

Endoscopic Frontal Sinus Surgery

Kyung Rae Kim and Seok Young Kang

Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, College of Medicine, Hanyang University, Seoul, Korea

비내시경 전두동 수술

김 경 래 · 강 석 영

한양대학교 의과대학 이비인후-두경부외과학교실

Received March 25, 2014

Accepted June 7, 2014

Address for correspondence

Kyung Rae Kim, PhD
Department of Otorhinolaryngology-
Head and Neck Surgery,
College of Medicine,
Hanyang University,
222-1 Wangsimni-ro, Seongdong-gu,
Seoul 133-792, Korea
Tel +82-2-2290-8591
Fax +82-2-2293-3335
E-mail krkim@hanyang.ac.kr

Surgery on the frontal sinus or frontal recess remains a challenge for rhinologist because of its variability and complex anatomy. Its location, relatively complex and narrow frontal recess also make visualization difficult and predispose it to stenosis. Significantly, serious complications are possible due to the anterior ethmoidal artery, orbit and anterior cranial fossa. An understanding of frontal sinus and frontal recess anatomy is essential to perform endoscopic frontal sinus surgery. This paper examines frontal sinus anatomy and then variable procedures of endoscopic frontal sinus surgery. The selection of less invasive procedure as possible after assessment of the patient's history, diagnostic endoscopy, and the CT scan makes successful endoscopic treatment of frontal sinus diseases. Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2014;57(10):657-63

Key Words Endoscopic sinus surgery · Frontal recess · Frontal sinus.

서 론

전두동 수술은 Lettre가 1704년 전두동 천공(trephination)을 기술한 이후 19세기 말부터 전두동에 대한 다양한 수술법이 고안되었는데, 전두동 천공술은 예전에는 급성 전두동염의 배농에,¹⁾ 최근에는 비내시경만으로는 도달할 수 없거나 해결할 수 없는 전두동내 병변제거에 드물게 시행되고 있다. 전두동의 전벽과 하벽을 제거하는 Riedel 술식(1889)과 Killian 술식(1903)은 심한 기형과 혼한 재발을 유발하고, 비의 사골동 절제술을 실시한 후 전두동의 하벽과 전두동 점막을 제거하는 Lynch 술식(1921)은 비전두관의 유지가 어렵고 점액종이 흔히 생겨 요즘은 사용되지 않고 있다. 비중격 상부, 전두동 하벽의 내측, 전두동 중격을 제거하는 Lothrop 술식(1914)은 비내시경 수술이 발달함에 따라 아주 심한 환자에서 변형된 술식으로 지금도 사용되고 있다. 피부절개로 전두동을 개방하여 병변이 있는 전두동 점막을 제거한 후 전두동이 비강내로 통하지 않게 자연공을 막고 전두동을 지방으로 폐쇄하는 골성형 피판 전두동 폐쇄술(osteoplastic flap with obliteration, 1894)은 병변

에 따라 지금도 드물게 시행되고 있다.²⁾ 1990년대 이후 다양한 각도의 비내시경과 curette, giraffe forceps, 회전식 흡입기 등 전두동 수술을 위한 기구들이 개발되어 수술시야 확보가 용이해지고 합병증을 줄일 수 있게 되면서,³⁾ 내시경을 통한 다양한 방법의 전두동 수술이 고안되었다. 내시경을 사용하는 전두동 수술에는 비내시경 전두동 개방술,⁴⁾ 변형 Lothrop 수술,⁵⁻⁸⁾ 내시경 경비중격 전두동 개방술,⁹⁾ 전두동 rescue procedure,¹⁰⁾ 전두동 balloon sinuplasty,¹¹⁾ 비내와 비외 combined approach¹²⁾ 등이 있다. 이러한 다양한 수술법과 기구가 개발되고 있음에도 불구하고, 내시경 전두동 수술은 복잡한 해부학적 구조와 좁은 전두와(frontal recess) 때문에 지금까지도 다른 내시경 부비동 수술들과 비교할 때 가장 어려운 수술로 여겨진다. 더욱이 주변에 안와, 전두개와, 전사골동맥 등과 가까워 심각한 합병증을 일으킬 수 있고, 수술 후에도 좁은 구조로 인해 협착이 잘 생길 수 있다.¹³⁾ 따라서 저자는 비내시경 전두동 수술을 위한 유용한 해부학적 구조와 내시경 수술법들에 대해 살펴보고자 한다.

전두동과 전두와의 해부학적 구조

비내시경으로 전두동에 접근하기 위해서는 전두와를 거쳐야 하는데, 그 해부학적 다양성과 봉소들의 복잡한 구조 때문에 수술을 시행하는 것이 매우 까다롭다. 따라서 전두동과 전두와에 대한 해부학적 구조를 정확하게 인지할 필요가 있다.

