



뇌하수체 선종에 대한 현미경하 경비중격 경접형동 수술의 비부비동 결과: 2011–2023년 단일기관 연구

박혜진¹ · 박지환² · 김상훈¹ · 조원호³ · 차승현³ · 조규섭¹

부산대학교 의과대학 부산대학교병원 이비인후과학교실 및 의생명연구원,¹

부산대학교 의과대학 양산부산대학교병원 이비인후과학교실 및 의생명융합연구소,²

부산대학교 의과대학 부산대학교병원 신경외과학교실 및 의생명연구원³

Sinonasal Outcomes of Microscopic Transseptal Transsphenoidal Surgery for Pituitary Adenomas: A Single-Center Study, 2011–2023

Hye-Jin Park¹, Ji-Hwan Park², Sanghoon Kim¹, Won Ho Cho³, Seung Heon Cha³, Kyu-Sup Cho¹

¹Department of Otorhinolaryngology and Biomedical Research Institute, Pusan National University Hospital, Pusan National University School of Medicine, Busan, Korea

²Department of Otorhinolaryngology and Research Institute for Convergence of Biomedical Science and Technology, Pusan National University Yangsan Hospital, Pusan National University School of Medicine, Yangsan, Korea

³Department of Neurosurgery and Biomedical Research Institute, Pusan National University Hospital, Pusan National University School of Medicine, Busan, Korea

ABSTRACT

Background and Objectives: We evaluated documented sinonasal outcomes after microscopic transseptal transsphenoidal surgery for pituitary adenomas during 2011–2023 and compared outcomes by calendar period and procedure type. **Materials and Methods:** We retrospectively analyzed 337 procedures in 320 patients. Pre-2011 procedures were excluded from outcomes but retained as prior history for classifying repeat transsphenoidal approach (TSA) procedures. Sinonasal outcomes were assessed after 314 procedures at 60–120 days. Calendar periods were defined as 2011–2016 and 2017–2023. Patient-cluster robust models supplemented unadjusted comparisons. **Results:** The cohort comprised 300 initial recorded and 37 repeat procedures. Sinonasal morbidity was documented after 67/314 procedures (21.3%), including crust in 4.8%, discharge/rhinorrhea in 4.5%, septal perforation in 3.8%, and subjective olfactory dysfunction in 2.5%. Overall morbidity did not differ significantly between periods (21.8% vs. 20.8%; $p=0.891$). Median operation time (220 vs. 182.5 minutes; $p<0.001$) and hospital stay (13 vs. 11 days; $p=0.003$) were shorter during 2017–2023. Documented perioperative cerebrospinal fluid (CSF) leakage occurred in 13/337 procedures (3.9%) and was more frequent in repeat than initial recorded TSA (13.5% vs. 2.7%; OR, 5.70; 95% CI, 1.76–18.48; $p=0.008$). **Conclusion:** Individual sinonasal morbidities were documented at relatively low frequencies, without a significant difference in overall morbidity between calendar periods. The higher proportion of perioperative CSF leakage in repeat TSA warrants careful perioperative assessment.

KEY WORDS: Pituitary neoplasms; Hypophysectomy; Microsurgery; Nasal septum; Postoperative complications.

Received: September 8, 2026 / Revised: September 10, 2026 / Accepted: September 22, 2026

Corresponding author: Kyu-Sup Cho, Department of Otorhinolaryngology and Biomedical Research Institute, Pusan National University Hospital, Pusan National University School of Medicine, Busan 50612, Korea

Tel: +82-51-240-7824, Fax: +82-51-246-8668, E-mail: choks@pusan.ac.kr

Copyright © 2026. The Busan, Ulsan, Gyeongnam Branch of Korean Society of Otolaryngology-Head and Neck Surgery.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://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.

서론

경접형동 접근법(transsphenoidal approach, TSA)은 뇌하수체 선종에 대한 대표적인 수술 경로로, 현미경과 투시 장비가 도입된 이후 구순하 또는 경비강 경비중격 접근법이 오랫동안 표준 술식으로 사용되어 왔다.¹⁾ 1990년대 이후에는 내시경을 이용한 경비강 접근법이 도입되었고, 넓은 시야와 각진 내시경을 이용한 터키안 주변부 관찰이라는 장점을 바탕으로 현재 사용이 크게 증가하였다.^{2,3)}

내시경 수술은 파노라마 시야와 측방 및 상방 관찰에 장점이 있고, 현미경 수술은 양안 입체시와 직선형 정중앙 통로를 통한 양손 조작에 장점이 있다.⁴⁾ 단일 술자 경험에서는 내시경 술식 도입 초기에 학습곡선이 관찰되었으나, 누적 경험에 따라 수술시간이 감소하였다.⁵⁾ 초기 메타분석에서는 내시경 수술이 총절제율, 재원기간 또는 비중격 천공에서 유리하다고 보고되었으나,^{6,7)} Knosp grade 0-2 비기능성 거대선종을 동시대에 비교한 연구에서는 절제율과 주요 합병증에 유의한 차이가 없었다.⁸⁾ 이후 메타분석에서도 총절제율과 합병증에 관한 결과가 일관되지 않아,⁹⁻¹¹⁾ 접근법의 절대적 우월성은 여전히 단정하기 어렵다.

경접형동 수술 후 발생하는 가피, 비루, 유착, 비중격 천공, 비출혈 및 후각장애와 같은 비부비동 이환은 환자의 삶의 질에 영향을 줄 수 있으나, 종양학적 결과나 신경외과적 합병증에 비해 상대적으로 적게 연구되었다.¹²⁻¹⁶⁾ 국내 단일기관 내시경하 경접형동 수술 연구에서는 수술 3개월 후 가피, 유착 및 주관적 후각저하가 주요 비과적 문제로 보고되었다.¹⁷⁾ 이에 본 연구에서는 2011-2023년에 뇌하수체 선종에 대해 시행된 현미경하 경비중격 경접형동 수술 후 약 3개월의 비부비동 결과를 평가하고, 수술 시기와 반복 수술 여부에 따른 차이를 분석하고자 하였다. 수술시간, 재원 기간 및 의무기록상 수술기 뇌척수액(cerebrospinal fluid, CSF) 유출은 보조 평가항목으로 검토하였다.

대상 및 방법

연구 설계

본 연구는 2011년 1월부터 2023년 9월까지 본원에서 현미경하 경비중격 경접형동 수술을 받은 뇌하수체 선종 환자의 의무기록을 분석한 후향적 단일기관 연구이다. 검토한 의무 기록 자료 415개 중 감마나이프 방사선수술 42건은 별도의 경접형동 수술 건수로 계산하지 않고, 시행 일자를 기준으로

직전 경접형동 수술에 연계된 추가 치료로 분류하였다. 현미경하 경비중격 경접형동 수술 373건 가운데 라스케열낭종, 두개인두종, 척삭종 및 기타 비선종성 병변 15건과 2011년 이전의 뇌하수체 선종 수술 21건을 제외하여, 2011-2023년의 337건을 결과 분석에 포함하였다. 이 수술들은 최종적으로 뇌하수체 선종 환자 320명에게 시행되었다(Fig. 1). 2011년 이전 수술들은 결과 분석에는 포함되지 않았으며, 해당 수술 기록은 2011-2023년에 시행된 수술의 선행 수술력으로만 활용하였다. 시기별 특성과 수술 결과는 각 수술 당시의 기록을 이용하여 수술 단위로 분석하였다.

