

## 내시경적 두개저 수술의 소개

한림대학교 의과대학 이비인후과학교실,<sup>1</sup> 서울대학교 의과대학 서울특별시 보라매병원 이비인후과학교실<sup>2</sup>  
김동규<sup>1</sup> · 김대우<sup>2</sup>

### Introduction of Endoscopic Skull Base Surgery

Dong-Kyu Kim, MD<sup>1</sup> and Dae Woo Kim, MD, PhD<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, College of Medicine, Hallym University, Chuncheon; and

<sup>2</sup>Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Borame Medical Center, Seoul National University, College of Medicine, Seoul, Korea

### 서 론

이비인후과 수술에서 비내시경의 사용은 19세기 초부터 이루어졌으며, Messerklinger<sup>1)</sup>는 최초로 비내시경을 이용하여 부비동의 병변을 기능적인 방식으로 처리하였다. 이후에 Stammberger<sup>2)</sup>와 Kennedy<sup>3,4)</sup>에 의하여 비내시경을 이용한 기능적 내시경 수술(functional endoscopic sinus surgery)의 개념이 완성되어 세계적으로 전파되었고, 그 결과 오늘날에는 부비동염과 같은 염증성 질환의 치료 뿐만 아니라 반전성 유두종, 비인강 혈관종 등의 양성 종양 및 후각신경아세포종, 점막형 흑색종, 편평상피세포암종 등 비강 내 악성 종양의 치료에 있어서도 효과적인 치료방법으로 사용되고 있다.<sup>5)</sup> 최근 들어, 이러한 비내시경 기술의 발달과 더불어 전산화단층촬영(CT)과 자기공명영상촬영(MRI) 등 영상이미지 발달, 내시경용 드릴, 절삭기 미세흡입절삭기(microdebrider), 양극성 비내전기소작기(intranasal bipolar electrocoagulator) 등 특화된 수술 기구들의 개발, 영상유도수술 시스템(image guidance system)의 도입 그리고 비중격 피관(nasosep-

교신저자 : 김대우, 156-707 서울 동작구 신당2동 425  
서울대학교 의과대학 서울특별시 보라매병원  
이비인후과학교실  
전화 : (02) 870-2446 · 전송 : (02) 831-2826  
E-mail : kicubi@daum.net

tal flap)과 같은 내시경 두개저 재건술의 발달 등 여러 방면에서의 종합적인 발전에 힘입어 두개저 병변의 치료에도 비강을 통한 내시경적 접근법이 사용되고 있다.<sup>6,7)</sup> 더욱이, 비단 두개저 종양 뿐만 아니라 외상에 의한 뇌척수액 유출, 골수염과 같은 감염 질환 등 다양한 두개저 질환에 대해서도 이러한 내시경 수술을 적용할 수 있으며 이러한 광범위한 비내시경 수술의 적용을 통칭하여 경비강 확장 내시경적 접근법(expanded endonasal approach, EEA)이라 부른다.<sup>8,9)</sup>

과거 일반적 방식과 달리 경비강 확장 내시경적 접근법은 이비인후과와 신경외과 의사가 팀을 이뤄 수술을 진행한다. 이비인후과 의사의 역할은 두개저 병변 부위까지 접근하여 뇌막절개전까지 수술 시야를 확보해 주면 신경외과 의사가 수술기구를 활용하여 뇌막 안쪽의 병변의 절개를 해나간다. 그리고 뇌병변을 제거한 뒤 재건하는 역할은 이비인후과의사가 담당한다. 이비인후과와 신경외과 의사의 역할 분담은 서로 상의하여 조정할 수 있다. 이러한 협업방식은 내시경 수술에 익숙한 이비인후과 의사와 두개내 병변의 수술적 치료에 익숙한 신경외과 의사의 경험을 바탕으로 하는 것으로, 기존의 수술 방식보다 넓은 수술 시야를 확보하게 해주어 수술이 보다 효율적으로 진행되며 합병증의 발생도 줄여주는 장점이 있다. 또한, 혈관 손상 등 의도하지 않는 합병증이 발생했을 때 이를 해결하는 능력도 높여준다. 그러나, 이러한 내시

경 수술의 장점을 살리기 위해서는 내시경을 통해 보이는 해부학적 구조에 익숙해지고 내시경 수술을 위한 기구 사용법을 숙지해야 할 뿐만 아니라 이비인후과 의사와 신경외과 의사 서로간의 충분한 협력 수술 경험이 필요하다.

본综述에서는 내시경적 두개저 수술, 경비강 확장 내시경 접근법의 적응증, 수술 전 세팅 및 수술 방법 그리고 결과에 대해서 기술하여 새로운 수술을 시작하려는 이비인후과 및 신경외과 의사들에게 도움이 되었으면 한다.

## 본 론

내시경적 두개저 수술은 접근하는 해부학적 구획에 따라 흔히 분류하고 있으며, 크게 시상면 구획과 관상면 구획으로 나눌 수 있다. 시상면 구획은 전두개와의 계관(crista galli)에서 대후두공(foramen magnum)까지의 중앙부에 위치한 병변을 접근할 때 사용하는 분류법으로 transcribriiform, trans-planum, trans-tuberculum, trans-sellar, trans-clival 등으로 세분화 할 수 있다. 내경동맥(internal carotid artery)의 주행경로를 기준으로 관상면 구획을 분류할 수 있으며, 추체첨부(petrous apex), 추체하와(infrapetrous), 추체상와(suprapetrous), 외측 해면정맥동(lateral cavernous), 측두하와(infratemporal), 그리고 비인강 등으로 세분화 할 수 있다.<sup>8,9)</sup>

두개저 수술에 내시경을 처음 적용한 것은 1992년 Jankowski 등<sup>10)</sup>이 경비강 경접형동 접근법에 의해 뇌하수체 종양절제술을 시행한 것이었다. 현미경은 움직일 때마다 초점이 달라지므로 수술 중 시야를 자유롭게 바꾸기 힘들고 충분한 시야 확보를 위해 비교적 코 안을 넓게 노출시켜야 하는 단점을 지니고 있었으나 내시경은 넓게 비강을 노출시키지 않고도 비부비동까지 충분히 밝은 시야를 확보해 줄 뿐만 아니라 현미경으로 확보 가능했던 것보다 훨씬 넓은 수술 시야를 제공하는 장점을 지니고 있다. 한편, 내시경 영상은 3차원적 구조를 2차원 시야로 보여줌으로써 정확한 깊이를 판단하기 힘들고 영상이 왜곡되는 문제가 있다. 그러나, 이러한 단점은 영상유도 장치의 도움, 내시경적 수술 지표들의 활용, 그리고 고정적 시야가 아닌 내시경의 지속적인 전후 움직임을 통해

