)의 활용 형태와 방안

최근 진단검사치의학 분야에서는 전통적인 영상 기반 AI뿐 아니라, 방대한 텍스트 데이터를 학습하여 자연어 이해, 생성, 정보 요약, 의학적 추론을 수행할 수 있는 대규모 언어 모델의 활용 가능성이 주목받고 있다. LLM은 환자의 임상 기록, 전자

Table 2. Comparison of diagnostic accuracy of AI models in dentistry

Disease	AI model / Technique	Data type	Performance metrics	Key features / Limitations
Dental caries	CNN-based deep learning	Bitewing radiographs	Sensitivity 0.85-0.92 Specificity 0.80-0.88	Early caries detection and tooth-level risk assessment. Difficulty detecting lesions near metallic restorations; generalization across different imaging devices needed.
Periodontal disease	CNN / U-Net	Panoramic and periapical radiographs	AUC 0.86-0.91 Accuracy 0.82-0.88	Automated measurement of alveolar bone height and analysis of bone loss patterns. 2D images cannot fully assess depth/shape; accuracy reduced in patients with large bone density variations.
Periapical lesion	3D CNN / Deeplab	CBCT and periapical radiographs	Sensitivity 0.80-0.89 Specificity 0.78-0.86	Lesion location, size, and morphology classification possible. Low sensitivity for small early lesions; performance affected by metallic artifacts in CBCT.
Temporomandibular disorders	CNN-based MRI deep learning	MRI	AUC 0.84-0.90	Automated detection of joint effusion; accuracy improves when combined with clinical data. Single imaging modality cannot fully evaluate function or pain.
Oral squamous cell carcinoma	CNN / VGGNet	Clinical photographs and histopathology	Sensitivity 0.88-0.95 Specificity 0.85-0.93	Early lesion detection and boundary delineation possible. Most studies are retrospective and single-center; external validation required.

Note: AI models in dentistry have demonstrated high diagnostic performance across multiple domains, but limitations include reliance on retrospective or single-center data, challenges in generalization across imaging modalities, and reduced accuracy in complex cases. Future studies should focus on multi-center, prospective validation and multimodal integration. AI: Artificial Intelligence, CNN: Convolutional Neural Network, U-Net: U-Net Neural Network, CBCT: Cone Beam Computed Tomography, MRI: Magnetic Resonance Imaging, AUC: Area Under the Curve, OSCC: Oral Squamous Cell Carcinoma

의무기록(electronic health record, EHR), 치료 내역, 검사 결과 등 다양한 텍스트 정보를 분석하여 질환 위험을 정량적으로 평가하고, 영상 판독 결과와 결합해 진단 보조 정보를 제공할 수 있다^{57,58}). 이를 통해 치주질환과 같은 복합 질환에서 환자의 구강 위생 상태, 치석 관리 기록, 전신 질환 정보를 종합하여 개별 환자 맞춤형 위험 점수를 산출할 수 있다.

또한, LLM은 최신 가이드라인, 학술 논문, 임상 사례를 학습함으로써 치료 옵션을 추천하고, 치과 전문의에게 맞춤형 진단 및 치료 전략을 제시할 수 있다⁵⁹). 이는 특히 복합 질환이나 희귀 사례에서 임상 판단의 일관성을 높이는 데 유용하며, 의사 결정 지원 시스템으로서의 역할을 강화한다. 더 나아가, LLM은 교육 및 환자 상담 도구로도 활용될 수 있다. 학생 교육, 환자 이해도 향상, 치료 계획 설명 등에서 자연어 기반 시뮬레이션, 질의응답, 사례 생성 기능을 제공함으로써 치과 교육과 환자 커뮤니케이션을 보조할 수 있다⁶⁰).

향후 발전 방향은 멀티모달 AI 통합 접근에 있다. 즉, LLM과 딥러닝 기반 영상 분석 모델을 결합하여, 영상에서 추출한 병변 정보와 임상 데이터를 동시에 학습시키면 보다 정밀하고 개인화된 진단 및 치료 전략이 가능할 것이다. 이 과정에서 국가별 의료 데이터 표준화, 개인정보 보호, 임상 검증을 고려한 안전한 학습 데이터 구축이 필수적이다. 이러한 통합적 접근은 단순 정보 검색을 넘어, 실제 임상 환경에서 임상가의 의사결정을 보조하는 신뢰할 수 있는 도구로서 LLM 기반 시스템의 활용 가능성을 높일 것으로 기대된다.