수술 후 약 3개월의 비부비동 결과는 수술 후 60-120일 사이의 이비인후과 진찰 또는 비강 내시경 기록이 확인된 경우 평가 가능하다고 정의하였다. 337건 중 314건(93.2%)에서 해당 평가가 확인되어 비부비동 결과 분석에 포함하였다. 동일 환자에게 시행된 반복 수술은 별도의 수술 관측값으로 기록하고, 환자 수와 수술 건수를 구분하여 제시하였다. 본 연구는 기관생명윤리위원회의 승인을 받았으며 후향적 연구로 동의서 취득은 면제되었다.

본원 신경외과와 이비인후과는 일관되게 시행해 온 수술 방식에 따라 2017년 이후에도 현미경하 경비중격 TSA를 유지하였다. 본 연구는 이 수술 방식으로 치료받은 뇌하수체 선종 환자의 기록을 대상으로 하였다.

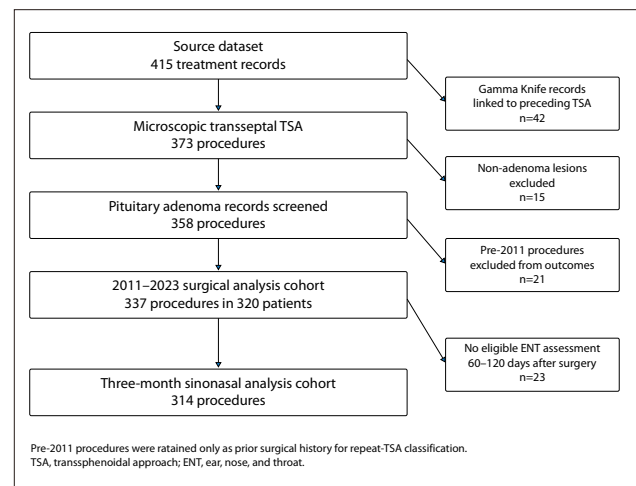


Fig. 1. Flow diagram of the 2011-2023 study cohort. Of 358 pituitary adenoma procedures identified in the source records, 21 performed before 2011 were excluded from all outcome analyses, leaving 337 procedures in 320 patients. Pre-2011 records were used solely as prior surgical history for procedure-type classification. The 3-month sinonasal analysis included 314 procedures with an ENT assessment 60-120 days postoperatively. Gamma Knife procedures were linked to preceding TSA and not counted as separate TSA procedures. ENT, ear, nose, and throat; TSA, transsphenoidal approach.

수술 방법

수술은 전통적 현미경하 경비중격 접근법의 원칙에 따라 시행하였다.^{1,14)} 본 연구에서 내시경은 초기 비강 내 해부학적 표지 확인에 보조적으로 사용되었으며, 접형동 개방 후 종양 절제의 주된 시각화는 수술 현미경으로 시행하였다. 수술의 기본 원칙은 연구기간 동안 유지되었으나, 세부 수술기구, 재건 재료 및 비강 충전 방법은 시대에 따라 일부 변화하였다. 먼저 비강 내시경하에 중비갑개 후단 부위에서 접형구개공(sphenopalatine foramen)의 위치를 확인한 후, 수술 중 출혈을 줄이기 위하여 1:200,000 에피네프린을 포함한 국소마취액을 양측 접형구개공 주위에 침윤 주사하여 접형구개신경절 차단술(sphenopalatine ganglion block)을 시행하였다. 이후 수술 공간을 확보하기 위하여 양측 하비갑개, 중비갑개 및 상비갑개를 외향 골절시켰다. 우측 비중격에 변형 Killian 절개(modified Killian incision)를 가하고 점막연골막 및 점막골막하 박리를 시행한 후, 만곡된 비중격 골부를 제거하였다. 연골부 비중격은 전방과 상방에서 각각 약 1.5-2.0 cm 폭의 L자형 지지 구조(L-strut)를 보존한 상태로 제거하였다. 이어 돌출된 상악능(maxillary crest)을 제거하여 수술 통로를 충분히 확보하고, 점막하 경비중격 통로를 후방으로 연장하여 접형동 전벽에 도달한 후 접형동을 개방하였다. 접형동 개방 후 신경외과 의사가 Hardy 견인기를 거치하고 수술 현미경하에 고리형 큐렛을 이용하여 뇌하수체 종양을 제거하였다. 종양 제거 후 앞서 채취한 비중격 연골 및 골편을 이용하여 터키안저부의 골 결손부를 재건하였으며, TISSEEL®(Baxter Healthcare Corporation, Deerfield, IL, USA)과 TachoSil®(Takeda Austria GmbH, Linz, Austria) 등을 적용하여 재건부의 지혈과 밀봉을 도왔다.

종양 제거가 완료된 후 양측 중비갑개와 상비갑개를 원래 위치로 복원하였다. 우측 비중격 절개부는 5-0 VICRYL® 봉합사(Ethicon, Raritan, NJ, USA)를 이용하여 일차 봉합하였다. 이후 양측 비강에 Silastic® sheet(Dow Corning, Midland, MI, USA)를 삽입하고, CureFoam®(DMed Resource, Seongnam, Korea)과 NasoPore®(Polyganics B.V., Groningen, the Netherlands)를 이용하여 비강 패킹을 시행하였다.

평가 변수 및 정의

수술 당시 나이, 성별, 의무기록에 기재된 호르몬 기능 분류, 종양 크기, 당뇨, 흡연력, 기존 비과 병력, 비중격만곡증, 수술시간, 재원 기간 및 자료에 기재된 추적 기간을 수집하였

다. 환자 단위의 기본 특성은 각 환자의 2011-2023년 첫 포함 수술 시점을 기준으로 하였다. 기존 비과 병력은 이 시점에서 기록된 과거력으로, 이전 경접형동 수술을 포함할 수 있다. 종양 크기는 의무 기록의 분류에 따라 최대 직경 1 cm 미만을 미세선종, 1 cm 이상 4 cm 미만을 거대선종으로 구분하였다. 종절제 여부, 호르몬 관해, 요붕증, 수막염 및 Knosp grade 자료는 일관되게 확보되지 않았다.

CSF 유출은 의무 기록상 발생 여부를 기준으로 평가하였다. 수술 중 유출과 수술 후 유출의 시점을 일관되게 구분하기 어려워, 두 시점을 포괄하는 '의무 기록상 주술기(periooperative) CSF 유출'로 정의하였다.