서 제공되는 깊이의 단서들을 통해 상당 부분 보완이 가능하다.<sup>11,12)</sup>

### 내시경적 두개저 수술의 적응증 및 한계점

두개저 수술에서 내시경 수술은 1) 내시경 보조 미세수술, 2) 현미경 수술과의 복합수술, 3) 내시경 수술 단독으로 나누어진다. 내시경이 현미경 수술의 보조적인 도구로 사용되는 경우는 수술현미경상에서 보이지 않는 부분을 확인하는 도구로서 사용하는 것으로 수술현미경으로 일차적으로 수술을 시행한 후에 현미경하 시야에서 내시경을 삽입하여 병변을 관찰한다. 복합수술은 전두개와에 위치한 병변에서 현미경 경두개 수술(microscopic transcranial surgery)과 내시경 경비강 수술을 동시에 시행하는 경우로 내시경에 익숙하지 않은 신경외과 의사와 내시경에 익숙한 이비인후과 의사가 순차적으로 수술을 진행할 때 유용하다. 내시경 수술을 단독으로 시행하는 경우는 내시경의 조작이 숙련되었을 때 시행할 수 있으며, 이비인후과 의사와 신경외과 의사가 동시에 수술을 진행하게 된다.

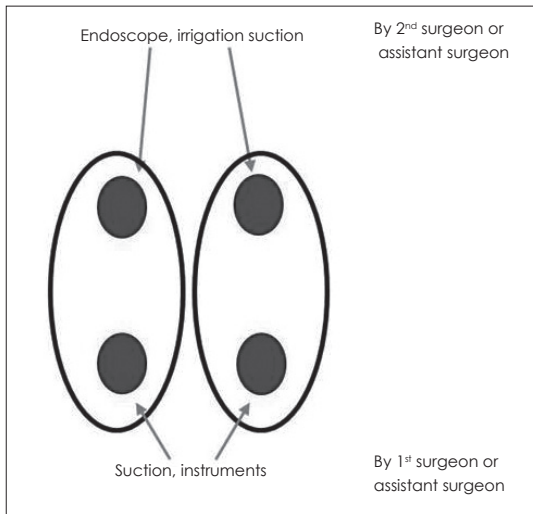
내시경 단독 수술의 범위는 전두개와의 계관에서 대후두공까지에 위치한 병변인 경우에 시행할 수 있다. 두개저에 발생하는 양성, 악성 종양을 비롯하여 각종 염증성, 감염성 질환과 외상 등 다양한 질환에 대해서 내시경 수술이 적응이 되며, 주요 혈관을 침범하거나 시신경 외측까지 병변이 확장되어 있는 병변의 경우 내시경의 접근이 어렵고 심한 출혈과 같은 응급상황에서 처치하기 어려운 경우가 생길 수 있으므로 제한된다. 하지만 내시경 단독 수술의 절대적인 금기증은 거의 없으며<sup>13)</sup> 또한 수술 경험의 축적을 통해 적응증은 지속적으로 확대될 수 있다.<sup>14)</sup> 따라서, 특정 질환 위주의 적응증보다는 전신마취를 견딜 수 있는 환자의 전신적인 상태와 내시경적 두개저 수술팀의 경험에 의해 적응증이 결정된다고 볼 수 있다.

Snyderman 등은 확장 경비강 내시경적 접근법의 난이도를 내시경하 부비동 수술에서부터 익돌관 측두하와, 경정맥공 등 해부학적 접근이 어려운 부위까지 5단계로 분류하기도 하였다.<sup>13)</sup> 따라서 뇌하수체 종양과 같이 비교적 제거가 쉬운 종양에 대해서 충분히 익숙해진 이후에 추체첨, 대후두공(foramen magnum), 경정맥공 부위의 종양을 거쳐 궁극적으로는 동정맥 기형과 같은 혈관 중

양 수술처럼 매우 위험한 수술에 이르기까지 단계적으로 경험을 쌓아나가야 한다. 어느 한 단계의 수술이 익숙해져서 편안하게 느낄 수 있을 때 다음 단계로 올라서야 심각한 합병증의 발생을 최소화할 수 있다.

**내시경적 두개저 수술에서 Four-hand technique의 개념**

Four-hand technique이란 두 명의 술자가 환자의 양쪽 비공을 이용하여 내시경과 수술 기구를 동시에 삽입하여 수술을 진행하는 방식이다.<sup>15)</sup> Four-hand technique 시에 손의 위치는 Fig. 1과 같다. 이는 양쪽 비공을 사용하기 때문에 자유로운 내시경 조작이 가능하여 최적의 수술 시야 확보가 가능하게 해줌과 동시에 양손을 이용하여 병변의 절개(dissection)를 진행함으로써 주요 혈관 손상에 의한 대량 출혈과 같은 합병증이 발생하였을 때 올바르게 처치할 수 있다. 또한, 안전하고 성공적인 수술을 위해서는 깨끗한 수술시야를 확보하는 것이 중요한데 four-hand technique은 보조 수술의가 내시경을 세척하거나 흡입기의 사용을 통해 깨끗한 수술 시야를 확보해 줌으로써 수술이 원활히 진행될 수 있게 해준다.<sup>16)</sup> 결과적으로 four-hand technique은 깨끗한 시야에서 수술적 지표(surgical landmark)들을 확인함으로써 안전한 수술이 가능하게 해줄 수 있다.



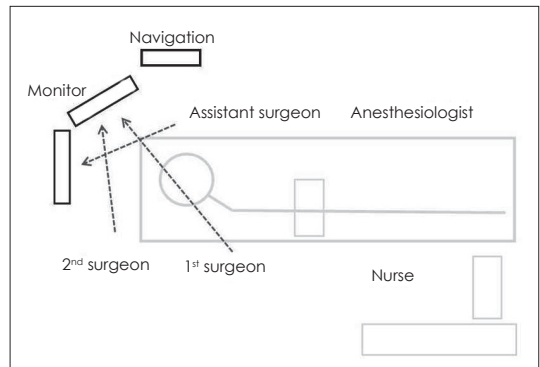
**Fig. 1.** Four-hand technique with 2 surgeons by using 2 nostrils.