FDA 승인 치과 AI 시스템 및 국내 동향

미국에서는 치과 진단을 보조하는 AI 기반 소프트웨어가 의료기기로서 FDA의 510(k) 승인을 획득하며 임상 적용 단계로 진입하고 있다. 대표적으로 Pearl Inc. (Los Angeles, CA, USA)

Table 3. Representative FDA-cleared artificial intelligence systems for dental radiographic diagnosis.

AI system	Manufacturer	City, country	FDA clearance year	Version / Type	Target imaging	Main diagnostic functions
Overjet Dental AI	Overjet Inc.	Boston, MA, USA	2021	Clinical decision support software	Bitewing, Periapical radiographs	Automated measurement of periodontal bone loss, detection of caries, radiographic annotation
Second Opinion	Pearl Inc.	Los Angeles, CA, USA	2022	Software as a Medical Device (SaMD)	Bitewing, Periapical, Panoramic radiographs	Detection of dental caries, calculus, periodontal bone loss, periapical radiolucency, impacted teeth
Denti.AI Detect	Denti.AI Inc.	Toronto, ON, Canada	2022	AI radiographic detection software	Panoramic and intraoral radiographs	Detection of dental pathologies including caries, periapical lesions, bone loss
Adravisio Perio	Adra Imaging Inc.	San Jose, CA, USA	2023	Periodontal radiographic analysis AI	Bitewing and periapical radiographs	Automated periodontal bone level measurement and periodontal disease assessment

Note: This table summarizes representative artificial intelligence systems for dental radiographic analysis that have been cleared as medical devices by the U.S. FDA. Most of these systems provide automated detection of dental lesions and quantitative analysis of alveolar bone levels from radiographs, functioning as clinical decision support tools to assist dental professionals in diagnosis.

의 Second Opinion® 플랫폼은 2D 방사선 영상뿐만 아니라, 최근 치과용 AI 솔루션 최초로 콘빔CT(3D 치과 영상) 분석 기능에 대한 FDA 승인을 획득하며 그 범위를 확장하였다. 이 시스템은 치아우식, 치조골 흡수, 임플란트 위치 및 해부학적 구조를 자동으로 식별·정량화하여 임상사의 판단을 보조하는 임상 의사결정 지원 역할을 수행한다(Table 3). 이 외에도 Overjet (Boston, MA, USA)과 Denti.AI (Toronto, ON, Canada) 등의 시스템이 FDA 승인을 통해 방사선 판독의 일관성을 높이고 치료 계획의 객관적 근거를 제공하며 실제 임상 현장에 활발히 보급되고 있다.

한편, 한국에서도 AI 기반 치과 의료기기의 인허가 및 상용화 움직임이 매우 가파르게 진행되고 있다. 국내 기업들은 글로벌 시장 경쟁력을 확보하기 위해 FDA 승인과 국내 식품의약품안전처(이하 식약처) 품목허가를 동시에 추진하고 있다.

영상 장비 기반의 AI 통합 솔루션 개발이 한창이다. 국내 최대 치과 영상 장비 기업인 바텍(Vatech, Hwaseong, Korea)은 자사 소프트웨어에 AI 진단 보조 기능을 통합하여 치주 골소실 측정 및 영구치 자동 판독 기능을 제공하고 있으며, 2024년에는 AI 기반의 파노라마 판독 보조 소프트웨어가 식약처 허가를 획득하는 등 장비와 소프트웨어의 일체형 생태계를 구축하고 있다.

독립형 진단 보조 소프트웨어도 약진하고 있다. 큐티티(QTT Co., Busan, Korea)의 '이아포(e.아포)'는 모바일 기반 구강 자

가검진 AI 솔루션으로서 세계 최초로 식약처 의료기기 인허가를 획득하였으며, 공공보건 및 비대면 구강 관리 영역으로 확장 중이다. 또한, 디디에이치(DDH, Seoul, Korea)는 서울대학교치과병원과 협업하여 개발한 AI 기반 교정 진단 지원 솔루션 및 파노라마영상 분석 소프트웨어에 대해 식약처 허가를 획득하고 클라우드 기반의 구독형 서비스를 제공하고 있다.

