



# Relationship Between Maxillary Fungal Sinusitis and Odontogenic Infection, Dental Implant

Hyeon woo Ahn<sup>ID</sup>, Moo Jin Baek, Mi Ra Kim, Seok Hwan Lee, Bo Soo Kim, Tae Lim An, Sang Hoon Kim, and Yong Wan Kim<sup>ID</sup>

Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Haeundae Paik Hospital, College of Medicine, Inje University, Busan, Korea

## 상악동 진균구 발생과 치성 원인의 연관성 분석

안현우 · 백무진 · 김미라 · 이석환 · 김보수 · 안태림 · 김상훈 · 김용완

인제대학교 의과대학 해운대백병원 이비인후과학교실

Received May 16, 2023

Revised July 18, 2023

Accepted July 19, 2023

Address for correspondence

Yong Wan Kim, MD, PhD  
Department of Otolaryngology-  
Head and Neck Surgery,  
Haeundae Paik Hospital,  
College of Medicine, Inje University,  
875 Haeun-daero, Haeundae-gu,  
Busan 48108, Korea  
Tel +82-51-797-2290  
Fax +82-51-797-0298  
E-mail kimyw@paik.ac.kr

**Background and Objectives** One of the common causes of chronic bacterial sinusitis is odontogenic infection, which has recently attracted attention and many studies are being conducted. However, studies on the relationship between chronic fungal sinusitis and odontogenic infection, which are commonly encountered in clinical practice, are still lacking. In this study, we investigated the association between chronic fungal sinusitis, odontogenic infection and dental implant.

**Subjects and Method** We retrospectively reviewed medical records and paranasal sinus (PNS) CT scans of 198 patients who were treated in our institution for maxillary fungal sinusitis between March 2010 and October 2020.

**Results** We defined two groups of maxillary sinuses (MS) according to the presence of fungal ball (fungal group; n=204 vs. normal group; n=192). Fungal sinusitis was diagnosed in all 204 cases of the fungal group. In the normal group, the mean MS volume was  $17.0 \pm 6.2$  mL, and in the fungal group, the mean MS volume was  $13.8 \pm 5.2$  mL. The volumes of MS were statistically small in the fungal group ( $p < 0.001$ ). In 141 (69.1%) of 204 sinuses in the fungal group, findings suggestive of odontogenic infection were confirmed on the PNS CT scans and were statistically significant ( $p < 0.001$ , odds ratio=2.537). Of 204 sinuses in the fungal group, 26 (12.7%) had dental implants and were not statistically significant ( $p = 0.107$ , odds ratio=1.724).

**Conclusion** This study suggests odontogenic infection to be a risk factor for developing fungal sinusitis in the ipsilateral maxillary sinus.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2023;66(8):526-31

**Keywords** Dental; Focal infection; Fungi; Sinusitis

## 서론

진균성 부비동염은 주로 상악동을 침범하는 부비동 질환으로 임상에서 흔히 접할 수 있다.<sup>1)</sup> 진균의 조직 침범 정도와 조직병리학적 기준에 따라 비침습성과 침습성으로 나뉘며,

그중 진균구(fungal ball)는 비침습적 진균 감염에서 동반되는 가장 흔한 형태이다.<sup>2)</sup> 아직까지 진균성 부비동염의 발생에 관한 병태생리는 명확히 밝혀지지 않았다. 제일 유력한 가설은 aerogenic theory로, 이는 상기도를 통해 흡입된 진균이 점액섬모운동에 의해 제거되지 못하고 상악동 내에 갇히게 되면서 진균구의 형태로 축적된다는 가설이다. 그 외에도 구강 상악동 누공이나 상악 치아 감염을 통해 상악동으로 진균이 유입되어 균락화한다는 가설도 있다.<sup>1)</sup> 상악동과 상악 치아

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

는 밀접한 해부학적 관련성을 가지고 있으며 실제 임상에서 임플란트, 치성 감염 등 치성 원인을 동반한 세균성 부비동염과 진균성 부비동염 환자를 어렵지 않게 만날 수 있다.<sup>3)</sup> 이전부터 치성 원인과 세균성 부비동염에 대한 연구가 많이 진행되었으며 실제 그 연관성이 확인되어 왔다.<sup>4,5)</sup> 진균성 부비동염과 치성 원인 사이의 연관성에 관련하여서도 지속적인 연구가 있어 왔으나<sup>6-13)</sup> 많은 환자 군들을 포함하여 진행된 연구는 거의 없었다. 이에 저자들은 최근 10년간 진균성 부비동염을 진단 받은 환자들에 대해 상악동에 발생한 진균구 및 동반된 치성 원인들을 분석하여 이와 상악동 내 진균구 발생의 명확한 연관관계를 분석해 보고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 연구 대상

2010년 3월부터 2020년 10월까지 이비인후과에서 만성 부비동 질환으로 부비동 내시경 수술을 받았던 환자 중 종양, 점액낭종, 세균성 부비동염 등을 제외하고 상악동 내 진균구 소견을 보인 198명의 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 본 연구는 기관 내 연구 윤리심의위원회의 승인을 받고 진행되었다(2023-03-008).