**수술장에서 환자의 자세와 술자의 위치**

확장 경비강 내시경적 접근법에서 효율적인 수술이 이루어지기 위해서는 환자와 수술팀의 위치 관계가 매우 중요하며 수술팀의 선호도에 따라 정해질 수 있다. 저자 등이 시행하고 있는 방법을 소개한다면, 수술시 술자의 편안한 자세를 위해 환자를 최대한 수술 테이블 오른쪽으로 위치시킨 뒤 머리를 우측으로 10~15도 정도 돌리고 신전을 시킨 상태로 고정한다.<sup>17)</sup> 그러나 예외적으로 전두동이나 전두개저에 병변의 경우 최대한 목을 신전시키는 게 수술 시야 확보를 위해서 유리하며 경추 접근법이 필요한 경우는 최대한 목을 굴전시키는 것이 좋다. 술자의 위치는 보조 수술자는 환자의 오른쪽 머리쪽, 주요 수술자는 환자의 오른쪽 다리쪽에 위치하여 Four-hand technique이 편하게 시행될 수 있는 위치를 선정하지만 술자에 따라서는 보조 술자가 환자의 왼쪽에서 수술을 시행하는 경우도 있으므로 상의하여 편한 자세를 취하는 것이 좋다. 스크럽 간호사는 보통 환자의 오른쪽 발쪽, 마취과 의사는 환자의 왼쪽 발쪽에 위치한다. 내시경 영상과 내비게이션 영상을 볼 수 있는 모니터들은 두명의 술자가 정면을 주시하였을 때 보이는 장소에 위치시키는 것이 좋다(Fig. 2).

**병변으로의 접근 및 제거 방법**

보조 술자가 내시경을 조작하게 되는데 일반적으로 내시경은 우측 비공으로 삽입하게 되며 내시경으로 전비공을 위로 밀면서 아래쪽에 공간을 만들어주게 된다. 또한 보조 술자는 내시경 세척을 위해 세척액을 뿌리거나 주요 술자의 술기를 도와 흡입기나 기구를 조작할 수 있다.



**Fig. 2.** Setting of operating room.

이 경우 기구나 내시경사이의 부딪힘 현상으로 수술의 진행이 방해가 되지 않도록 한쪽 비공에 2개의 기구 및 내시경이 12시 방향과 6시 방향으로 위치하는 것을 원칙으로 한다. 주요 술자의 경우 병변의 위치나 술자의 선호도에 따라 다를 수 있지만 오른쪽 비공은 6시 방향에서 흡입기가, 왼쪽 비공은 종물을 절개 및 절제하기 위한 기구 등이 드러나게 된다. 수술 중 혈액 등에 의해 내시경 시야가 흐려지게 되는데 엔도스크럽(Endo-scrub<sup>®</sup>)과 같은 지속적 관류 장치는 수술 중 내시경을 빼서 닦는 등의 불필요한 시간을 없애주어 수술시간을 단축시켜 줄 수 있다.

내시경과 기구의 조작을 편하게 하기 위하여 수술전에 넓은 공간을 마련하고 시작하는 것이 필수적이다. 흔히 하비갑개를 외향골절 시켜 비강의 앞공간을 확보하고 중비갑개를 제거하거나 외향골절을 시켜 비강의 후공간을 확보할 수 있다. 또한 시야 확보를 위해 양측 상비갑개를 모두 제거를 하는 경우가 많다. 비중격이 전위되어 있는 경우 수술 시야를 방해한다면 비중격 교정술을 시행할 수 있다. 충분한 비강내 공간을 확보한 뒤에는 접형동의 자연공을 확인하여 넓힌 뒤 비중격후방의 골부를 접형부리(rostrum sphenoidale)로부터 분리시키고 비중격 후방을 2 cm 이내로 절제한다(후방 비중격 절제, posterior septectomy). 이 술식은 수술 기구를 충분한 각도를 가지고 외측으로 조작할 수 있게 해주기 때문에 대부분의 확장 경비강 내시경적 접근법에서 필요한 술식이다. 그러나 병변의 크기나 위치에 따라서 후방 비중격 절제의 정도가 달라질 수 있다. 후방 비중격 절제후에는 ronger나 드릴 등을 이용하여 접형동의 앞벽을 완전히 제거하여 접형동의 모든 구조물을 볼 수 있고 조작할 수 있게 넓게 열어주는 것이 아주 중요하다. 외측으로는 양측 접형동의 외측벽과 내익돌판(medial pterygoid plate)까지, 위로는 접형동의 천장(planum sphenoidale)까지, 아래로는 접형동 하벽에 이르기까지 충분히 열어주고 시신경과 내경동맥 등 주요 구조물을 확인한다.

접형동에 존재하는 중격은 주로 드릴을 이용해서 제거하는데 중격이 내경동맥관과 연결되어 있는 경우가 흔하므로 드릴을 사용하여 제거하기 전에 반드시 CT에서 위치를 확인하여 수술을 하는 것이 내경동맥의 손상을 줄일 수 있는 방법이다. 양쪽 접형동을 하나의 공통된 공간으로 만든 뒤에는 점막을 제거하고 해부학적 지표를 확

인한다. 내측, 외측 시신경경동맥오목(medial and lateral opticocarotid recess), 시신경관, 경동맥관, 안장, 경사대, 상,하 해면간정맥동(superior and inferior intercavernous sinus)이 중요한 구조물이다.<sup>18,19)</sup> 이러한 수술적 지표를 확인하고 보존하면서 다이아몬드 드릴을 이용하여 안장의 골부를 제거하고 경막을 노출시킨다. 경막이 노출되면 양극 전기소작기로 경막을 소작한 뒤 sickle knife로 종양의 중앙 부위로부터 5시, 8시 방향으로 절개를 가하여 종양을 노출시킨다. 절개방법은 술자마다 다르다.

경비강 확장 내시경적 접근법에서 일반적인 뇌종양 제거 방법은 피막 외 절개법이다. 이는 debulking을 시행하여 종양의 크기를 줄인 뒤 종양을 둘러싸고 있는 피막을 움직이면서 주변의 주요 구조물들을 확인하고 종양을 절개하는 방법이다.<sup>20)</sup> 다시 말해, 신경, 혈관 등의 주요 구조물들을 다치지 않게 조심하면서 박리한 뒤 남아 있는 피막을 반복적인 소작 후 완전히 제거하는 방법으로 2001년도에 Carrau 등은 피막 외 절개법이 주요 구조물을 다치지 않으면서 뇌종양을 안전하고 효과적으로 제거할 수 있다고 보고하였다.<sup>17)</sup>