규제 체계의 선진화와 정부 지원도 이어지고 있다. 식약처는 2024년부터 2025년에 걸쳐 '생성형 AI 기반 의료기기 허가-심사 가이드라인'을 세계 최초로 발표하며, 고도화된 AI 기술이 제도권 내에서 안전하게 임상 적용될 수 있는 법적 기틀을 마련하였다. 특히 인더스마트(Intensmart, Korea) 등 국내 AI 의료기기 기업들이 eGMP 기반 품질관리 시스템을 통해 안전성을 입증하며 품목허가를 획득하는 사례가 늘고 있으며, 이는 국내 치과 AI 제품의 신뢰성을 담보하는 중요한 지표가 되고 있다.

이처럼 미국, 한국 양측에서 AI 기반 진단 보조 소프트웨어의 규제 승인 및 임상 적용 시도가 확대되고 있으며, 치과 영상 진단 영역에서도 추가적인 AI 의료기기 인허가 및 실용화 연구가 활발히 추진되고 있다. 특히 한국은 우수한 디지털 덴티스트리 인프라를 바탕으로 영상 진단뿐만 아니라 생성형 AI를 활용한 환자 상담 및 맞춤형 치료 계획 수립 분야에서도 글로벌 선두 그룹으로 도약하기 위한 활발한 연구와 인허가 절차를 병행하고 있다.

고찰

치과 AI는 현재 영상 판독 보조를 중심으로 발전해 왔으나, 향후에는 영상, 임상정보, 바이오마커 및 텍스트 데이터를 통합하는 멀티모달 의사결정 지원 시스템으로 확장될 것으로 예상된다. 이러한 변화는 진단검사치의학 분야가 단일 검사 결과의 해석을 넘어, 다양한 임상·생물학적 정보를 종합하여 개인 맞춤형 진단과 치료 계획을 지원하는 방향으로 발전하고 있음을 보여준다.

그러나 치과 AI 기술의 임상 적용에는 아직 몇 가지 중요한 한계가 존재한다. 첫째, 데이터 표준화 부족 문제이다. 치과 영상은 촬영 장비, 촬영 각도, 노출 조건, 환자 움직임 등 다양한 요인에 따라 화질과 특징이 달라지며, 이로 인해 AI 모델이 특정 장비나 환경에 과적합(overfitting)되는 경향이 나타난다^{8,61)}. 이러한 일반화 문제는 단일 기관 또는 단일 장비 기반 연구에서 특히 두드러지며, 실제 임상 환경에서의 신뢰성 확보를 어렵게 한다.

둘째, 대규모·다기관 데이터 부족이 있다. 현재 대부분의 AI 연구는 후향적 단일기관 데이터를 기반으로 수행되며, 다양한 연령, 성별, 전신질환 상태를 포함한 환자군과 다양한 병변 유형을 포괄하지 못한다^{62,63)}. 이러한 제한은 AI 모델의 범용성과 외부 검증 가능성을 저해하며, 임상 적용 시 정확도와 재현성을 낮출 수 있다.

셋째, 법적·윤리적 문제가 존재한다. AI 기반 진단 보조 시스템에서 오류가 발생할 경우, 진단 책임과 의료사고에 대한 책임 소재가 명확하지 않다⁶⁴⁾. 또한, 환자 개인정보를 포함한 대규모 학습 데이터 활용 과정에서 개인정보 보호 및 데이터 사용 동의 문제도 해결해야 한다.

넷째, 임상 워크플로우 통합의 어려움이다. AI 모델이 EMR(electronic medical record), PACS(picture archiving and communication system) 등 기존 시스템과 원활하게 연계되지 않으면, 진료 과정에서 실질적 보조 도구로 활용되기 어렵다⁶⁵⁾. 임상 의사에게 직관적이고 신속한 피드백을 제공할 수 있는 시스템 설계가 필수적이다.

향후 치과 AI 발전 방향은 이러한 한계를 극복하는 데 초점을 맞출 필요가 있다. 먼저, 다기관 협력을 통한 대규모 데이터 구축이 필요하며, 이를 기반으로 AI 모델이 다양한 환자군과 영상 조건에서 안정적인 성능을 발휘하도록 해야 한다. 더욱이, 단순 영상 기반 분석을 넘어 영상, 임상, 분자생물학적 데

이터를 통합한 멀티모달 AI 연구가 필요하다. 이러한 접근은 질병 진단과 예후 예측의 정확도를 향상시키고, 개인 맞춤형 치료 전략 개발에도 기여할 수 있다. 마지막으로, AI 결정 과정을 설명할 수 있는 설명가능 인공지능(explainable AI, XAI) 기술의 개발이 중요하다. XAI는 모델의 판단 근거를 임상 의사가 이해할 수 있도록 제공함으로써 신뢰성을 높이고, 실제 임상 적용에서 의사와 AI 간 협업을 강화할 수 있다.