수술 유형은 이용 가능한 본원 전체 수술 기록의 시간 순서에 따라 최초 기록 수술(initial recorded TSA)과 반복 수술(repeat TSA)로 구분하였다. 2011년 이전의 선행 경접형동 수술이 확인된 경우에는 연구기간 내의 최초 기록 수술도 반복 수술로 분류하였다. 최초 기록 수술은 연구기간 중 본원 자료에서 처음 확인된 수술로, 생애 최초 수술을 뜻하지는 않는다. 반복 수술 환자 수는 2011-2023년에 한 번 이상 반복 수술을 받은 고유 환자 수로, 반복 수술 건수는 그 기간에 시행된 반복 수술의 합으로 산출하였다. 연구기간 내 최초 기록 수술 이후의 추가 수술은 별도로 집계하였다.

감마나이프 방사선수술은 시행일 직전의 경접형동 수술과 연계하였으며, 그 선행 수술이 2011-2023년 분석대상에 포함된 경우만 추가 치료 결과로 집계하였다. 적응증이 잔존종양, 재발 또는 호르몬 조절 실패 중 무엇인지는 일관되게 구분되지 않아, 시행 여부와 선행 수술로부터의 간격을 제시하였다.

수술 후 약 3개월의 비부비동 결과는 가피, 분비물 또는 비루, 비강 내 유착, 병적 비중격 천공, 접형동의 폴립성 점막 변화, 비부비동 감염, 비출혈, 안장코 및 주관적 후각장애로 구분하였다. 의도적으로 형성된 후비중격 창은 병적 비중격 천공에 포함하지 않았다. 주관적 후각장애는 해당 시점의 의무 기록에 후각감소 또는 후각소실이 명시된 경우로 정의하였으며, 표준화된 수술 전후 후각검사는 시행되지 않았다. 하나 이상의 항목이 확인되면 전체 비부비동 이환에 포함하였다. 이 비인후과 평가 기록은 있으나 개별 소견에 대한 언급이 없는 경우 해당 항목을 없음으로 코딩하였다.

시기별 비교는 달력연도를 기준으로 2011-2016년과 2017-2023년의 두 기간으로 구분하였다. 각 기간에는 185건과 152건이 포함되었다. 모든 결과 분석은 2011년 이후 시행된 수술에 한정하였으며, 연도별 수술 건수와 주요 결과도 함께 제시하였다. 마지막 해인 2023년의 포함 수술은 9월 21일

까지였다.

수술 시기와 반복 수술 여부에 따른 결과는 수술 단위로 비교하였으며, 같은 환자에게 시행된 수술 간 상관을 고려한 민감도 분석을 함께 시행하였다.

통계분석

통계 분석은 Python version 3.13.5, SciPy version 1.17.0 및 statsmodels version 0.14.6을 이용하여 수행하였다. 연속형 변수는 평균과 표준편차 또는 중앙값과 사분위범위로, 범주형 변수는 빈도와 백분율로 제시하였다. 군간 연속형 변수 비교에는 양측 Mann-Whitney U 검정을, 범주형 변수 비교에는 양측 Fisher의 정확검정을 사용하였다. 비율의 95% 신뢰구간은 Wilson score 방법으로 산출하였고, 2×2 교차표의 비보정 오즈비에는 Wald 95% 신뢰구간을 제시하였다. 전체 비부비동 이환의 관련 인자를 평가하는 탐색적 단변량 분석에는 환자 단위 군집강건 표준오차를 적용한 이항 로지스틱 일반화선형모형을 사용하였다. 수술기 CSF 유출과 전체 비부비동 이환의 시기별·수술 유형별 비교에도 같은 모형으로 민감도 분석을 시행하였다. 이 모형은 환자 내 상관을 고려하지만 종양 침범도, 술자 또는 재건 방법을 보정한 다변량 모형은 아니다. CSF 유출은 사건 수가 적어 다변량 분석을 시행하지 않았다. 모든 검정에서 $p < 0.05$ 를 통계적 유의수준으로 하였으며, 탐색적 분석에는 다중비교 보정을 적용하지 않았다.

결과

2011년 2월 9일부터 2023년 9월 21일까지 320명의 뇌하수체 선종 환자에서 337건의 현미경하 경비강경 경접형동 수술이 시행되었다. 연구기간 내의 최초 기록 수술 당시 평균 연령은 50.5 ± 14.7 세(17–79세)였고, 남자는 173명(54.1%), 여자는 147명(45.9%)이었다. 미세선종은 24명(7.5%), 거대선종은 273명(85.3%)이었으며 23명(7.2%)에서는 크기군을 확인할 수 없었다. 비중격만곡증은 240명(75.0%), 당뇨는 51명(15.9%)에서 확인되었다(Table 1).

전체 337건은 최초 기록 수술 300건(89.0%)과 반복 수술 37건(11.0%)으로 구성되었다. 반복 수술을 받은 환자는 34명(10.6%)으로, 31명에서 각 1건, 3명에서 각 2건의 반복 수술이 연구기간에 시행되었다. 20명은 2011년 이전 수술력이 있어 연구기간 내 첫 포함 수술부터 반복 수술에 해당하였다. 2011–2023년에 포함된 수술 횟수는 환자별로 1회 304명, 2

Table 1. Patient and tumor characteristics (2011–2023)

Parameter	Value
Number of patients	320
Age (years)	50.5 ± 14.7 (17–79)
Sex	
Male	173 (54.1)
Female	147 (45.9)
Chart-recorded hormonal category	
Nonfunctioning	70 (21.9)
Growth hormone	77 (24.1)
Adrenocorticotrophic hormone	17 (5.3)
Prolactin	16 (5.0)
Thyroid-stimulating hormone	3 (0.9)
Mixed/other	132 (41.2)
Unknown	5 (1.6)
Tumor size category	
Microadenoma (<1 cm)	24 (7.5)
Macroadenoma (1–<4 cm)	273 (85.3)
Unknown	23 (7.2)
Diabetes mellitus	51 (15.9)
Smoking history	16 (5.0)
Previous rhinologic history	26 (8.1)
Nasal septal deviation	240 (75.0)
Recorded prior nasal surgery (including TSA)	20 (6.2)

Values are number (%) or mean $\pm$ SD (range). Patient-level characteristics were assessed at each patient's first included procedure in 2011–2023. In 20 patients this procedure was a repeat TSA because a preceding TSA was recorded before 2011. Prior rhinologic history was assessed at that procedure and may include previous TSA. TSA, transsphenoidal approach.

회 15명, 3회 1명이었으며, 첫 포함 수술 후 추가 수술을 받은 환자는 16명이었다. 첫 번째와 두 번째 포함 수술 사이의 중앙 간격은 32.7개월(11.9–55.3개월)이었다(Table 2).