### 연구 방법

모든 환자들은 수술 전 부비동 전산화단층촬영 영상을 시행하였으며, 각 환자들의 외래 및 입원, 수술기록지를 바탕으로 환자의 나이, 성별, 기저질환, 흡연력 및 환자들의 전반적 신체 상태를 반영하는 American Society of Anesthesiology (ASA) Classification을 확인하여 임상양상을 분석하였다. 전체 198명의 양측 부비동에 대한 평가를 개별적으로 진행하여 총 396개의 상악동에 대한 분석이 이루어졌다. 처음 본원 외래에 내원하였을 당시 비내시경 소견 및 부비동 전산화단층촬영상 진균구가 진단된 환자들과 단순 편측성 부비동염으로 수술을 진행한 환자들 중 수술장에서 진균구가 확인되어 진균성 부비동염으로 진단명이 변경된 환자들, 전체 진균성 부비동염 환자 군에 포함되었다. 진균구의 진단은 부비동 전산화단층촬영상 상악동 내 연부조직 음영과 동반된 석회화 및 부비동 골경화와 골막 비후 소견, 수술 시 내시경 소견 및 병리 소견을 바탕으로 이루어졌다. 그 외 병변의 방향, 비중격 만곡의 유무, 상악동의 부피도 함께 분석을 진행하였다. 동반된 치성 원인의 평가는 대부분 술전 촬영한 전산화단층촬영 영상을 바탕으로 이루어졌다.

치성감염의 경우 부비동 전산화단층촬영 영상에서 상악 치조골의 결손 및 치근 주위 연부조직 음영이 관찰될 경우는

치근단 농양, 치조백선(lamina dura)의 소실이 관찰되는 경우는 치주염으로 분류하였다.<sup>14,15)</sup> 그 외 상악 치아의 임플란트 및 발치 유무를 확인하여 총 4군으로 치성 요인을 분류하였으며, 4군을 모두 합하여 이를 치성 원인 군으로 정의하여 총 5개의 군과 진균구의 발생에 대한 연관성을 분석하였다. 진균구 및 치성 원인에 대한 분석은 술전 부비동 전산화단층촬영 영상을 바탕으로 영상의학과 전문의의 정식 판독을 참조하여 세 명의 이비인후과 의사가 개별적으로 분석을 시행하였다. 이후 의견 차이가 있을 경우 논의를 통해 재판정하였다. 이를 토대로 총 196명의 환자, 396개의 상악동에 대한 분석이 진행되었다. 또한 각각 부비동의 부피를 측정하여 진균성 부비동염과 상악동 부피 사이의 연관성도 함께 분석하였다. 이 역시 세 명의 이비인후과 의사가 부비동 전산화단층촬영 영상의 axial view를 기준으로 picture archiving and communicating system의 free draw region of interest 도구를 사용하여 각 상악동의 단면당 면적을 구한 뒤 높이를 곱하여 입체의 부피를 구하고 각 입체의 부피를 더하여 상악동의 최종 부피를 계산하였다.

### 통계 분석

모든 통계 분석은 SPSS 프로그램(Version 25.0; IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 사용하여 분석하였다. 진균성 부비동염 유무에 따른 치성 감염, 임플란트, 비중격 만곡증과 같은 변수들을 비교하기 위해 chi-square test를 시행하였다. 또한 각 변수에 따른 진균성 부비동염의 발생에 대한 odds ratio를 분석하기 위해 univariate logistic regression analysis를 시행하였으며, 진균성 부비동의 유무에 따른 상악동의 부피 차이를 알아보기 위해 Mann-Whitney test를 시행하였다.  $p$ 값이 0.05 미만일 때 통계적으로 유의하다고 판정하였다.