결론

진단검사치의학 분야에서 AI는 기존 임상 진단의 한계를 보완하고, 진단 정확성과 일관성을 향상시키는 강력한 도구로 자리잡을 잠재력을 가지고 있다. 그러나 현재 연구 대부분이 단일 질환·단일 기관 중심으로 이루어지고 있어, 실제 임상 적용과 상용화를 위해서는 다기관 전향적 검증, 범용 모델 개발, 멀티모달 데이터 통합, 규제 및 임상 워크플로우 연계가 함께 고려되어야 한다. 이러한 통합적 접근을 통해 AI는 단순 보조 도구를 넘어, 안전하고 신뢰할 수 있는 임상 의사결정 지원 시스템으로 발전할 수 있을 것으로 기대된다.

Conflicts of Interest: None

References

1. Bajwa J, Munir U, Nori A, Williams B. Artificial intelligence in healthcare: transforming the practice of medicine. *Future Healthc J* 2021; 8: e188-e194.
2. Fahim YA, Hasani IW, Kabba S, Ragab WM. Artificial intelligence in healthcare and medicine: clinical applications, therapeutic advances, and future perspectives. *Eur J Med Res* 2025; 30: 848.
3. Ligerio M, El Nahhas OS, Aldea M, Kather JN. Artificial intelligence-based biomarkers for treatment decisions in oncology. *Trends Cancer* 2025; 11: 232-244.
4. Najeeb M, Islam S. Artificial intelligence (AI) in restorative dentistry: current trends and future prospects. *BMC Oral Health* 2025; 25: 592.