종양의 debulking하는 방법은 술자마다 다양하나 두 개의 흡입기(suction tip)를 이용하는 방법이 널리 알려진 방법이다. 이는 직경이 작은 흡입기를 왼손으로 잡고 흡입기를 이용하여 조직을 가볍게 당기면서, 오른손의 큰 직경의 흡입기를 이용하여 절개 및 debulking을 시행하는 것이다. 4-6 Fr의 작은 흡입기로 부드럽게 당겼을 때 피막이 자유롭게 움직이는 정도까지가 debulking의 범위로 적당하다. 그러나, debulking이 충분하게 이루어지지 않은 경우는 피막 뒷편의 피막의 혈관이 찢어질 수 있고 이렇게 손상된 혈관은 수축하면서 안쪽으로 들어가 뇌실질 내 출혈을 유발할 수 있다. 따라서, 어떠한 경우에도 뒤쪽의 구조물을 확인하지 않은 채 종양을 제거하거나 잡아당기는 것은 피해야 한다. 한편, 종양의 성상에 따라 뇌하수체 종양과 같이 부드러운 종양은 6-8 Fr 흡입기를 이용하는 것이 적당하며, 초음파 흡인기(ultrasonic aspirator)나 절단점자(cutting forceps) 등의 기구는 단단한 성상의 종양의 경우 사용하면 종양을 비교적 쉽게 debulking할 수 있다. Debulking과 달리 피막 외 절개를 할 때는 예리한 기구를 사용하여 sharp dissection하는 것이 원칙이다.



수술 중 지혈방법은 출혈부위에 따라 다른 방법을 사용하는데 혈관에서 발생하는 출혈은 일반적으로 양극 전기소작기(bipolar electrocautery)를 이용해서 소작하는 것이 효과적이며 소작 시 주위 구조물의 온열 손상을 방지하기 위해 지속적인 관류를 시행해야 한다. 양극 전기 소작기를 사용하여 지혈할 때 중요한 것은 정확한 출혈 부위를 확인하는 것이다. 이는 작은 동맥 분지나 정맥혈 출혈의 경우 대개 주변에 중요한 신경, 혈관 구조물이 있는 경우가 많으므로 무분별한 소작기의 사용으로 중요 구조물에 온열 손상이 발생할 수 있기 때문이다. 점막이나 뼈에서 발생하는 모세혈관이나 미세한 정맥 출혈의 경우 따뜻한 생리식염수(40℃ 정도) 관류로도 지혈이 가능하다. 해면정맥동과 같이 보다 큰 정맥에서 생긴 출혈은 지혈 성분이 포함된 물질을 도포한 뒤 cottonoid gauze를 이용하여 출혈 부위를 압박하면 효과적으로 지혈할 수 있다.

### 두개저 결손의 재건 방법

두개저 내시경 수술의 초기에 활성화되지 못하였던 이유는 바로 내시경 수술에 의해서 만들어진 두개저 결손이 크고 수조(arachnoid cistern)와 바로 연결 되어 있어 뇌압이 그대로 전달되는 고압성 뇌척수액 누출이었는데 반하여 이를 재건하는 우수한 방법이 개발되지 않았던 이유가 가장 크다. 두개저 결손의 재건의 원칙은 두개내 공간과 비강을 완전히 분리시키는 것으로 뇌척수액 압력, 혈관 박동 혹은 중력에 의하여 이식물 혹은 조직이 결손 부위에서 움직이지 않아야 한다.<sup>18)</sup> 경비강 확장 내시경적 접근법 후의 두개저 결손은 골 및 경막 결손 부위가 넓으므로 재건은 보통 3층 이상의 다층재건(multilayer reconstruction) 방식으로 이루어진다. 첫 번째 층은 경막내의 내면이식(inlay graft) 혹은 외면이식(onlay graft)방법으로 재건하는데, 다양한 자가(fascia lata, temporalis fascia), 동종, 이종(acellular dermal allograft/alloderm) 또는 인공(lyophilized dura) 이식물을 사용하며, 필요 시에는 고정을 위해 변연부에 있는 경막과 봉합을 하기도 한다. 경우에 따라서는 유경 피판(pedicled flap)을 사용해서 할 수 있다.<sup>19)</sup> 한편, 이식물을 이용하는 경우 지방 조직을 재건 부위의 유지를 위해 사용할 수도 있다.<sup>21)</sup> 두 번째 층은 두개저의 강직성(rigid) 재건으로 비중격의 뼈를 이용하거

나 메드포어와 같은 인공물질을 사용한다. 마지막 층은 비강측 경계의 재건으로 가장 중요한 단계인데 이는 비강측 점막의 회복이 빠르게 이루어져야 뇌척수액루를 막을 수 있기 때문이다. 따라서 단순한 유리점막이식 보다는 혈관공급을 받는 피판이 권장된다. 또한, 두개저 결손 재건 이후 이식물이 이동하면서 발생하는 지연성 뇌척수액 유출을 예방하기 위해 gasket-seal technique을 적용할 수도 있다.<sup>22)</sup> 피판의 경우 현재까지 다양한 국소 피판이 시도되었으나 현재 접형구개동맥의 후방중격분지(posterior nasoseptal artery)의 공급을 받는 비중격 피판이 가장 추천되는 재건 방법으로 최대 25 cm<sup>2</sup> 크기의 피판 제작이 가능하다고 알려져 있다.<sup>23)</sup>

### 비중격피판의 개발 및 활용

작은 두개저의 결손은 여러 이식물을 이용한 다층 재건법으로 대부분 성공적인 재건이 가능하지만 경비강 확장 내시경적 접근법의 수술 범위가 넓어지고 결손 부위가 커질수록 안정된 혈액 공급을 통해 빠르고 완전한 상처 치유를 돕는 혈행 피판의 중요성은 더욱 커지고 있다. 특히 수막종이나 두개인두종 제거 후 지주막 수조(arachnoid cistern)가 노출되는 경우, 뇌류(encephalocele)와 동반된 두개내압 상승이 있거나 안장결절 수막종과 같은 종양 절제 후 생기는 광범위한 경막 결손의 경우 등에서는 이식물만으로는 완벽한 재건이 어렵다.