## 결 과

전체 198명의 환자 중 양측 상악동의 진균구를 진단받은 사람은 6명, 우측은 98명이었으며 좌측은 94명이었다. 한 사람당 두 개의 상악동을 개별적으로 평가하여 총 396개의 상악동이 연구에 포함되었으며 전산화단층촬영, 수술 및 병리 소견을 바탕으로 진균구가 확인된 경우를 진균성 부비동염 군(204개), 정상 상악동의 경우를 정상 부비동 군(192개)으로 분류하였다. 모든 환자들은 술전 전산화단층촬영을 시행하였으며, 기능적 부비동 내시경 수술을 통해 상악동의 자연공을 넓힌 후 상악동 내의 병변을 모두 제거하고, 일부는 조직 검사를 시행하여 모두 aspergillus species가 확인되었다. 환자들의 평균나이는 63.4세(standard deviation [SD] 11.8)이며,

전체 198명의 환자 중 남성이 60명, 여성이 138명이었다. 기저 질환으로 당뇨를 앓고 있는 환자는 37명, 고혈압을 앓고 있는 환자들은 65명이었으며, 전체 환자 중 18명이 흡연자였다. 환

**Table 1.** Patient characteristics (n=198)

Variables	Value	p-value
Maxillary sinuses	396	
Fungal side	204	
Normal side	192	
Mean age (year)	63.4±11.8	0.012
Sex		
Male	60	
Female	138	
DM	37	
HTN	65	
Smoking	18	
ASA classification		
ASA 1	45	
ASA 2	121 (61)	
ASA 3	31	
ASA 4	1	

ASA, American Society of Anesthesiology

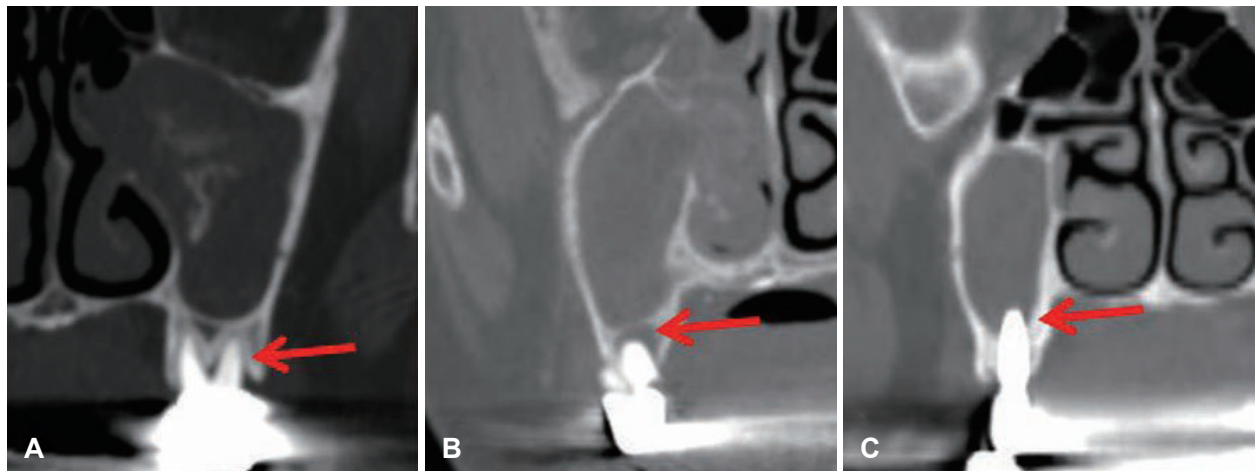
**Table 2.** Risk factors of fungal sinusitis

Variables	Fungal side (n=204)	Normal side (n=192)
Odontogenic factor		
(infection+implant)	167 (81)	105 (54)
Dental implant	26 (12)	15 (8)
Odontogenic infection	141 (69)	90 (46)
Periapical abscess	10 (5)	6 (3)
Periodontitis	99 (48)	62 (32)
Tooth extraction	32 (16)	22 (11)
Nasal septum deviation	68	66

자들의 평균 ASA classification score는 1.93이었으며, 이중 전신질환으로 인해 정도의 일상생활의 제한이 있는 ASA Score 2에 해당하는 환자들이 총 121명(61%)으로 가장 큰 비율을 차지하였다(Table 1).