5. Saber S, Abou El Nasr H, Torky AA, Saif N. Automated assessment of periapical health based on the radiographic periapical index using YOLOv8, YOLOv11, and YOLOv12 one-stage object detection algorithms. *Sci Rep* 2025; 15: 36487.
6. Kim J, Lee HS, Song IS, Jung KH. DeNTNet: deep neural transfer network for the detection of periodontal bone loss using panoramic dental radiographs. *Sci Rep* 2019; 9: 17615.
7. Lee YH, Jeon S, Won JH, Auh QS, Noh YK. Automatic detection and visualization of temporomandibular joint effusion with deep neural network. *Sci Rep* 2024; 14: 18865.
8. Sitaras S, Tsolakis IA, Gelsini M, Tsolakis AI, Schwendicke F, Wolf TG, et al. Applications of artificial intelligence in dental medicine: a critical review. *Int Dent J* 2025; 75: 474-486.
9. Chen W, Dhawan M, Liu J, Ing D, Mehta K, Tran D, Lawrence D, et al. Mapping the use of artificial intelligence-based image analysis for clinical decision-making in dentistry: a scoping review. *Clin Exp Dent Res* 2024; 10: e70035.
10. Sarvamangala DR, Kulkarni RV. Convolutional neural networks in medical image understanding: a survey. *Evol Intell* 2022; 15: 1-22.
11. Ghaffari M, Zhu Y, Shrestha A. A review of advancements of artificial intelligence in dentistry. *Dent Rev* 2024; 4: 100081.
12. Chen YC, Chen MY, Chen TY, Chan ML, Huang YY, Liu YL, et al. Improving dental implant outcomes: CNN-based system accurately measures degree of peri-implantitis damage on periapical film. *Bioengineering (Basel)* 2023; 10: 640.
13. Lee YH, Won JH, Kim S, Auh QS, Noh YK. Advantages of deep learning with convolutional neural network in detecting disc displacement of the temporomandibular joint in magnetic resonance imaging. *Sci Rep* 2022; 12: 11352.
14. Alotaibi G, Awawdeh M, Farook FF, Aljohani M, Aldhafiri RM, Aldhoayan M. Artificial intelligence (AI) diagnostic tools: utilizing a convolutional neural network (CNN) to assess periodontal bone level radiographically—a retrospective study. *BMC Oral Health* 2022; 22: 399.
15. Ayhan B, Ayan E, Karadağ G, Bayraktar Y. Evaluation of caries detection on bitewing radiographs: a comparative analysis of the improved deep learning model and dentist performance. *J Esthet Restor Dent* 2025; 37: 1949-1961.
16. Lee S, Oh SI, Jo J, Kang S, Shin Y, Park JW. Deep learning for early dental caries detection in bitewing radiographs. *Sci Rep* 2021; 11: 16807.
17. Gonzalez-Valenzuela RE, Mettes P, Loos BG, Marquering H, Berkhout E. Accuracy of deep learning-based AI models for early caries lesion detection: the influence of annotation quality and reference choice. *Clin Oral Investig* 2025; 29: 598.
18. Sabry M, Elbaz M, Alzabni WO. Novel metaheuristic optimized latent diffusion framework for automated oral disease detection in public health screening. *Sci Rep* 2025; 15: 40365.
19. Jundaeng J, Chamchong R, Nithikathkul C. Artificial intelligence-powered innovations in periodontal diagnosis: a new era in dental healthcare. *Front Med Technol* 2025; 6: 1469852.
20. Zhang H, Yuan T, Li T, Du J, Ye M, Jiang Q. A review of tooth AI segmentation on medical data. *Discov Imaging* 2025; 2: 17.
21. Ezhov M, Gusarev M, Golitsyna M, Yates JM, Kushnerev E, Tamimi D, et al. Clinically applicable artificial intelligence system for dental diagnosis with CBCT. *Sci Rep* 2021; 11: 15006.
22. Barros-Costa M, Nascimento EHL, Correia-Dantas IF, Oliveira ML, Freitas DQ. Potential impact of metal crowns at varying distances from a carious lesion on its detection on cone-beam computed tomography scans with several protocols. *Imaging Sci Dent* 2024; 54: 49-56.
23. Chagas MM, Kobayashi-Velasco S, Gimenez T, Cavalcanti MGP. Diagnostic accuracy of imaging examinations for peri-implant bone defects around titanium and zirconium dioxide implants: a systematic review and meta-analysis. *Imaging Sci Dent* 2021; 51: 363-372.
24. Vázquez-Sebrango G, Anitua E, Macía I, Arganda-Carreras I. The role of artificial intelligence in implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2025; 54: 1098-1122.
25. Atieh MA, Shah M, Hakam A, AlAli F, AlSayed S, Tawse-Smith A, et al. Diagnostic accuracy of deep learning models