수술시간이 확인된 336건의 중앙값은 205.0분(170.0–245.0분)이었고, 재원 기간은 12.0일(10.0–16.0일), 추적 기간은 25.6개월(6.9–58.4개월)이었다. 수술기 CSF 유출은 337건 중 13건(3.9%)에서 기록되었다. 분석대상 수술에 연계된 감마나이프 치료는 40명(12.5%)에서 확인되었으며, 해당 수술부터 감마나이프까지의 중앙 간격은 15.5개월(6.5–29.5개월)이었다(Table 2).

수술 후 약 3개월의 이비인후과 평가가 가능한 314건 중 67건(21.3%; 95% CI, 17.2%–26.2%)에서 하나 이상의 비부비동 이환이 기록되었다. 이 중 10건(14.9%)에서는 두 가지 이환이 동반되었다.

가피는 15건(4.8%), 분비물 또는 비루는 14건(4.5%), 비출

Table 2. Operative and follow-up outcomes (2011–2023)

Parameter	Value
Number of procedures	337
Recorded procedure type	
Initial recorded TSA	300 (89.0)
Repeat TSA	37 (11.0)
Operation time (min) (n=336)	205.0 [170.0–245.0] (85.0–425.0)
Length of hospital stay (days)	12.0 [10.0–16.0] (3.0–284.0)
Follow-up duration (months)	25.6 [6.9–58.4] (0.0–151.5)
Documented perioperative CSF leakage	13/337 (3.9)
Three-month ENT assessment completed	314/337 (93.2)
Patients undergoing ≥1 repeat TSA in 2011–2023	34/320 (10.6)
Included procedures per patient	
1 procedure	304
2 procedures	15
3 procedures	1
Patients with ≥2 included procedures	16/320 (5.0)
Interval between first and second included TSA (months) (n=16)	32.7 [11.9–55.3]
Patients receiving Gamma Knife after an included TSA	40/320 (12.5)
Interval from included TSA to linked Gamma Knife (months)	15.5 [6.5–29.5]

Values are median [interquartile range] (range) or n/N (%). Prior recorded TSA, including before 2011, was retained for procedure classification only. Thirty-four patients underwent 37 repeat procedures: 31 patients had one and 3 had two. The first included procedure was already a repeat TSA in 20 patients; 17 further procedures occurred after cohort entry in 16 patients. Gamma Knife was counted only when linked to an included TSA; one treatment linked to a pre-2011 TSA was excluded from this outcome. CSF timing could not be consistently distinguished as intraoperative or postoperative. CSF, cerebrospinal fluid; ENT, ear, nose, and throat; TSA, transsphenoidal approach.

혈은 12건(3.8%), 병적 비중격 천공은 12건(3.8%)이었다. 비중격 천공의 위치는 전방 7건, 중간부 4건, 후방 1건이었다. 의무기록상 주관적 후각장애는 8건(2.5%), 접형동 폴립성 점막 변화와 유착은 각각 5건(1.6%)이었으며, 비부비동 감염과 안장코는 각각 3건(1.0%)이었다(Fig. 2, Table 3).

2011–2016년과 2017–2023년의 수술시간 중앙값은 각각 220.0분(188.8–255.0분)과 182.5분(155.0–216.2분)으로 이 후 기간에 짧았고($p<0.001$), 재원 기간도 13.0일(10.0–17.0일)과 11.0일(9.0–15.0일)로 차이가 있었다($p=0.003$; Fig. 3). 2017–2023년에는 수술 당시 연령이 높았으며 기록된 비기능성 선종의 비율은 낮았다. 전체 비부비동 이환율은 각각 37/170건(21.8%)과 30/144건(20.8%)으로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.891$). 주술기 CSF 유출은 각각 4/185건(2.2%)과 9/152건(5.9%)으로 기록되었으며, 이 차이도 통계적으로 유의하지 않았다($p=0.091$; Table 4).

반복 수술군의 주술기 CSF 유출은 5/37건(13.5%)으로 최초 기록 수술군의 8/300건(2.7%)보다 높은 비율을 보였다(비보정 OR, 5.70; 95% CI, 1.76–18.48; $p=0.008$; Fig. 4). 두 군 사이의 수술시간, 재원 기간, 전체 비부비동 이환율, 비중격

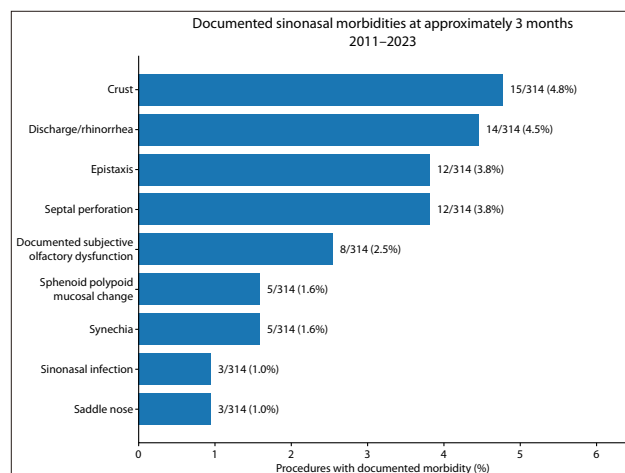


Fig. 2. Documented sinonasal morbidities at approximately 3 months after surgery in the 2011–2023 cohort. All values are shown per procedure as n/314 (%). More than one morbidity could be recorded after a procedure.

격 천공 및 주관적 후각장애에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 5). 전체 비부비동 이환율 결과 변수로 한 탐색적 단변량 군집강건 분석에서는 나이, 성별, 수술 시기, 반복 수술 여부, 당뇨, 흡연력, 기존 비과 병력, 비중격만곡증, 수술

Table 3. Documented sinonasal morbidities at approximately 3 months (2011–2023)

Sinonasal morbidity	n/N (%)	95% CI, %
Any sinonasal morbidity	67/314 (21.3)	17.2–26.2
Crust	15/314 (4.8)	2.9–7.7
Discharge/rhinorrhea	14/314 (4.5)	2.7–7.3
Epistaxis	12/314 (3.8)	2.2–6.6
Septal perforation	12/314 (3.8)	2.2–6.6
Perforation location (n)		
Anterior	7	
Middle	4	
Posterior	1	
Documented subjective olfactory dysfunction	8/314 (2.5)	1.3–4.9
Sphenoid polypoid mucosal change	5/314 (1.6)	0.7–3.7
Synechia	5/314 (1.6)	0.7–3.7
Sinonasal infection	3/314 (1.0)	0.3–2.8
Saddle nose	3/314 (1.0)	0.3–2.8

All denominators are the 314 procedures with an eligible ENT assessment 60–120 days after surgery. Multiple morbidities could coexist. An unmentioned individual finding was coded as absent when an ENT assessment was documented, as in the reviewed dataset; this is not proof of normal olfactory function. Intentional posterior septectomy was not classified as septal perforation. Confidence intervals are Wilson score intervals. CI, confidence interval; ENT, ear, nose, and throat.