총 204개의 진균성 부비동염 군에서는 167건(81%)의 치성 원인이 확인되었으며, 제1, 2 대구치의 임플란트가 26건(12%), 치성 감염이 141건(69%)이었다. 치성 감염을 세분화했을 때 치주염이 99건(48%)으로 가장 큰 비율을 차지했으며, 발치가 32건(16%), 치근단 농양이 10건(5%)으로 확인되었다. 총 192 개의 정상 부비동 군에서는 총 105건(54%)의 치성 원인이 확인되었으며, 치주염이 62건(32%)으로 가장 큰 비율을 차지하였다. 그 외에도 전체 198명 중 134명이 전산화단층촬영상 비중격 만곡증을 가지고 있었으며, 진균구가 있는 상악동 방향으로 만곡이 있는 경우가 68건, 정상 상악동 방향으로 만곡이 있는 경우가 66건으로 확인되었다(Table 2).

병변 측 상악동에 발생한 진균구는 정상 측 상악동과 비교 하였을 때 치주염, 치근단 농양, 발치 및 임플란트를 모두 포함한 치성 원인과 통계적으로 유의하게 연관성이 있음이 확인되었다( $p<0.001$ , odds ratio [OR]=2.54, 95% confidence interval [CI]=1.682–3.824). 치성 원인을 세분화하였을 때 가장 많은 비율을 차지한 치주염( $p=0.001$ , OR=1.98, 95% CI=1.314–2.975) (Fig. 1A)의 경우 진균구의 발생과 통계적으로 유의한 연관성을 가지는 것이 확인되었다. 그 외 발치( $p=0.22$ , OR=1.44, 95% CI=0.803–2.575), 치근단 농양( $p=0.369$ , OR=1.6, 95% CI=0.569–4.484) (Fig. 1B), 그리고 임플란트( $p<0.107$ , OR=1.72, 95% CI=0.883–3.364) (Fig. 1C)의 경우 OR이 모두 1 이상이었으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 비중격 만곡증의 경우에는 진균구의 발생과 통계적 연관성은



**Fig. 1.** Paranasal sinus CT showing dental factors. A: Coronal CT scan of the right fungal sinusitis with periodontitis. Erosion of lamina dura of tooth root (arrow) is visible on CT scan. B: Coronal CT scan of the right periapical abscess (arrow) formation. Erosion and hypodense soft tissue density around tooth root is visible. Thinning of floor of maxillary sinus also can be found. C: Coronal CT scan of right fungal sinusitis with dental implant (arrow) protruding toward maxillary sinus.

없는 것으로 확인되었다( $p=0.83$ ,  $OR=0.96$ , 95%  $CI=0.629-1.448$ ) (Table 3).

진균구 유무에 따른 상악동 부피를 분석한 결과 정상 부비동 군 상악동의 평균 부피는 17.0 mL (SD 6.2), 진균성 부비동염 군의 상악동의 평균 부피는 13.8 mL (SD 5.2)로 확인되었다. 또한 Mann-Whitney test를 통해 두 군간의 상악동의 평균 부피가 통계적으로 유의미하게 차이가 난다는 것을 알 수 있었다( $p<0.001$ ) (Table 4, Figs. 2 and 3).

## 고찰

진균구는 부비동 내로 유입된 균사가 점액 섬모 운동에 의해 적절히 제거되지 못하고 군집화된 상태로 명확한 병태 생리학적 기전은 알려져 있지 않다. 가장 유력한 가설은 호흡을 통해 균사가 부비동 내로 유입된다는 aerogenic theory로 알려져 있다.<sup>1)</sup> 그러나 점형동 내 발생하는 진균구의 수가 상악동의 진균구 수와 비교하였을 때 훨씬 적다고 알려져 있으며, 이는 단순 호흡을 통한 균사의 침범 외에도 다른 요인들이 작용할 수 있음을 시사한다. 최근에는 구강외과의 발전으

로 임플란트 등 침습적 시술이 늘어나며 상악동과 상악치아의 해부학적 근접성을 바탕으로 치주염, 구강 상악동 누공과 같은 치성 감염 및 임플란트 이후 상악동에 발생한 진균구에 대한 많은 사례 보고들이 있어 왔다.<sup>6-13)</sup>

상악동과 치근 사이의 거리는 2 mm 정도로 얇지만 단단한 피질골로 이루어져 있어 임플란트나 발치 등으로 손상되는 경우가 아니라면 쉽게 염증이 파급되지 않는다고 한다. 실제 많은 연구에 따르면 임플란트를 포함한 치성 감염에 의해 상악동 하벽이 관통된 경우 세균성 부비동염 및 진균성 부비동염의 발생률이 증가하였다.<sup>6,8,9,16,17)</sup> Legent 등<sup>18)</sup>에 따르면 연구에 포함된 85명의 환자 중 약 85%가 치아 근관 치료 후 상악동 내 진균구의 발생이 확인되었다. Mensi 등<sup>19)</sup>에 따르면 총 102명의 환자 중 상악동 하벽의 관통이 발생하는 치근 치료를 받은 경우 상악동 내 진균구의 발생률이 그렇지 않은 환자군에 비해 14배 높다는 결과를 확인하였다. 이를 통해 침습적 치아 치료로 상악 치아와 상악동 사이의 교통이 발생할 경우 진균구의 발생 위험도가 증가함을 확인할 수 있다.