- in detecting peri-implant marginal bone loss: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res* 2026; 37: 385-401.
26. Lee YH, Jeon S, Kim DH, Auh QS, Lee JH, Noh YK, et al. Clinical and MRI markers for acute vs chronic temporomandibular disorders using a machine learning and deep neural networks. *Commun Med (Lond)* 2025; 5: 401.
 27. Lee YH, Kim HS, Jeon S, Auh QS, Hong IK, Choi S, et al. Deep learning-based diagnosis of temporomandibular joint osteoarthritis using whole-body bone scans. *iScience* 2025; 28: 114027.
 28. Lee YH, Jeon S, Jung J, Auh QS, Lee JS, Chaurasia A, et al. DCNN models with post-hoc interpretability for the automated detection of glossitis and OSCC on the tongue. *Sci Rep* 2025; 15: 31940.
 29. Al-Rawi N, Sultan A, Rajai B, Shuaeeb H, Alnajjar M, Alketbi M, et al. The effectiveness of artificial intelligence in detection of oral cancer. *Int Dent J* 2022; 72: 436-447.
 30. Nieri M, Serni L, Clauser T, Paoletti C, Franchi L. Diagnosis of oral cancer with deep learning. A comparative test accuracy systematic review. *Oral Dis* 2025; 31: 2368-2381.
 31. Swaathi R, Narayan M, Krishnan R. Salivary biomarkers in cancer: a narrative review. *Oral Oncol Rep* 2024; 10: 100503.
 32. Taba M, Grant MM. Editorial: salivary biomarkers for oral and systemic diseases. *Front Dent Med* 2024; 5: 1429305.
 33. Steigmann L, Maekawa S, Sima C, Travan S, Wang CW, Giannobile WV, et al. Biosensor and lab-on-a-chip biomarker-identifying technologies for oral and periodontal diseases. *Front Pharmacol* 2020; 11: 588480.
 34. Zarasvandi AM, Gerayeli M, Abasi M, Goodarzi M, Ganjezhadeh S, Solhmirzaei R, et al. Electrochemical and optical biosensors for periodontitis detection. *Biochem Biophys Rep* 2025; 45: 102378.
 35. Yan Y, Sharma P, Suvan J, D'Aiuto F. The association of periodontal inflammation and systemic health indicators: a machine learning approach. *J Clin Periodontol* 2025; 52: 1466-1477.
 36. Lamster IB, Pagan M. Periodontal disease and the metabolic syndrome. *Int Dent J* 2017; 67: 67-77.
 37. Hsu CY, Askar S, Alshkarchy SS, Nayak PP, Attabi KAL, Khan MA, et al. AI-driven multi-omics integration in precision oncology: bridging the data deluge to clinical decisions. *Clin Exp Med* 2025; 26: 29.
 38. Wu Y, Xie L. AI-driven multi-omics integration for multi-scale predictive modeling of genotype-environment-phenotype relationships. *Comput Struct Biotechnol J* 2025; 27: 265-277.
 39. Naved N, Adnan S, Umer F. Development trend of artificial intelligence (AI) in dentistry: exploring FDA-cleared dental devices. *BMC Oral Health* 2025; 26: 11.
 40. Lu W, Yu X, Li Y, Cao Y, Chen Y, Hua F, et al. Artificial intelligence-related dental research: bibliometric and altmetric analysis. *Int Dent J* 2025; 75: 166-175.
 41. Zou Z, Guo L. Insights into history and trends of teaching and learning in stomatology education: bibliometric analysis. *JMIR Med Educ* 2025; 11: e66322.
 42. Luke AM, Rezallah NN. Accuracy of artificial intelligence in caries detection: a systematic review and meta-analysis. *Head Face Med* 2025; 21: 24.
 43. Kim SM, Praveen Z, Kim YH, Ko JH, Choi YS, Park JY, et al. Functional profiling of the oral microbiome reveals microbial and oncogenic signatures in never-smoking female patients with oral squamous cell carcinoma. *J Oral Microbiol* 2025; 17: 2594842.
 44. Lee YH, Lee JH, Auh QS, Lee S, Nixdorf D, Chaurasia A, et al. TMD diagnosis using a masked self-supervised tabular transformer. *J Dent Res* 2025; 24: 220345251376974.
 45. Gan Y, Guo J, Zhai J, Huang J. Application of artificial intelligence in education of prosthodontics and implant dentistry: a review. *Adv Med Educ Pract* 2026; 17: 573041.
 46. Simon BD, Ozyoruk KB, Gelikman DG, Harmon SA, Turkbey B. The future of multimodal artificial intelligence models for integrating imaging and clinical metadata: a narrative review. *Diagn Interv Radiol* 2025; 31: 303-312.
 47. Bayraktar Y, Ayan E. Diagnosis of interproximal caries lesions with deep convolutional neural network in digital bitewing radiographs. *Clin Oral Investig* 2022; 26: 623-632.