비강내에서 국소적으로 이용할 수 있는 피판에는 접형구개동맥(sphenopalatine artery)의 후중격 가지(posterior septal branch)인 후비중격동맥(posterior nasoseptal artery)을 공급 동맥으로 하는 비중격 피판(nasoseptal flap), 접형구개동맥의 비강개 분지(turbinate branch)를 공급 동맥으로 하는 하비강개 피판(inferior turbinate pedicled flap), 접형구개동맥의 분지 및 우드러프 혈관총(Woodruff plexus)을 기반으로 하는 비저 피판(nasal floor flap) 등이 있는데 이 중 비중격 피판이 가장 유용한 것으로 평가 받고 있다.<sup>23-25)</sup>

비중격 피판은 1952년에 Hirsch 등이 중격회전피판(septal rotation flap)을 처음 소개한 이후 여러 술자들에 의해 변형된 비강내 국소 피판이 사용되었는데 과거의 피판들은 모두 임의의 혈액 공급(random blood supply)에 의존했으므로 사용할 수 있는 피판의 면적이 제한되고 기

저부가 넓어 회전을 비롯한 피판의 이동이 많이 제한되었다.<sup>26-28)</sup> 현재 사용되는 비중격피판은 Hadad 등이 발표한 Hadad-Bassagasteguy flap을 기본으로 하며 회전 반경이 넓고 충분히 크면서도 유연한 피판을 만들 수 있는 장점이 있어 내시경하 두개저 재건에 적합하다.<sup>29)</sup> 재건은 전 두동에서 안장에서 이르기까지 두개저의 전장에 걸쳐서 가능하며 안장에서 C2에 이르는 경사대의 결손을 재건하는 데도 사용할 수 있다.

단, 후비중격동맥은 내시경을 이용한 일반적인 두개저 수술에서 시행하는 후방 비중격 절제(posterior septectomy)시 손상되므로 비중격피판을 사용하기 위해서는 미리 피판을 거상해 두는 것이 필요하며 익구개와(ptyergopalatine fossa)의 종양 수술이나 접형동 절제술을 넓게 시행 받았던 환자에서는 후비중격동맥이 손상되었을 가능성이 높으므로 사용할 수 없다. 이런 환자들의 경우 개방 접근법에 의한 수술에서 많이 사용되었던 두개골막피판이나 측두두정근막피판(temporoparietal fascia flap) 등이 필요할 수 있는데 최근에 이러한 유경 피판의 장점은 살리면서 최소 침습적인 방법으로 사용할 수 있는 방법들이 소개되어 유용하게 쓰일 수 있다.<sup>30-32)</sup>

### 비중격 피판의 거상 및 처치

비중격피판의 거상은 기본적으로 Kassam 등이 2008년에 발표한 내용을 따른다.<sup>23)</sup> 먼저 비중격 상부와 하부에 두 개의 평행한 절개선을 넣는다. 절개는 메스를 이용할 수도 있지만 단극 전기소작기를 이용하면 피판 절개연에서 발생하는 출혈을 효과적으로 차단하면서 피판을 거상할 수 있어 유용하다. 단, 후열의 점막 절개는 후각상피의 손상을 최소화하기 위해서 메스를 이용하는 것이 좋고 이 부위의 점막은 얇아서 메스를 이용하더라도 출혈이 많지 않아 큰 문제가 되지 않는다. 상부는 후열에서 최소 1 cm 하방에, 하부는 상악륜을 따라서 절개를 하고, 두 개의 절개선을 연결하는 수직의 절개선은 비중격 미부(caudal septal margin)에 넣는다. 비중격 미부나 상악륜의 점막을 얼마나 포함하는냐는 비중격 피판의 크기를 결정한다. 비중격 미부에 점막을 많이 남길수록 술 후 상처 치유나 환자의 삶의 질은 차이가 나게 된다. 따라서 수술적 피판의 크기를 예측하여 알맞은 크기의 피판을 드는 것이 중요하며 지나치게 큰 피판을 드는 것은 오히려

피판을 조작하는데 방해가 되기도 한다. 이후 상부 수평 절개선은 접형동 개구부를 지나 상비갑개 위치까지 연장하고, 하부 수평절개선은 비중격의 후방 자유연을 따라 올라가서 후비공에 이르면 후비공의 천장을 따라 외측으로 절개를 연장하여 상비갑개 위치에서 마친다. 비중격 미부의 절개연에서 Freer 거상기를 이용하여 연골막하 박리면을 따라 피판을 거상하고, 연골·골 접합부위에서 골막하 박리면과 연결시켜서 거상을 진행한다. 거상된 피판은 비인두나 상악동 내에 보관하여 수술 중 손상이 입지 않도록 한다.<sup>33)</sup>

수술 후 피판을 두개저 결손 부위에 위치시키고 비중격에 실리콘 부목을 고정한다. 최종적으로 재건부위의 압박을 위해 Merocel이나 12~24 Fr의 Foley 카테터와 같은 풍선 카테터에 5~10 cc의 물을 채워서 비강내 충전술을 시행한다. 풍선 카테터를 이용하는 경우 풍선을 부풀릴 때 내시경 시야에서 직접 관찰하면서 해야 이식물의 이동과 같은 부작용을 막을 수 있다. 실리콘 부목은 수술 후 3주 정도 거치하는 것이 좋으며 뇌척수액 누출을 방지하기 위해 수술 후 3~5일간 lumbar drain을 유지할 수 있으나 lumbar drain의 필요성에 대해서는 이견이 있다. 즉, lumbar drain은 과거 수술력이 있거나 수술 중 지주막 수조(arachnoid cistern)가 노출되었거나 고도 비만을 동반한 일부의 고위험 환자군에서만 필요하다는 의견도 있다. 한편, 피판 거상 후 남은 비중격은 대부분 수개월 내에 다시 점막으로 덮이면서 치유된다.

### 구조피판(Rescue flap)의 이용

두개저 결손 재건에 있어 비중격 피판이 매우 유용한 것은 사실이나 모든 두개저 수술에서 비중격 피판을 거상해 두는 것은 불필요하며 비강내 정상 구조에 손상을 입힐 뿐 아니라 수술 시간이 유의하게 늘어나는 단점이 있다. 이런 경우 구조피판이 매우 유용할 수 있다.<sup>34)</sup> 구조피판은 비중격피판의 후상방 부위, 즉 후비중격동맥이 지나가는 경로의 윗부분만 거상해서 혈관을 보호해 두는 방법이다. 즉, 단극 전기소작기를 이용하여 접형동 전벽에 접형동 개구부 높이에서 비강저와 평행한 절개선을 만든 뒤 접형부리를 지나 후열에서 1~2 cm 거리를 두고 비중격의 후방 1/3에서 1/2 지점까지 절개선을 연장한다. 이후 Freer 거상기를 이용하여 접형동 바닥이나 후비공까

지 연골막하/골막하 박리를 시행한 뒤 보존해 둔다. 종양 제거 후 뇌척수액 누출이 있으면 앞에서 소개한 방법으로 완전한 비중격피판을 거상해서 재건하고, 뇌척수액 누출이 없으면 구조피판을 원위치 시키면 된다.