이전 연구들에서 많은 환자들을 대상으로 다양한 치성원인과 연관성이 분석되어온 세균성 부비동염과는 달리 진균성 부비동염과 치성원인을 세분하여 분석한 연구는 거의 없었다. 이에 저자들은 2010년에서 2020년 사이 상악동 진균구를 진단받은 198명의 환자들의 양측 부비동 396개에 대해 치주염, 치근단 농양, 임플란트 등 다양한 치성 원인뿐만 아니라 부비동의 부피와 진균구의 연관성에 대한 분석을 진행하였다.

치성 원인을 가지고 있는 경우, 그 종류와 관계 없이 상악

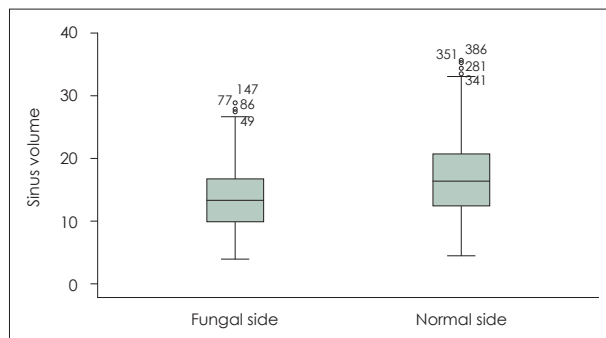
**Table 3.** OR of risk factors based on radiological findings

Variables	OR	p-value	95% CI
Dental implant	1.724	0.107	0.883-3.364
Odontogenic infection	2.537	<0.001	1.682-3.824
Periapical abscess	1.598	0.369	0.569-4.484
Periodontitis	1.977	0.001	1.314-2.975
Tooth extraction	1.438	0.223	0.803-2.575
Nasal septum deviation	0.955	0.827	0.629-1.448

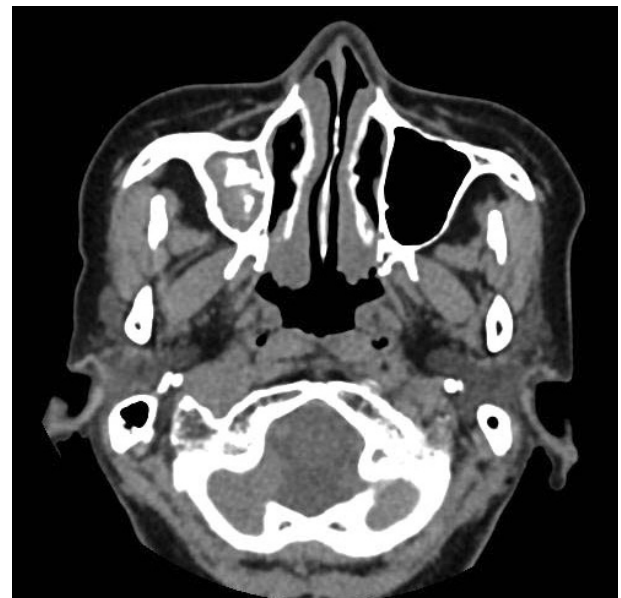
CI, confidence interval; OR, odds ratio

**Table 4.** Maxillary sinus volume

Maxillary sinus volume	Volume (mL)	p-value
Fungal side	13.8±5.2	<0.001
Normal side	17.0±6.2	0.005