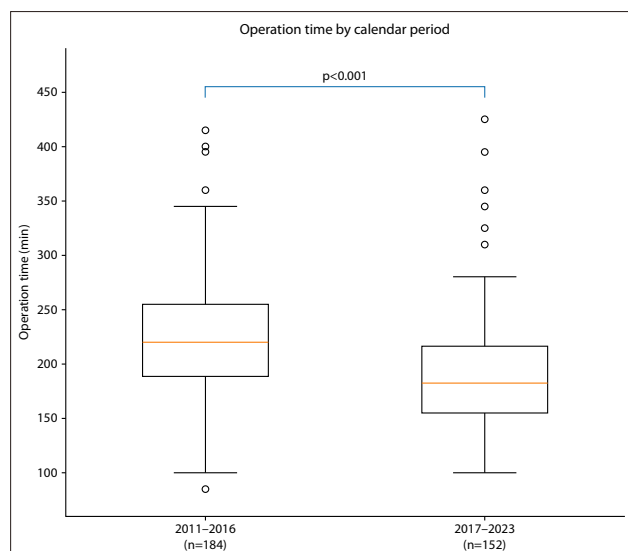


Fig. 3. Operation time by calendar period in the 2011–2023 cohort. Data were available for 184 of 185 procedures in 2011–2016 and all 152 procedures in 2017–2023. The central line indicates the median, the box the interquartile range (IQR), and the whiskers the most extreme observations within 1.5×IQR of the quartiles; circles denote outliers. Two-sided Mann–Whitney U test.

시간, 기록된 CSF 유출 및 종양 크기 중 통계적으로 유의한 관련 인자는 없었다(Table 6).

연도별 포함 수술은 14–39건이었으며, 연도별 수술 건수와 수술기 CSF 유출 및 비부비동 이환의 분포는 Table 7에 제시하였다.

환자 단위 군집강건 표준오차를 적용한 민감도 분석에서도 반복 수술은 수술기 CSF 유출의 높은 비율과 관련되었다(OR, 5.70; 95% CI, 1.77–18.33; $p=0.003$). 시기별 CSF 유출 차이는 이 분석에서도 통계적으로 유의하지 않았으며($p=0.085$), 전체 비부비동 이환의 시기별 차이도 유의하지 않았다($p=0.838$; Table 8).

고찰

본 연구는 2011–2023년 단일기관에서 시행된 현미경하 경비중격 경접형동 수술의 비부비동 경과와 반복 수술 시 주의해야 할 수술기 결과를 제시한다.

본 연구의 전체 비부비동 이환율은 구조적 소견과 증상을 함께 포함한 복합 지표로, 개별 항목의 빈도를 살펴보는 것이 수술 후 경과를 이해하는 데 도움이 된다. 국내 단일기관의 내시경 경접형동 수술 연구에서는 수술 후 3개월에 가피 26.2%, 유착 16.8%, 주관적 후각저하 15.9%, 비루 13.1%가 보고되었으며,¹⁷⁾ 다른 전향적 연구와 체계적 문헌고찰에서도 유착, 비중격 천공 및 비출혈이 다양한 빈도로 보고되었다.^{15,18)} 본 연구에서 가피, 비루 및 유착의 기록 빈도는 일부 선행연구보다 수치상 낮았다. 다만 연구대상, 수술 범위와 평가 방식이 달라 이러한 차이는 기술적 비교로 이해하는 것이 적절하다. 경비중격 접근의 점막하 통로는 광범위한 비강 점막 조작을

Table 4. Comparison of calendar periods within the 2011–2023 cohort

Parameter	2011–2016 (n=185)	2017–2023 (n=152)	p-value
Age (years)	49.0 [37.0–59.0]	56.0 [43.0–66.0]	<0.001
Male sex	102/185 (55.1)	77/152 (50.7)	0.443
Nonfunctioning adenoma	49/180 (27.2)	24/148 (16.2)	0.023
Macroadenoma	162/173 (93.6)	127/141 (90.1)	0.296
Repeat TSA	21/185 (11.4)	16/152 (10.5)	0.862
Nasal septal deviation	131/185 (70.8)	113/152 (74.3)	0.541
Operation time (min)	220.0 [188.8–255.0]	182.5 [155.0–216.2]	<0.001
Length of hospital stay (days)	13.0 [10.0–17.0]	11.0 [9.0–15.0]	0.003
Follow-up duration (months)	38.6 [9.6–87.9]	18.0 [3.9–40.9]	<0.001
Documented perioperative CSF leakage	4/185 (2.2)	9/152 (5.9)	0.091
Any sinonasal morbidity	37/170 (21.8)	30/144 (20.8)	0.891
Crust	11/170 (6.5)	4/144 (2.8)	0.184
Discharge/rhinorrhea	6/170 (3.5)	8/144 (5.6)	0.422
Septal perforation	8/170 (4.7)	4/144 (2.8)	0.557
Documented subjective olfactory dysfunction	3/170 (1.8)	5/144 (3.5)	0.477

Values are median [interquartile range] or n/N (%).

Calendar periods were defined as 2011–2016 and 2017–2023. Operation time was available for 184 and 152 procedures; sinonasal assessment for 170 and 144, respectively.

Continuous variables were compared with the two-sided Mann–Whitney U test; categorical variables with the two-sided Fisher exact test. These are unadjusted procedure-level comparisons.

CSF, cerebrospinal fluid; TSA, transsphenoidal approach.

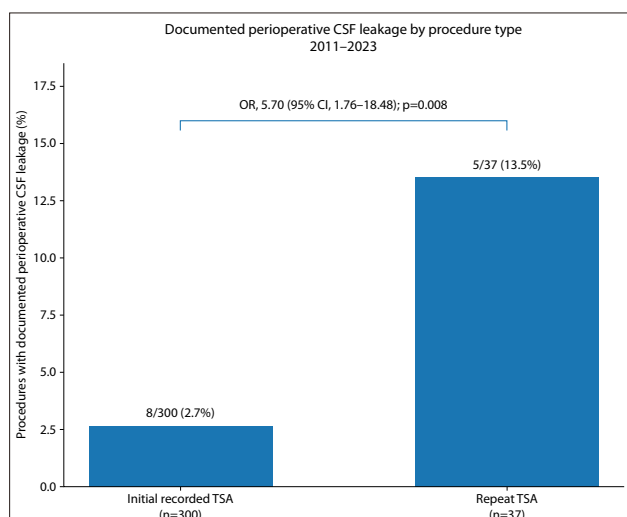


Fig. 4. Documented perioperative CSF leakage by procedure type in the 2011–2023 cohort. The 300 initial recorded procedures and 37 repeat procedures were classified using all available prior institutional TSA records, including pre-2011 history. Initial recorded TSA does not necessarily represent lifetime first surgery. The 37 repeat procedures occurred in 34 patients. Leakage timing could not be consistently distinguished as intraoperative or postoperative. The odds ratio and Wald 95% confidence interval are unadjusted; the p-value is from the two-sided Fisher exact test. CSF, cerebrospinal fluid; TSA, transsphenoidal approach; OR, odds ratio; CI, confidence interval.