48. Soni A, Sethy PK, Dewangan AK, Nanthaamornphong A, Behera SK, Devi B, et al. Enhancing oral squamous cell carcinoma detection: a novel approach using improved EfficientNet architecture. *BMC Oral Health* 2024; 24: 601.
49. Chen IH, Lin CH, Lee MK, Chen TE, Lan TH, Chang CM, et al. Convolutional-neural-network-based radiographs evaluation assisting in early diagnosis of the periodontal bone loss via periapical radiograph. *J Dent Sci* 2024; 19: 550-559.
50. Erturk M, Öziç MÜ, Tassoker M. Deep convolutional neural network for automated staging of periodontal bone loss severity on bite-wing radiographs: an Eigen-CAM explainability mapping approach. *J Imaging Inform Med* 2025; 38: 556-575.
51. Tsoromokos N, Parinussa S, Claessen F, Moin DA, Loos BG. Estimation of alveolar bone loss in periodontitis using machine learning. *Int Dent J* 2022; 72: 621-627.
52. Fu WT, Zhu QK, Li N, Wang YQ, Deng SL, Chen HP, et al. Clinically oriented CBCT periapical lesion evaluation via 3D CNN algorithm. *J Dent Res* 2024; 103: 5-12.
53. Li CW, Lin SY, Chou HS, Chen TY, Chen YA, Liu SY, et al. Detection of dental apical lesions using CNNs on periapical radiograph. *Sensors (Basel)* 2021; 21: 7049.
54. Liu J, Liu X, Shao Y, Gao Y, Pan K, Jin C, et al. Periapical lesion detection in periapical radiographs using the latest convolutional neural network ConvNeXt and its integrated models. *Sci Rep* 2024; 14: 25429.
55. Deif MA, Attar H, Amer A, Elhaty IA, Khosravi MR, Solymann AA, et al. Diagnosis of oral squamous cell carcinoma using deep neural networks and binary particle swarm optimization on histopathological images: an AIoMT approach. *Comput Intell Neurosci* 2022; 2022: 6364102.
56. Albalawi E, Thakur A, Ramakrishna MT, Bhatia Khan S, Sankaranarayanan S, Almarri B, et al. Oral squamous cell carcinoma detection using EfficientNet on histopathological images. *Front Med (Lausanne)* 2024; 10: 1349336.
57. Nam Y, Kim DY, Kyung S, Seo J, Song JM, Kwon J, et al. Multimodal large language models in medical imaging: current state and future directions. *Korean J Radiol* 2025; 26: 900-923.
58. Daskalo C, Abu-Ashour W, Tshimula JM, Amoei M, Guadagno E, Poenaru D. Large language models for electronic health records in pediatric and surgical care: a systematic review. *J Pediatr Surg* (in press).
59. Alhazmi N, Alshehri A, BaHamam F, Philip M, Nadeem M, Khanagar S. Can large language models serve as reliable tools for information in dentistry? a systematic review. *Int Dent J* 2025; 75: 100835.
60. Kong M, Fok EH, Yiu CK. A scoping review of large language models in dental education: applications, challenges, and prospects. *Int Dent J* 2025; 75: 103854.
61. Gao S, Wang X, Xia Z, Zhang H, Yu J, Yang F. Artificial intelligence in dentistry: a narrative review of diagnostic and therapeutic applications. *Med Sci Monit* 2025; 31: e946676.
62. Hassan M, Kushniruk A, Borycki E. Barriers to and facilitators of artificial intelligence adoption in health care: scoping review. *JMIR Hum Factors* 2024; 11: e48633.
63. Osonuga A, Osonuga AA, Fidelis SC, Osonuga GC, Juckes J, Olawade DB. Bridging the digital divide: artificial intelligence as a catalyst for health equity in primary care settings. *Int J Med Inform* 2025; 204: 106051.
64. Cestonaro C, Delicati A, Marcante B, Caenazzo L, Tozzo P. Defining medical liability when artificial intelligence is applied on diagnostic algorithms: a systematic review. *Front Med (Lausanne)* 2023; 10: 1305756.
65. Korfiatis P, Kline TL, Meyer HM, Khalid S, Leiner T, Loufek BT, et al. Implementing artificial intelligence algorithms in the radiology workflow: challenges and considerations. *Mayo Clin Proc Digit Health* 2024; 3: 100188.

Erratum to: Ischemic necrosis of the tongue in a patient following vasopressor agents use and prolonged endotracheal intubation: A case report

Seung-Heon Bae , Sung-Tak Lee , Jin-wook Kim 

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Kyungpook National University, Daegu, Korea

Erratum to: *J Korean Dent Assoc* 2025; 63(8): 251-256(<https://doi.org/10.22974/jkda.2025.63.8.003>)

Following publication of this case report, the authors identified inaccuracies regarding previous reports of ischemic necrosis of the tongue in Korea. A previous publication, “Cho J, Sung K, Lee D. Ischemic necrosis of the tongue in surgical patients with septic shock: a case report. *BMC Surg* 2016; 16: 48,” had already reported a Korean case. Therefore, statements indicating the absence of previous Korean reports were inaccurate and should be removed. The corrections are as follows:

Abstract (p.251)

Delete “No cases have been reported in Korea to date.”

Introduction (p.251)

Delete “To the authors’ knowledge, no cases of ischemic necrosis of the tongue have been reported in South Korea to date.”

The authors apologize for these errors and any inconvenience they may have caused.

*Corresponding author: Prof. Jin-wook Kim
Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Kyungpook National University, 2177 Dalgubeol-daero, Jung-gu, Daegu 41940, Korea
Tel: +82-53-600-7574, E-mail: vocaleo@knu.ac.kr