**Fig. 2.** Maxillary sinus volume difference between fungal side and normal side.



**Fig. 3.** Axial CT scan of the right fungal sinusitis showing smaller sinus volume.



동 내 진균구의 발생이 2.7배 증가한다고 알려져 있다.<sup>20)</sup> 이에 본 연구에서는 기존에 알려져 있던 상악동과 치아 사이 교통이 있는 경우 외에도 전산화단층촬영상에서 상악동과 치아 사이의 명확한 교통이 확인되지 않는 치주염을 따로 분류하여 그 연관성을 분석하였다. 그 결과 진균구를 포함한 204개의 상악동은 정상 상악동과 비교하여 치주염, 임플란트 등 치성 원인을 가지고 있을 경우 진균구의 발생 위험이 2.5배 더 높다는 것을 통계적으로 유의미하게 확인하였다. 뿐만 아니라 치성 원인을 세분화하여 분석하였을 때 치주염이 유일하게 통계적으로 유의미하게 진균구의 발생 위험을 증가시키는 것으로 확인되었다. 그 병태생리학적 기전은 명확하게 알 수는 없으나, 상악동의 관통이 있을 경우 진균구의 발생 위험이 증가한다는 기존 결과<sup>6,8,9,12,18)</sup>와는 상반되는 결과에 대해 통계적으로 유의미한 연관성을 밝혔다는 것에 의의가 있다.

본 연구의 평균 환자군의 나이가 63.4세로 고령에 속하며, 고령층의 경우 치경부가 낮아지고, 치근 사이로 함기화가 진행되며 상악동과 치근 사이의 피질골이 얇아지며 치성감염에 의한 장벽 소실율이 증가한다. 이는 실제 전산화단층촬영상 명확한 상악동과 치아의 교통이 관찰되지 않는 치주염의 경우에도 소실된 장벽을 통해 상악동에 영향을 줄 수 있음을 짐작할 수 있다.<sup>21,22)</sup> 소실된 장벽을 통해 상악동이 치성 감염의 영향을 받게 되면 염증 반응으로 인해 상악동 내 산도(pH level)가 감소하게 된다.<sup>23-26)</sup> 염증 반응과 낮아진 산도는 부비동 내 정상적인 점액섬모운동의 저하를 유발하며, 이는 상악동 내 진균의 배출을 억제한다.<sup>27)</sup> 또한 진균은 pH 7.0 이하의 산성 환경에서 군집화가 가속된다고 알려져 있다.<sup>28)</sup> 치주염으로 인한 상악동 진균구의 발생을 다음과 같이 추정해 볼 수는 있으나, 명확한 병태생리는 알 수 없으며 이에 대해서는 더 많은 수의 환자들을 포함한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

세균성 부비동염과 임플란트의 연관성은 많은 논문들을 통해 밝혀져 있으며,<sup>5,17)</sup> 치아 근관 과충전(dental root canal overfilling)과 같은 상악동 하벽을 관통하는 치근치료가 진균구의 발생 역시 증가시킨다고 알려져 있다.<sup>8,9,13)</sup> 이를 바탕으로 임상적으로 상악동의 하벽을 관통하는 임플란트 역시 진균구의 발생에 연관이 있을 것으로 추정된다. 이에 저자들은 임플란트와 진균구의 발생에 대한 연관성을 분석하였으며, 상악동과 상악 치아의 교통을 유발하는 임플란트의 경우 유의미한 연관성이 확인되지 않았다. Tomazic 등<sup>20)</sup>에 따르면 진균구가 있는 상악동의 총 157개의 치성원인 중 임플란트는 4개, 정상 상악동의 총 125개의 치성원인 중 임플란트는 4개가 확인되었으며 임플란트와 진균구 사이의 통계학적 유의미한 연관성은 없었다. 본 연구 역시 전체 396개의 상악

동 중 임플란트가 확인된 상악동의 수는 41개(10%)로 표본의 수가 작았으며, 상악동 내 진균구의 군집화까지 걸리는 시간을 고려한 환자의 치과치료와 영상 촬영 시기 사이의 명확한 정보의 부재로 인해 유의미한 결과를 얻는데 어려움이 있었던 것으로 생각된다.

저자들은 치성 원인 외에도 상악동의 부피와 진균구 사이의 연관성을 분석하였으며, 그 결과 진균구를 동반한 상악동의 부피가 통계적으로 유의미하게 작음을 알 수 있었다. 실제로 만성 비부비동염을 가진 환자의 33.3%에서 neo-osteogenesis로 인한 부비동 부피의 감소가 확인되었으며,<sup>29)</sup> 다른 가설에서는 만성 염증으로 인한 sinus atelectasis로 인해 진균구가 있는 상악동의 부피가 줄어든다고 알려져 있다.<sup>30)</sup> 이와 반대로 작은 부비동 자체가 동내 저환기를 유발하고, 산도를 낮게 유지하여 진균의 군집화를 유발한다는 가설 또한 존재한다.<sup>28)</sup> 진균구를 포함한 상악동의 부피가 정상 상악동의 부피보다 통계적으로 유의미하게 작다는 것을 확인할 수 있었으나, 본 연구 역시 진균구와 상악동 부피의 선행관계에 대한 명확한 기전은 확인할 수 없었다. 그러나 상악동의 부피가 진균구의 발생과 숙주 사이의 복잡한 상호작용에 기여한다는 것은 추정할 수 있었다.