줄이는 데 초점을 둔 방식이며, 이러한 원칙은 최근 경비중격

통로를 활용한 내시경 술식 연구에서도 다루어지고 있다.^{19–21)}

비중격 천공은 경비중격 접근 시 주의해야 할 구조적 합병증으로, 본 연구에서는 3.8%에서 확인되었다. 기존 비교연구와 메타분석에서는 내시경 수술보다 현미경 수술에서 비중격 천공이 더 흔하다고 보고되었으며,^{14,22)} 양측 점막 손상, 혈류 저하, 열손상 및 전인기 압박이 관련 기전으로 제시되었다.^{14,23)} 본 술식에서는 단측 변형 Killian 절개와 반대측 점막 보존, 전방 및 상방 I자형 지지구조의 보존, 절개부 일차 봉합과 실라 스틱 시트 거치를 통해 비중격 점막과 지지구조의 보존을 고려하여 비교적 천공의 발생률이 낮았던 것으로 추측된다.

주관적 후각장애는 2.5%에서 기록되었다. 후각 결과는 평가 방법에 따라 해석이 달라질 수 있다. 현미경 수술 후 객관적 후각기능 감소를 보고한 전향적 연구가 있는 한편,²⁴⁾ 비부비동 증상 관련 삶의 질은 두 접근법 모두 수술 후 회복되거나 장기적으로 접근법 간 차이가 크지 않다는 보고도 있었다.^{12,13,15,25)} 체계적 문헌고찰과 메타분석 및 후향적 연구에서도 내시경 접근, 비중격피판 채취와 후비중격 절제 범위가 후각에 미치는 영향에 대해 서로 다른 결과가 보고되었다.^{26–29)} 본 연구의 후각 결과는 의무기록에 명시된 증상의 빈도를 나타내므로, 기능적 보존과 회복을 평가하기 위해서는 수술 전후 후각검사와 표준화된 증상 평가가 필요하다.

Table 5. Comparison of initial recorded and repeat TSA procedures (2011–2023)

Parameter	Initial recorded TSA (n=300)	Repeat TSA (n=37)	p-value
Operation time (min)	205.0 [165.0–235.0]	220.0 [187.5–255.0]	0.051
Length of hospital stay (days)	12.0 [10.0–15.2]	12.0 [9.0–21.0]	0.479
Documented perioperative CSF leakage	8/300 (2.7%)	5/37 (13.5%)	0.008
Any sinonasal morbidity	57/282 (20.2%)	10/32 (31.2%)	0.171
Septal perforation	12/282 (4.3%)	0/32 (0.0%)	0.619
Documented subjective olfactory dysfunction	7/282 (2.5%)	1/32 (3.1%)	0.581

Procedure type was determined from all available prior institutional records, including pre-2011 history. Pre-2011 outcomes were excluded.

Initial recorded TSA does not necessarily indicate lifetime first surgery.

The 37 repeat procedures occurred in 34 patients.

Values are median [interquartile range] or n/N (%); two-sided Mann–Whitney U or Fisher exact tests were used.

The unadjusted repeat-versus-initial CSF odds ratio was 5.70 (Wald 95% CI, 1.76–18.48).

CSF, cerebrospinal fluid; CI, confidence interval; TSA, transsphenoidal approach.

Table 6. Univariable factors associated with documented sinonasal morbidity (2011–2023)

Predictor	N	Odds ratio	95% CI	p-value
Age (per 10 years)	314	0.94	0.78–1.14	0.530
Male sex	314	0.97	0.56–1.69	0.910
2017–2023 vs 2011–2016	314	0.95	0.56–1.61	0.838
Repeat vs initial recorded TSA	314	1.79	0.83–3.89	0.138
Diabetes mellitus	314	0.76	0.33–1.76	0.517
Smoking history	314	1.36	0.42–4.45	0.609
Prior rhinologic history	314	1.74	0.83–3.65	0.140
Nasal septal deviation	314	0.56	0.31–1.01	0.053
Operation time (per 30 min)	313	0.98	0.86–1.12	0.779
Documented perioperative CSF leakage	314	2.76	0.84–9.12	0.095
Macroadenoma vs microadenoma	293	0.78	0.26–2.29	0.645

Logistic generalized linear models used patient-cluster robust standard errors.

Models were univariable and exploratory; no multiplicity adjustment was applied.

N denotes procedures with data for each model.

No predictor met $p < 0.05$.

Prior rhinologic history is not equivalent to an independently confirmed history of non-TSA nasal surgery.

CI, confidence interval; TSA, transsphenoidal approach; CSF, cerebrospinal fluid.

Table 7. Annual distribution of included procedures and recorded outcomes (2011–2023)

Year	Procedures	ENT assessed	CSF leakage, n/N (%)	Sinonasal morbidity, n/N (%)
2011	39	34	0/39 (0.0)	8/34 (23.5)
2012	27	26	0/27 (0.0)	3/26 (11.5)
2013	20	19	0/20 (0.0)	1/19 (5.3)
2014	29	29	0/29 (0.0)	5/29 (17.2)
2015	37	33	2/37 (5.4)	9/33 (27.3)
2016	33	29	2/33 (6.1)	11/29 (37.9)
2017	26	26	0/26 (0.0)	5/26 (19.2)
2018	24	23	5/24 (20.8)	6/23 (26.1)
2019	28	27	2/28 (7.1)	8/27 (29.6)
2020	17	16	1/17 (5.9)	3/16 (18.8)
2021	19	19	0/19 (0.0)	3/19 (15.8)
2022	24	22	1/24 (4.2)	1/22 (4.5)
2023	14	11	0/14 (0.0)	4/11 (36.4)

Counts refer to included pituitary adenoma procedures, not an audited institution-wide surgical volume.

Procedures in 2023 were included through September 21.

CSF, cerebrospinal fluid; ENT, ear, nose, and throat.

Table 8. Patient-cluster robust sensitivity analyses (2011–2023)

Outcome	Comparison	N	Odds ratio	95% CI	p-value
CSF leakage	2017–2023 vs 2011–2016	337	2.85	0.86–9.38	0.085
CSF leakage	Repeat vs initial recorded TSA	337	5.70	1.77–18.33	0.003
Sinonasal morbidity	2017–2023 vs 2011–2016	314	0.95	0.56–1.61	0.838
Sinonasal morbidity	Repeat vs initial recorded TSA	314	1.79	0.83–3.89	0.138

Separate univariable binomial logistic generalized linear models with patient-cluster robust standard errors were fitted for each row. These account for within-patient correlation but do not adjust for tumor complexity, surgeon, or reconstruction method. p-values are exploratory and unadjusted for multiplicity. All models include only 2011–2023 outcomes. CI, confidence interval; CSF, cerebrospinal fluid; TSA, transsphenoidal approach.