전두동은 전두와 전체가 전두골 방향으로 확장되어 생성되거나, 중비도의 사골누두(ethmoid infundibulum)가 상부로 확장되어 생성되거나, 사골포(ethmoid bulla)로부터 함기화됨으로서 생성된다.^{14,15)} 전두동의 하벽은 안와상벽과 사골와(fovea ethmoidalis), 일부는 전사골동 상부에 위치하고, 최전방부는 비근의 직상부로서 견고하고 두터운 뼈로 되어 있어 비전두 부리(nasofrontal beak)에 해당한다. 전두동 중격은 정중앙에 위치하지 않을 수도 있고 불완전할 수도 있으나 전두동 수술 도중에 이것이 발견되면 전두동으로 확신할 수 있다.

두개골을 시상면으로 절단하여 전두동에서 사골동으로 이행되는 부위를 보면, 전두동의 저부 내측으로 끝이 좁아지면서 개구를 향해 깔때기 모양을 하고 있다. 개구의 아래쪽으로는 또 다른 깔때기 모양의 공간이 존재한다. 따라서 전두동에서 전사골동의 이행 부위는 모래시계 모양의 구조를 이루며, 가장 좁은 부위는 전두동 개구부에 해당하며 그 아래 부위를 전두와라고 지칭한다. 비전두관(nasofrontal duct)은 전사골동과 전두동을 연결하는 부위가 뼈로 둘러싸인 관형태로 이루어진 드문 경우를 말한다.

전두와의 내측경계는 거의 중비갑개의 가장 앞쪽 부위의 외측면이 되지만, 구상돌기가 내측으로 굽어있는 경우에는 구상돌기가 내측벽이 될 수 있다. 외측벽은 주로 지판(lamina papyracea)에 의해 형성되며, 만약 구상돌기에 의한 말단와(terminal recess)가 있는 경우, 구상돌기가 외벽의 일부가 된다. 전두동 개구부는 대부분의 경우에 전두와의 가장 전상부에서 찾을 수 있다. 전벽은 비제봉소(agger nasi)로 이루어지며 전두동 자연공의 직하부에 위치하게 된다. 후벽은 사골포의 기판이 연속적으로 상승되어 사골상벽으로 향하는 경우 사골포의 전벽으로 이루어진다.^{16,17)} 즉 전두와의 모양은 비제봉소, 사골포, 구상돌기의 모양 및 함기화 정도에 따라서 아주 다양하게 이루어진다. 이외에도 전두와내에는 여러 전사골봉소들이 다양하게 발달되어 전두와의 구조를 더욱 복잡하게 만들며, 때에 따라서는 전두동으로의 통로를 방해하게 되는데, 이들 봉소들을 전두와봉소(frontal recess cells)라 한다. 이들에는 비제봉소, 전두봉소(frontal cell), 상안와 사골봉소(supraorbital ethmoid cell), 전두포(frontal bulla), 상사골포봉소(suprabulla cell), interfrontal sinus septal cell 등이 있다(Table 1, Fig. 1).

Table 1. Kuhn Classification of frontal recess and frontal sinus cells

Agger nasi cell

Supraorbital ethmoid cells

Frontal cells

Type 1 Single frontal recess cell above agger nasi cell

Type 2 Tier of cells in frontal recess above agger nasi cell

Type 3 Single large cell pneumatizing cephalad into frontal sinus

Type 4 Isolated cell in the frontal sinus

Frontal bulla cells

Suprabulla cells

Interfrontal sinus septal cell

Adapted from Kuhn FA. Oper Tech Otolaryngol Head Neck Surg 1996;7(3):222-9¹⁹⁾

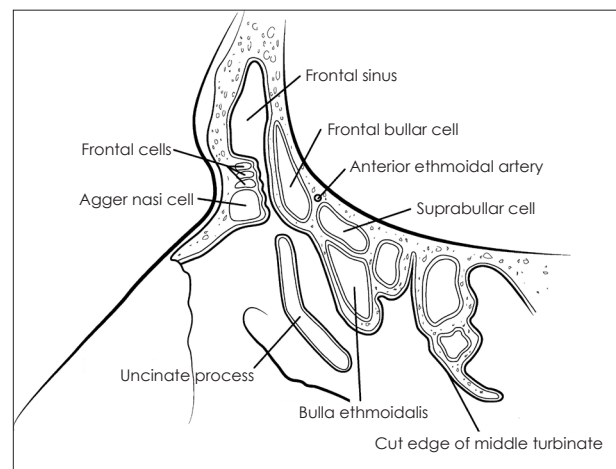


Fig. 1. Schematic drawing showing an agger nasi cell, frontal cells, supraorbital cell, and frontal bulla cell, which are well demonstrated on a sagittal section.

비제봉소는 가장 전방부에 위치한 전사골봉소로서 CT촬영에 의한 연구에 따르면 관상면과 시상면에서 잘 관찰되며 거의 100%에서 발견된다.¹⁸⁾ 수술 중 내시경으로 관찰하면 중비갑개의 가장자리에서부터 비강 외측벽으로의 융기부분에 해당한다. 크기나 위치에 따라서 후방의 전두와를 가로막아 전두동의 배출에 영향을 미치기도 한다. 이러한 비제봉소를 제거하는 것이 전두봉소들로 접근하기 위한 첫 단계이기도 하며 비내시경 수술시 전두동 개구부를 찾기 위해서는 반드시 제거되어야 하는 봉소이다.