본 연구의 한계점은 대상 환자들의 치성감염의 발병 시기, 지속 기간 및 치료 시행 여부 등에 대한 자세한 정보가 부족하여 교란 변수에 대한 통제가 통계분석 시 제한되었다는 점이다. 또한 치성 원인 및 상악동 병변의 평가에 있어 부비동 전산화단층촬영 영상을 분석한 세 명의 이비인후과 의사의 주관적인 영향을 완전히 배제할 수 없었다.

기존의 연구들은 치성 원인과 세균성 부비동염에 초점을 맞추어 진행되어 왔으나, 이에 비해 진균성 부비동염과 치성 원인에 대한 관심은 적은 상황에서 본 연구는 많은 환자들 대상으로 다양한 치성 원인과 진균구 발생의 연관성을 분석했다는 것에 의의를 둘 수 있다. 또한 일반적으로 알려진 임플란트, 구강 상악동 누공과 같이 직접적인 상악동과 치아의 교통이 발생한 경우 외에 단순 치주염과 상악동 내 진균구 발생의 연관성을 통계적으로 유의미하게 확인하였다는 것에 가치가 있다. 비록 명확한 병태생리학적 원인을 확인하는 것은 한계가 있었으나, 단순 치주염을 동반한 환자에서도 진균성 부비동염에 대한 위험이 증가할 수 있음을 인지하고 이비인후과에 내원하는 환자들에 대해 진균성 부비동염과 치성 원인에 대한 세밀한 진료가 시행되어야 한다. 추후 보다 많은 수의 환자들에 대해서 치료 및 치성 원인의 지속기간 등에 대한 세밀한 정보조사를 바탕으로 다양한 치성 원인과 진균구 발생 간의 명확한 연관성 및 병태생리학적 기전을 파악하기 위한 장기간의 전향적 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## Acknowledgments

None

## Author Contribution

Conceptualization: Yong Wan Kim. Data curation: Yong Wan Kim. Formal analysis: Yong Wan Kim. Funding acquisition: Bo Soo Kim. Investigation: Hyeon woo Ahn, Tae Lim An. Methodology: Hyeon woo Ahn, Sang Hoon Kim. Project administration: Seok Hwan Lee. Resources: Hyeon woo Ahn. Software: Hyeon woo Ahn. Supervision: Yong Wan Kim. Validation: Moo Jin Baek. Visualization: Mi Ra Kim. Writing—original draft: Hyeon woo Ahn, Yong Wan Kim. Writing—review & editing: Hyeon woo Ahn, Yong Wan Kim.