주술기 CSF 유출은 337건 중 13건(3.9%)에서 기록되었으며, 반복 수술군의 비율은 최초 기록 수술군보다 높았다(13.5% vs. 2.7%). 반복 수술에서 해부학적 표지의 변화와 반흔으로 박리 및 재건이 어려워질 수 있다는 기존 보고는 이 결과를 해석하는 데 참고가 된다.³⁰⁾ 같은 환자의 반복 관측을 고려한 민감도 분석에서도 이러한 관련성이 관찰되어, 반복 수술 시 유출 여부의 확인과 재건 계획의 검토에 주의를 기울일 필요가 있다. 본 연구의 CSF 지표는 수술 중과 수술 후 유출을 포괄하므로 수술 후 CSF 비루나 재건 실패율과는 구별된다.

2017–2023년의 수술시간 중앙값은 2011–2016년보다 37.5분 짧았고 재원 기간은 2일 짧았으나, 전체 비부비동 이환율에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 주술기 CSF 유출은 각각 5.9%와 2.2%로 기록되었지만 시기 간 차이는 통계적으로 유의하지 않았다. 수술 관련 결과는 연구 설계와 환자 구성에 따라 달라질 수 있다. TRANSSPHER 다기관 전향적 연구에서는 총절제율과 재원 기간이 두 접근법 사이에 유의한 차이가 없었고 현미경 수술의 수술시간이 더 짧았던 반면,³¹⁾ 중국 전국 레지스트리의 성향점수 매칭 분석에서는 내시경군에서 총절제율이 높고 수술시간은 길며 재원 기간은 짧았다.³²⁾ 이처럼 수술 관련 결과의 방향은 연구 설계와 환자군에 따라 달랐다.

본 연구는 신경외과와 이비인후과가 지속해 온 현미경 접근법의 경험을 제시한다는 점에서 의미가 있다. 다만 시간에 따른 결과의 차이에는 환자 구성과 진료 환경이 함께 영향을 줄 수 있으므로, 학습곡선 자체보다는 시기별 관찰 결과로 이해하는 것이 적절하다.

본 연구는 단일기관에서 장기간 축적된 현미경하 경비중격 수술 자료를 분석하고, 포함된 수술의 93.2%에서 약 3개월의 이비인후과 평가 결과를 보여준다. 환자 수와 반복 수술 건수를 구분하고 연도별 분포와 민감도 분석을 함께 제시하여, 비부비동 경과를 해석할 수 있는 임상 자료를 제공하였다.

제한점으로는 후향적 연구의 특성상 비강 내시경 소견과 증

상 평가가 표준화되지 않았으며, 미기록 소견을 부재로 코딩하여 경미한 이환이 과소평가되었을 가능성이 있다. 객관적 후각검사와 비부비동 증상 관련 삶의 질 평가가 없어 기능적 결과의 해석에는 한계가 있다. Knosp grade, 종양 절제 정도, 내분비학적 결과 및 증례별 재건 자료가 불완전하여 난이도를 보정한 비교는 제한된다. 또한 수술 중과 수술 후 CSF 유출을 일관되게 구분하지 못하였다. 반복 수술 여부에는 확인된 2011년 이전 수술력을 반영하였지만, 이용 가능한 자료 밖의 수술력이 누락되었을 가능성은 있다. 본 자료는 동시대 내시경 수술군을 포함하지 않으며, 군간 비교와 관련 인자 분석은 다중비교 보정을 하지 않은 탐색적 결과이다. 향후 표준화된 후각·증상 평가와 수술 중·후 CSF 유출의 구분을 포함한 전향적 연구가 이러한 관찰을 보완할 수 있을 것이다.

결론

2011–2023년 현미경하 경비중격 경접형동 수술 후 약 3개월의 개별 비부비동 이환은 비교적 낮은 빈도로 기록되었다. 전체 비부비동 이환율은 2011–2016년과 2017–2023년 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 주술기 CSF 유출 비율은 최초 기록 수술보다 반복 수술에서 높았다. 반복 수술에서는 주술기 유출 여부를 면밀히 확인할 필요가 있다.

Acknowledgements

Not applicable.

Funding Information

This work was supported by a New Faculty Research Grant of Pusan National University, 2023.

Conflicts of Interest

Kyu-Sup Cho is an editorial board member of this journal.

However, the author was not involved in the reviewer selection, editorial evaluation, or decision-making process for this article. Otherwise, no potential conflicts of interest relevant to this article were reported.

ORCID

Hye-Jin Park, <https://orcid.org/0000-0003-4237-6834>

Ji-Hwan Park, <https://orcid.org/0000-0001-9301-6957>

Sanghoon Kim, <https://orcid.org/0000-0001-6186-0790>

Won Ho Cho, <https://orcid.org/0000-0003-2058-1554>

Seung Heon Cha, <https://orcid.org/0000-0001-7766-2991>

Kyu-Sup Cho, <https://orcid.org/0000-0002-4381-6996>

Author Contribution

Conceptualization: Cho KS.

Data curation: Park HJ.

Formal analysis: Kim S.

Methodology: Park JH.

Software: Park HJ.

Validation: Cha SH.

Investigation: Cho WH.

Writing - original draft: Park HJ.

Writing - review & editing: Park HJ, Park JH, Kim S, Cho WH, Cha SH, Cho KS.

Ethics Approval

This study was approved by the Institutional Review Board (IRB) of the Pusan National University Hospital, Korea.

References

1. Liu JK, Das K, Weiss MH, Laws ER Jr, Couldwell WT. The history and evolution of transsphenoidal surgery. *J Neurosurg* 2001;95(6):1083-96.
2. Jankowski R, Auque J, Simon C, Marchal JC, Hepner H, Wayoff M. Endoscopic pituitary tumor surgery. *Laryngoscope* 1992;102(2):198-202.
3. Khalafallah AM, Liang AL, Jimenez AE, Rowan NR, Oyesiku NM, Mamelak AN, et al. Trends in endoscopic and microscopic transsphenoidal surgery: a survey of the international society of pituitary surgeons between 2010 and 2020. *Pituitary* 2020;23(5):526-33.
4. Higgins TS, Courtemanche C, Karakla D, Strasnick B, Singh RV, Koen JL, et al. Analysis of transnasal endoscopic versus transseptal microscopic approach for excision of pituitary tumors. *Am J Rhinol Allergy* 2008;22(6):649-52.
5. O'Malley BW Jr, Grady MS, Gabel BC, Cohen MA, Heuer GG, Pisapia J, et al. Comparison of endoscopic and microscopic removal of pituitary adenomas: single-surgeon experience and the learning curve. *Neurosurg Focus* 2008;25(6):E10.
6. Gao Y, Zhong C, Wang Y, Xu S, Guo Y, Dai C, et al. Endoscopic versus microscopic transsphenoidal pituitary adenoma surgery: a meta-analysis. *World J Surg Oncol*. 2014;12:94.
7. Li A, Liu W, Cao P, Zheng Y, Bu Z, Zhou T. Endoscopic versus microscopic transsphenoidal surgery in the treatment of pituitary adenoma: a systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg* 2017;101:236-46.
8. Dallapiazza R, Bond AE, Grober Y, Louis RG, Payne SC, Oldfield EH, et al. Retrospective analysis of a concurrent series of microscopic versus endoscopic transsphenoidal surgeries for Knosp grades 0–2 nonfunctioning pituitary macroadenomas at a single institution. *J Neurosurg* 2014;121(3):511-7.
9. Almutairi RD, Muskens IS, Cote DJ, Dijkman MD, Kavouridis VK, Crocker E, et al. Gross total resection of pituitary adenomas after endoscopic vs. microscopic transsphenoidal surgery: a meta-analysis. *Acta Neurochir* 2018;160(5):1005-21.
10. Yu SY, Du Q, Yao SY, Zhang KN, Wang J, Zhu Z, et al. Outcomes of endoscopic and microscopic transsphenoidal surgery on non-functioning pituitary adenomas: a systematic review and meta-analysis. *J Cell Mol Med* 2018;22(3):2023-7.
11. Li J, Ding W, Huang Z, Xie B, Li ZY. Comparison of short-term outcomes between endoscopic and microscopic trans-sphenoidal surgery for the treatment of pituitary adenoma. *J Craniofac Surg* 2019;30(8):2421-4.
12. Hong SD, Nam DH, Seol HJ, Choi NY, Kim HY, Chung SK, et al. Endoscopic binostril versus transna-