### 내시경적 두개저 수술의 치료 성적

고식적인 현미경적 두개저 수술(microscopic skull base surgery)과 비교하여 내시경적 두개저 수술(endoscopic skull base surgery)은 종양 치료 성적 및 수술 후 합병증 등에서 우수하다는 많은 보고들이 있으며, 실제로 현미경적 두개저 수술로 뇌하수체 수술을 시행한 뒤 내시경으로 잔여 종양 여부를 확인한 몇몇 연구에서 약 40% 정도의 환자에서 잔여 종양이 발견되었다고 보고하였다.<sup>35,36)</sup> 반면에, 200명의 뇌하수체 미세선종과 거대선종 환자를 대상으로 한 연구에 따르면 내시경적 두개저 수술을 시행했을 때 안장내 종양의 98%, 안장상 종양의 96%에서 완전 절제가 가능하다고 보고하여 내시경적 두개저 수술의 우수성을 입증하였다.<sup>37)</sup> 오늘날, 뇌하수체 종양의 경우 내시경적 두개저 수술의 완전 절제율은 90% 이상으로 알려져 있다. 또한, 프로락틴 분비종양, 성장호르몬 분비선종, Cushing's 병 등 기능성 선종 환자에 대한 수술 후 내분비학적 결과와 관련한 보고에 따르면 현미경적 두개저 수술을 시행 받은 환자군에 비해 내시경적 두개저 수술을 시행 받은 환자군에서 보다 높은 관해율을 나타내었다고 보고되었다.<sup>38)</sup> 여러 연구마다 약간의 차이는 있으나 일반적으로, 내시경적 두개저 수술을 시행했을 때 70~90%에서 호르몬의 과분비가 교정되었다.<sup>39,40)</sup> 수술 후 시력 개선 효과와 관련해서는 내시경적 두개저 수술에서 40~70%의 완전 혹은 부분적 시력 회복률을 보여 현미경적 두개저 수술보다 우수한 결과를 보고하였으며, 몇몇 연구에서는 70~90%의 시력 개선 효과를 보고하였다.<sup>37,41,42)</sup> 게다가, 외부 접근법으로 수술한 두개인두종(cranio-pharyngiomas) 환자에서 잔존 혹은 재발한 종양을 내시경적 두개저 수술로 시행하였을 때도 안전하고 효과적으로 종양의 제거가 가능하였고,<sup>43)</sup> 심지어 extrasellar 두개인두종의 경우도 내시경적 두개저 수술로 효과적으로 종양을 제거할 수 있다.<sup>44)</sup> Liu 등은 2011년에 내시경적 두개저 수술로 시경관을 침범한 tuberculum sellae 수막종과 retro-chiasmatic에 위치한 두개인두종을 성공적

으로 절제하였음을 보고하였다.<sup>45,46)</sup> 뇌하수체 종양 수술에 있어 뇌수막염, 혈관손상, 두개내 손상, 비중격 천공, 외비 변형, 부비동염 등 주요 합병증의 발생률은 현미경적 두개저 수술과 내시경적 두개저 수술에서 큰 차이가 없는 것으로 보고되고 있으며, 요붕증과 같은 내분비 이상과 뇌척수액 유출 등의 합병증은 오히려 내시경적 두개저 수술을 시행 받은 환자들에서 더 적다는 보고가 많다.<sup>37,47,48)</sup> 또한, 입원기간 및 수술시간도 내시경적 두개저 수술을 시행 받은 환자들에서 평균 2일 및 1시간 정도 단축되었다고 보고되고 있다.<sup>41,47,48)</sup> 한편, 내시경적 두개저 수술이 소아의 경우 현미경적 두개저 수술과 비교하여 시상하부-뇌하수체 엑시스(axis) 및 안면부 구조물을 잘 보존하여 성장에 영향을 미치지 않는 장점을 지닌다는 보고도 있다.<sup>49)</sup>

그러나, 이와 같은 내시경적 두개저 수술의 우수성에 대한 많은 보고들에도 불구하고 현미경적 두개저 수술에 익숙한 술자들이 내시경적 두개저 수술로 전환하는 데는 어려움이 있다. 이는, 현미경적 두개저 수술로 좋은 성적을 내고 있는 술자들이 내시경적 두개저 수술을 새롭게 시도하면서 발생하는 피할 수 없는 숙련기간 중에 수술 결과가 나빠지거나 합병증이 증가할 수 있다는 우려가 대표적이다. 한편, 이와 관련하여 2004년도에 Sonnenburg 등은 총 45 증례를 시간 별 3그룹으로 나누어 내시경적 두개저 수술을 새롭게 시작하는 술자들의 합병증 발생률을 조사하였는데 이비인후과 의사와 신경외과 의사가 서로 협력하여 경험을 나누는 술자들의 경우 숙련기간에 따른 합병증의 차이가 없다고 보고하였다.<sup>50)</sup> 최근에는, 새롭게 내시경적 두개저 수술을 시작하는 젊은 의사들의 숙련기간을 단축시키기 위하여 retro-infundibular 종양의 trans-sphenoidal trans-tubercular 접근을 위한 reproducible polymer tumor 모델이 제시되기도 하였다.<sup>51)</sup>

## 결 론

1980년부터 본격적으로 발달되기 시작한 비내시경 수술은 그 영역을 나날이 확장하여 오늘날에는 두개저 수술에도 활발히 활용되고 있다. 최근 연구 결과를 살펴보면, 내시경적 두개저 수술이 기존의 수술방법과 비교하여 비침습적이기 때문에 비강의 기능유지 및 미용적 측면에서 우월할 뿐만 아니라 기존의 수술방법과 동일한 치료성적

및 뇌척수액 유출, 뇌수막염, 주요 신경 혹은 혈관 손상 등 다양한 합병증에 있어 비슷한 발생률을 나타내는 것으로 보고되고 있다.

그러나, 성공적인 내시경적 두개저 수술을 위해서는 우선, 이비인후과-신경외과 의료팀간의 긴밀한 협력관계가 필수적이다. 이비인후과 의사는 수술시야 확보와 두개저 결손 부위의 재건 및 수술 후 처치에 있어서 장점을 지니며, 신경외과 의사는 두개내 병변 제거에 장점을 지닌다. 따라서, 두 술자 간의 유기적인 협력은 병변의 제거 뿐만 아니라, 대량 출혈 같은 합병증 발생시 이를 대처하는 과정에서 매우 중요하다. 둘째로, 내시경적 두개저 수술을 시행하는 술자들은 내시경적 두개저 수술 외에도 개방 접근법을 이용한 두개저 수술에 대해서도 충분히 숙지하고 있어야 한다. 마지막으로, 술자들은 내시경하 해부학적 구조물 및 내시경하 수술술기에 대하여 익숙해져야 한다. 요컨대, 뇌하수체 종양과 같이 비교적 제거가 쉬운 종양에 대해서 충분히 익숙해진 이후에 추체첨, 대후두공(foramen magnum), 경정맥공 부위의 종양을 거쳐 궁극적으로는 동정맥 기형과 같은 혈관 종양 수술처럼 난이도가 높은 수술에 이르기까지 단계적으로 경험을 쌓아 나가는 것이 중요하다. 이는 특정 단계의 수술이 익숙해져서 편안하게 느낄 수 있을 때 다음 단계로 올라서야 심각한 합병증의 발생을 최소화할 수 있기 때문에 매우 중요하다.