## ORCIDs

Hyeon woo Ahn <https://orcid.org/0009-0007-8037-5476>

Yong Wan Kim <https://orcid.org/0000-0002-6010-312X>

## REFERENCES

- Pagella F, Matti E, De Bernardi F, Semino L, Cavanna C, Marone P, et al. Paranasal sinus fungus ball: Diagnosis and management. *Mycoses* 2007;50(6):451-6.
- Klossek JM, Serrano E, Pélouquin L, Percodani J, Fontanel JP, Pessey JJ. Functional endoscopic sinus surgery and 109 mycetomas of paranasal sinuses. *Laryngoscope* 1997;107(1):112-7.
- Anavi Y, Allon DM, Avishai G, Calderon S. Complications of maxillary sinus augmentations in a selective series of patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106(1):34-8.
- Craig JR, Poetker DM, Aksoy U, Allevi F, Biglioli F, Cha BY, et al. Diagnosing odontogenic sinusitis: An international multidisciplinary consensus statement. *Int Forum Allergy Rhinol* 2021;11(8):1235-48.
- Psillas G, Papaioannou D, Petsali S, Dimas GG, Constantinidis J. Odontogenic maxillary sinusitis: A comprehensive review. *J Dent Sci* 2021;16(1):474-81.
- Burnham R, Bridle C. Aspergillosis of the maxillary sinus secondary to a foreign body (amalgam) in the maxillary antrum. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2009;47(4):313-5.
- Fanucci E, Nezzo M, Neroni L, Montesani L Jr, Ottria L, Gargari M. Diagnosis and treatment of paranasal sinus fungus ball of odontogenic origin: Case report. *Oral Implantol (Rome)* 2013;6(3):63-6.
- Giardino L, Pontieri F, Savoldi E, Tallarigo F. Aspergillus mycetoma of the maxillary sinus secondary to overfilling of a root canal. *J Endod* 2006;32(7):692-4.
- Khongkhunthian P, Reichart PA. Aspergillosis of the maxillary sinus as a complication of overfilling root canal material into the sinus: Report of two cases. *J Endod* 2001;27(7):476-8.
- Matjaz R, Jernej P, Mirela KR. Sinus maxillaris mycetoma of odontogenic origin: Case report. *Braz Dent J* 2004;15(3):248-50.
- Milroy CM, Blanshard JD, Lucas S, Michaels L. Aspergillosis of the nose and paranasal sinuses. *J Clin Pathol* 1989;42(2):123-7.
- Shams MG, Motamedi MH. Aspergilloma of the maxillary sinus complicating an oronasal fistula. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;96(1):3-5.
- Sohn DS, Lee JK, Shin HI, Choi BJ, An KM. Fungal infection as a complication of sinus bone grafting and implants: A case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;107(3):375-80.
- Huomonen S, Ørstavik D. Radiological aspects of apical periodontitis. *Endod Topics* 2002;1(1):3-25.
- Oei A, Hülsmann M. The acute apical abscess: Aetiology, microbiology, treatment and prognosis. *Endodontic Practice Today* 2018;12(2):75-85.
- Kwiatkowska MA, Szczypiński K, Chloupek A, Szczupak P, Jurkiewicz D. Clinical characteristics of odontogenic sinusitis with periapical lesions. *Am J Otolaryngol* 2022;43(2):103338.
- Park MJ, Park HI, Ahn KM, Kim JH, Chung YS, Jang YJ, et al. Features of odontogenic sinusitis associated with dental implants. *Laryngoscope* 2023;133(2):237-43.
- Legent F, Billet J, Beauvillain C, Bonnet J, Miegerville M. The role of dental canal fillings in the development of Aspergillus sinusitis. A report of 85 cases. *Arch Otorhinolaryngol* 1989;246(5):318-20.
- Mensi M, Salgarello S, Pinsi G, Piccioni M. Mycetoma of the maxillary sinus: Endodontic and microbiological correlations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004;98(1):119-23.
- Tomazic PV, Dostal E, Magyar M, Lang-Loidolt D, Wolf A, Koele W, et al. Potential correlations of dentogenic factors to the development of clinically verified fungus balls: A retrospective computed tomography-based analysis. *Laryngoscope* 2016;126(1):39-43.
- Brook I. Sinusitis of odontogenic origin. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2006;135(3):349-55.
- Kim J, Kim SW, Cho JH, Kang JM, Kim BG, Kim JH, et al. Clinical manifestation of odontogenic sinusitis: As to pathophysiology and management. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2009;52(7):585-90.
- Borreagaard N, Herlin T. Energy metabolism of human neutrophils during phagocytosis. *J Clin Invest* 1982;70(3):550-7.
- Krawczyk CM, Holowka T, Sun J, Blagih J, Amiel E, DeBerardinis RJ, et al. Toll-like receptor-induced changes in glycolytic metabolism regulate dendritic cell activation. *Blood* 2010;115(23):4742-9.
- Roiniotis J, Dinh H, Masendycz P, Turner A, Elsegood CL, Scholz GM, et al. Hypoxia prolongs monocyte/macrophage survival and enhanced glycolysis is associated with their maturation under aerobic conditions. *J Immunol* 2009;182(12):7974-81.
- Tannahill GM, O'Neill LA. The emerging role of metabolic regulation in the functioning of Toll-like receptors and the NOD-like receptor Nlrp3. *FEBS Lett* 2011;585(11):1568-72.
- Clary-Meinesz C, Mouroux J, Cosson J, Huitorel P, Blaive B. Influence of external pH on ciliary beat frequency in human bronchi and bronchioles. *Eur Respir J* 1998;11(2):330-3.
- Stammlerberger H. Endoscopic surgery for mycotic and chronic recurring sinusitis. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 1985;119:1-11.
- Huang Z, Hajjij A, Li G, Nayak JV, Zhou B, Hwang PH. Clinical predictors of neo-osteogenesis in patients with chronic rhinosinusitis. *Int Forum Allergy Rhinol* 2015;5(4):303-9.
- Bossolesi P, Autelitano L, Brusati R, Castelnuovo P. The silent sinus syndrome: Diagnosis and surgical treatment. *Rhinology* 2008;46(4):308-16.