- sal transseptal microscopic pituitary surgery: sinonasal quality of life and olfactory function. *Am J Rhinol Allergy* 2015;29(3):221-5.
13. Pledger CL, Elzoghby MA, Oldfield EH, Payne SC, Jane JA Jr. Prospective comparison of sinonasal outcomes after microscopic sublabial or endoscopic endonasal transsphenoidal surgery for nonfunctioning pituitary adenomas. *J Neurosurg* 2016;125(2):323-33.
14. Kiraz M, Gunaldi O, Tanriverdi O, Erdim I, Postalci LS, Tugcu B, et al. Comparison of sinonasal complications of microscopic and endoscopic approaches for transsphenoidal hypophyseal surgery: prospective study. *Turk Neurosurg* 2018;28(6):915-22.
15. Schreiber A, Bertazzoni G, Ferrari M, Rampinelli V, Verri P, Mattavelli D, et al. Nasal morbidity and quality of life after endoscopic transsphenoidal surgery: a single-center prospective study. *World Neurosurg* 2019;123:e557-65.
16. Majovsky M, Astl J, Kovar D, Masopust V, Benes V, Netuka D. Olfactory function in patients after transsphenoidal surgery for pituitary adenomas—a short review. *Neurosurg Rev* 2019;42(2):395-401.
17. Jang HB, Lee JM, Park DH, Roh HJ, Lee CH, Sung SK, et al. Sinonasal complications after endoscopic transsphenoidal approach: a single center study. *J Clin Otolaryngol Head Neck Surg* 2022;33(4):193-202.
18. Gstrein NA, Zwicky S, Serra C, Hugelshofer M, Regli L, Soyka MB, et al. Rhinologic outcome of endoscopic transnasal-transsphenoidal pituitary surgery: an institutional series, systematic review, and meta-analysis. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2023;280(9):4091-9.
19. Lee YH, Wang HC, Yeh TH, Yang SH, Lin CF, Huang PH, et al. Improved nasal recovery and intact olfactory function after a transseptal approach for endoscopic endonasal transsphenoidal adenomectomy: a retrospective analysis. *Laryngoscope Investig Otolaryngol* 2022;7(6):1695-703.
20. Cong Z, Zhu J, Sun H, Tang C, Yang J, Ma C. Endoscopic 1½-transseptal approach for pituitary surgery. *Front Oncol* 2023;12:1116408.
21. Lee JY, Park JS, Jeun SS, Kim SW, Jang D, Kim DH, et al. Sinonasal complications of combined transseptal-transnasal and bilateral transnasal approaches for endoscopic endonasal transsphenoidal pituitary surgery. *World Neurosurg* 2024;192:e410-5.
22. Chen J, Liu H, Man S, Liu G, Li Q, Zuo Q, et al. Endoscopic vs. microscopic transsphenoidal surgery for the treatment of pituitary adenoma: a meta-analysis. *Front Surg* 2022;8:806855.
23. Kridel RWH. Considerations in the etiology, treatment, and repair of septal perforations. *Facial Plast Surg Clin North Am* 2004;12(4):435-50.
24. Wang S, Chen Y, Li J, Wei L, Wang R. Olfactory function and quality of life following microscopic endonasal transsphenoidal pituitary surgery. *Medicine* 2015;94(4):e465.
25. Little AS, Kelly DF, Milligan J, Griffiths C, Prevedello DM, Carrau RL, et al. Comparison of sinonasal quality of life and health status in patients undergoing microscopic and endoscopic transsphenoidal surgery for pituitary lesions: a prospective cohort study. *J Neurosurg* 2015;123(3):799-807.
26. Zhu J, Feng K, Tang C, Yang J, Cai X, Zhong C, et al. Olfactory outcomes after endonasal skull base surgery: a systematic review. *Neurosurg Rev* 2021;44(4):1805-14.
27. Lee JY, Park JS, Jeun SS, Kim SW, Kim DH, Kim SW. Impact of posterior septectomy on olfaction in endoscopic endonasal transsphenoidal surgery. *PLOS ONE* 2025;20(1):e0316263.
28. Kim SW, Park KB, Khalmuratova R, Lee HK, Jeon SY, Kim DW. Clinical and histologic studies of olfactory outcomes after nasoseptal flap harvesting. *Laryngoscope* 2013;123(7):1602-6.
29. Lee CC, Huang CC, Lee TJ, Wang YC, Liu YT, Chang TW, et al. Olfaction after endoscopic surgery for sellar and parasellar disease: an updated systematic review and meta-analysis. *Rhinology* 2022;60(3):177-87.
30. Esquenazi Y, Essayed WI, Singh H, Mauer E, Ahmed M, Christos PJ, et al. Endoscopic endonasal versus microscopic transsphenoidal surgery for recurrent and/or residual pituitary adenomas. *World Neurosurg* 2017;101:186-95.

31. Little AS, Kelly DF, White WL, Gardner PA, Fernandez-Miranda JC, Chicoine MR, et al. Results of a prospective multicenter controlled study comparing surgical outcomes of microscopic versus fully endoscopic transsphenoidal surgery for nonfunctioning pituitary adenomas: the transsphenoidal extent of resection (TRANSSPHER) study. *J Neurosurg* 2020;132(4):1043-53.
32. Zhang C, Ma S, Xiao D, Zhang L, Gui S, Liu P, et al. Comparison of endoscopic versus microscopic transsphenoidal surgery in patients with pituitary adenomas: a propensity score matched study. *Int J Surg* 2025;111(10):6921-30.