앞으로 새로운 내시경 기술 도입, 로봇 수술의 도입, 수술 중 영상장치의 발전 그리고 다양한 생체재료의 등장 등 여러 복합적인 이유로 인하여 비내시경 수술의 범위는 더욱 확대될 것이다. 그러므로 이비인후과 의사와 신경외과 의사간의 긴밀한 협업 하에 이루어지는 내시경적 두개저 수술이 더욱 중요해질 것으로 생각된다.

중심 단어 : 두개저 · 내시경 · 재건 수술 · 수술 피판.

REFERENCES

- 1) Messerklinger W. [The normal secretion ways in the human nose]. *Arch Klin Exp Ohren Nasen Kehlkopfheilkd* 1969;195(2):138-51.
- 2) Stammberger H. [Personal endoscopic operative technic for the lateral nasal wall--an endoscopic surgery concept in the treatment of inflammatory diseases of the paranasal sinuses]. *Laryngol Rhinol Otol (Stuttg)* 1985;64(11):559-66.
- 3) Kennedy DW. *Functional endoscopic sinus surgery. Tech-*

- nique. Arch Otolaryngol* 1985;111(10):643-9.
- 4) Kennedy DW, Zinreich SJ, Rosenbaum AE, Johns ME. *Functional endoscopic sinus surgery. Theory and diagnostic evaluation. Arch Otolaryngol* 1985;111(9):576-82.
- 5) Lund V, Howard DJ, Wei WI. *Endoscopic resection of malignant tumors of the nose and sinuses. Am J Rhinol* 2007;21(1):89-94.
- 6) Kassam AB, Gardner PA, Snyderman CH, Carrau RL, Mintz AH, Prevedello DM. *Expanded endonasal approach, a fully endoscopic transnasal approach for the resection of mid-line suprasellar craniopharyngiomas: a new classification based on the infundibulum. J Neurosurg* 2008;108(4):715-28.
- 7) Kassam AB, Thomas AJ, Zimmer LA, Snyderman CH, Carrau RL, Mintz A, et al. *Expanded endonasal approach: a fully endoscopic completely transnasal resection of a skull base arteriovenous malformation. Childs Nerv Syst* 2007;23(5):491-8.
- 8) Kassam A, Snyderman CH, Mintz A, Gardner P, Carrau RL. *Expanded endonasal approach: the rostrocaudal axis. Part II. Posterior clinoids to the foramen magnum. Neurosurg Focus* 2005;19(1):E4.
- 9) Kassam A, Snyderman CH, Mintz A, Gardner P, Carrau RL. *Expanded endonasal approach: the rostrocaudal axis. Part I. Crista galli to the sella turcica. Neurosurg Focus* 2005;19(1):E3.
- 10) Jankowski R, Auque J, Simon C, Marchal JC, Hepner H, Wayoff M. *Endoscopic pituitary tumor surgery. Laryngoscope* 1992;102(2):198-202.
- 11) Carrau RL, Curtin HD, Snyderman CH, Bumpous J, Stechison M. *Practical applications of image-guided navigation during anterior craniofacial resection. Skull Base Surg* 1995;5(1):51-5.
- 12) Carrau RL, Snyderman CH, Curtin HD, Janecka IP, Stechison M, Weissman JL. *Computer-assisted intraoperative navigation during skull base surgery. Am J Otolaryngol* 1996;17(2):95-101.
- 13) Snyderman CH, Pant H, Carrau RL, Prevedello D, Gardner P, Kassam AB. *What are the limits of endoscopic sinus surgery?: the expanded endonasal approach to the skull base. Keio J Med* 2009;58(3):152-60.
- 14) Solares CA, Ong YK, Snyderman CH. *Transnasal endoscopic skull base surgery: what are the limits? Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2010;18(1):1-7.
- 15) Snyderman C, Kassam A, Carrau R, Mintz A, Gardner P, Prevedello DM. *Acquisition of surgical skills for endonasal skull base surgery: a training program. Laryngoscope* 2007;117(4):699-705.
- 16) Snyderman CH, Carrau RL, Kassam AB, Zanation A, Prevedello D, Gardner P, et al. *Endoscopic skull base surgery: principles of endonasal oncological surgery. J Surg Oncol* 2008;97(8):658-64.
- 17) Carrau RL, Kassam AB, Snyderman CH. *Pituitary surgery. Otolaryngol Clin North Am* 2001;34(6):1143-55, ix.
- 18) Cavallo LM, Dal Fabbro M, Jalalod'din H, Messina A, Esposito I, Esposito F, et al. *Endoscopic endonasal transsphe-*



- noidal surgery. *Before scrubbing in: tips and tricks. Surgical neurology* 2007;67(4):342-7.
- 19) Carrau RL, Jho HD, Ko Y. *Transnasal-transsphenoidal endoscopic surgery of the pituitary gland. Laryngoscope* 1996; 106(7):914-8.
  - 20) Snyderman CH, Kassam AB. *Endoscopic techniques for pathology of the anterior cranial fossa and ventral skull base. J Am Coll Surg* 2006;202(3):563.
  - 21) Snyderman CH, Kassam AB, Carrau R, Mintz A. *Endoscopic Reconstruction of cranial base defects following endonasal skull base surgery. Skull Base* 2007;17(1):73-8.
  - 22) Kassam A, Carrau RL, Snyderman CH, Gardner P, Mintz A. *Evolution of reconstructive techniques following endoscopic expanded endonasal approaches. Neurosurg Focus* 2005;19(1):E8.
  - 23) Kassam AB, Thomas A, Carrau RL, Snyderman CH, Vescan A, Prevedello D, et al. *Endoscopic reconstruction of the cranial base using a pedicled nasoseptal flap. Neurosurgery* 2008;63(1 Suppl 1):ONS44-52; discussion ONS52-43.
  - 24) Harvey RJ, Sheahan PO, Schlosser RJ. *Inferior turbinate pedicle flap for endoscopic skull base defect repair. Am J Rhinol Allergy* 2009;23(5):522-6.
  - 25) Harvey RJ, Smith JE, Wise SK, Patel SJ, Frankel BM, Schlosser RJ. *Intracranial complications before and after endoscopic skull base reconstruction. Am J Rhinol* 2008;22(5):516-21.
  - 26) Hirsch O. *Successful closure of cerebrospinal fluid rhinorrhea by endonasal surgery. AMA Arch Otolaryngol* 1952; 56(1):1-12.
  - 27) McCabe BF. *The osteo-mucoperiosteal flap in repair of cerebrospinal fluid rhinorrhea. Laryngoscope* 1976;86(4):537-39.
  - 28) Yessenow RS, McCabe BF. *The osteo-mucoperiosteal flap in repair of cerebrospinal fluid rhinorrhea: a 20-year experience. Otolaryngol Head Neck Surg* 1989;101(5):555-8.
  - 29) Hadad G, Bassagasteguy L, Carrau RL, Mataza JC, Kassam A, Snyderman CH, et al. *A novel reconstructive technique after endoscopic expanded endonasal approaches: vascular pedicle nasoseptal flap. Laryngoscope* 2006;116(10):1882-6.
  - 30) Zanation AM, Snyderman CH, Carrau RL, Kassam AB, Gardner PA, Prevedello DM. *Minimally invasive endoscopic pericranial flap: a new method for endonasal skull base reconstruction. Laryngoscope* 2009;119(1):13-8.
  - 31) Fortes FS, Carrau RL, Snyderman CH, Kassam A, Prevedello D, Vescan A, et al. *Transpterygoid transposition of a temporoparietal fascia flap: a new method for skull base reconstruction after endoscopic expanded endonasal approaches. Laryngoscope* 2007;117(6):970-6.
  - 32) Patel MR, Stadler ME, Snyderman CH, Carrau RL, Kassam AB, Germanwala AV, et al. *How to choose? Endoscopic skull base reconstructive options and limitations. Skull Base* 2010;20(6):397-404.
  - 33) Kassam A, Horowitz M, Carrau R, Snyderman C, Welch W, Hirsch B, et al. *Use of tisseel fibrin sealant in neurosurgical procedures: incidence of cerebrospinal fluid leaks and cost-benefit analysis in a retrospective study. Neurosurgery* 2003;52(5):1102-5.
  - 34) Rivera-Serrano CM, Snyderman CH, Gardner P, Prevedello D, Wheless S, Kassam AB, et al. *Nasoseptal "rescue" flap: a novel modification of the nasoseptal flap technique for pituitary surgery. Laryngoscope* 2011;121(10):990-3.
  - 35) Helal MZ. *Combined micro-endoscopic trans-sphenoid excisions of pituitary macroadenomas. Eur Arch Otorhinolaryngol* 1995;252(3):186-9.
  - 36) Jarrahy R, Berci G, Shahinian HK. *Assessment of the efficacy of endoscopy in pituitary adenoma resection. Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2000;126(12):1487-90.
  - 37) Dehdashti AR, Ganna A, Karabatsou K, Gentili F. *Pure endoscopic endonasal approach for pituitary adenomas: early surgical results in 200 patients and comparison with previous microsurgical series. Neurosurgery* 2008;62(5):1006-15.
  - 38) D'Haens J, Van Rompaey K, Stadnik T, Haentjens P, Poppe K, Velkeniers B. *Fully endoscopic transsphenoidal surgery for functioning pituitary adenomas: a retrospective comparison with traditional transsphenoidal microsurgery in the same institution. Surg Neurol* 2009;72(4):336-40.
  - 39) Kabil MS, Eby JB, Shahinian HK. *Fully endoscopic endonasal vs. transseptal transsphenoidal pituitary surgery. Minim Invasive Neurosurg* 2005;48(6):348-54.
  - 40) Tabae A, Anand VK, Barron Y, Hiltzik DH, Brown SM, Kacker A, et al. *Predictors of short-term outcomes following endoscopic pituitary surgery. Clin Neurol Neurosurg* 2009;111(2):119-22.
  - 41) Zhang Y, Wang Z, Liu Y, Zong X, Song M, Pei A, et al. *Endoscopic transsphenoidal treatment of pituitary adenomas. Neurol Res* 2008;30(6):581-6.
  - 42) Mortini P, Losa M, Barzaghi R, Boari N, Giovanelli M. *Results of transsphenoidal surgery in a large series of patients with pituitary adenoma. Neurosurgery* 2005;56(6):1222-33.
  - 43) Cavallo LM, Prevedello DM, Solari D, Gardner PA, Esposito F, Snyderman CH, et al. *Extended endoscopic endonasal transsphenoidal approach for residual or recurrent craniopharyngiomas. J Neurosurg* 2009;111(3):578-89.
  - 44) de Divitiis E, Cappabianca P, Cavallo LM, Esposito F, de Divitiis O, Messina A. *Extended endoscopic transsphenoidal approach for extrasellar craniopharyngiomas. Neurosurgery* 2007;61(5 Suppl 2):219-27.
  - 45) Liu JK, Christiano LD, Patel SK, Tubbs RS, Eloy JA. *Surgical nuances for removal of tuberculoma sellae meningiomas with optic canal involvement using the endoscopic endonasal extended transsphenoidal transplanum transtuberulum approach. Neurosurg Focus* 2011;30(5):E2.
  - 46) Liu JK, Christiano LD, Patel SK, Eloy JA. *Surgical nuances for removal of retrochiasmatic craniopharyngioma via the endoscopic endonasal extended transsphenoidal transplanum transtuberulum approach. Neurosurg Focus* 2011; 30(4):E14.
  - 47) O'Malley BW Jr, Grady MS, Gabel BC, Cohen MA, Heuer GG, Pisapia J, et al. *Comparison of endoscopic and mi-*

- endoscopic removal of pituitary adenomas: single-surgeon experience and the learning curve. Neurosurg Focus 2008; 25(6):E10.*
- 48) 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 2008;22(6):649-52.*
- 49) Rigante M, Massimi L, Parrilla C, Galli J, Caldarelli M, Di Rocco C, et al. *Endoscopic transsphenoidal approach versus microscopic approach in children. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology 2011;75(9):1132-6.*
- 50) Sonnenburg RE, White D, Ewend MG, Senior B. *The learning curve in minimally invasive pituitary surgery. Am J Rhinol 2004;1(4)8:259-63.*
- 51) Berhouma M, Baidya NB, Ismail AA, Zhang J, Ammirati M. *Shortening the learning curve in endoscopic endonasal skull base surgery: a reproducible polymer tumor model for the trans-sphenoidal trans-tubercular approach to retro-infundibular tumors. Clin Neurol Neurosurg 2013. Pii: S0303-8467(13)00066-8.*