전두봉소는 전두와나 전두동내로 함기화하는 봉소를 말하며 이들 봉소의 상벽을 제거해야 전두동 개구부로 접근할 수 있다. Kuhn¹⁹⁾은 전두봉소를 4가지로 구분했는데 1형은 비제봉소 상부의 전두와 내에 한 개의 봉소가 있을 때, 2형은 비제봉소 상부의 전두와 내에 2개 이상의 일련의 봉소들이 있을 때, 3형은 전두동까지 침범하여 크게 함기화된 하나의 큰 봉소가 있을 때이며, 4형은 아주 드물게 전두동 내에 독립적으로

존재하여 비내시경만으로 제거하기 힘든 경우이다. 이들은 CT에서도 확인할 수 있으며 수술시 3형이 크게 발달한 경우는 상부 끝이 기구가 닿지 않을 수 있으며, 4형의 경우는 꼭 제거해야 한다면 전두동 천공술 등의 다른 술식이 필요할 수 있다. Wormald²⁰⁾는 4형이 아주 드물고 임상적인 중요성이 떨어진다고 하여 3형 전두봉소 중 CT scan에서 전두동 높이의 50%에 못 미치는 전두봉소는 3형, 전두동 높이의 50%를 초과하는 전두봉소는 4형으로 분류하기도 하였다.

상안와 사골봉소는 주로 전사골동에서 발생하여 사골동 상벽과 지판사이로 확장된다. 전두동의 개구부는 상안와 사골봉소의 전방과 내측방에 존재한다. 전사골 동맥의 전방과 사골동 상벽의 전방과 측방을 따라서 개구하고 안와의 상방에 위치하여 자주 전두동 개구부로 오인되므로 주의하여야 한다.²¹⁾ CT에서는 관상면과 시상면에서 관찰할 수 있다.

전두포는 전두동의 후벽을 따라 전두골 내로 발달되며, 전벽은 전두동의 후벽으로 이루어지고 일부에서는 전두포와 전두동을 가늠하기가 어려운 경우도 있다. 이는 시상면 CT에서 잘 관찰된다.

말단와는 구상돌기의 최상부위가 외측방으로 구부러져 지판에 붙게 되면 사골누두는 말단와라고 불리는 맹낭부로 상방이 막힌다.¹⁷⁾ 아주 높이까지 올라가 있으면 초보자의 경우 비제봉소나 심지어는 전두동으로 혼동될 수 있으며 이를 제거해야 전두와를 확인할 수 있다.

내시경 전두동 개방술 (Endoscopic Frontal Sinusotomy)

비내시경 수술의 기본 원칙이기도 하지만, 전두와는 매우 좁은 부위인 관계로 수술 후 유착 등의 부작용을 방지하기 위해서는 전두와 주위의 점막을 최대한 보존하여야 한다. 여러 가지 기구를 적절히 사용하여 점막에 최소한의 상처를 주면서

폐쇄된 부위를 넓히는 것이 중요하다.²⁾ 또한 전두와내에서 행해지는 병변의 제거나 봉소의 박리방향이 중요하다. 전두동 배액을 넓히기 위해서는 전두와를 좁히고 있는 앞서 기술한 여러 다양한 봉소들을 제거해야 하는데, 이는 후방에서 전방으로, 그리고 내측에서 외측으로 진행되어야 한다. 이는 수술 중 발생할 수 있는 뇌척수액 비루나 두개저 손상을 예방하기 위하여, 위험부위에서 안전을 확인한 후 안전한 방향으로 수술을 진행하기 위함이다. 전두와 주변에는 각 환자마다 다양한 해부학적 배치가 존재하므로 각각의 경우에 따른 술식이 필요하다. 그러므로 술 전에 CT 소견을 숙지하는 것이 중요하다. 구상돌기의 상부 부착이 어떤 형태인지, 전두와 주위 봉소의 존재 여부, 전두동의 발달 정도, 비제봉소의 크기와 위치 등을 파악하여야 한다. 초보자의 경우 상안와 사골봉소나 전두봉소가 크게 발달되어 있는 경우에 전두동으로 오인하여 자연공을 찾지 못하는 경우도 발생할 수 있으니 주의를 요한다. 전두와 주변에 여러개의 개구부가 있을 경우에 가장 전내측에 있는 개구부가 전두동으로 연결되는 통로일 가능성이 높다. 이런 경우 내시경에 보이는 소견과 CT를 면밀히 비교하여 해부구조를 확인하는 것이 중요하다.¹⁹⁾

해부구조의 다양성과 다른 부비동의 병변정도에 따라 수술 방법이 다르기 때문에 수술방법을 한 가지로 확정하여 기술할 수는 없지만 수술방법은 다음과 같다.^{13,22)} 수술은 먼저 전두와로의 시야를 확보하기 위해 구상돌기의 상측부는 완전히 제거해야 하며 말단와가 형성되어 있는 경우는 더욱더 제거에 신경써야 한다(Fig. 2). 그 다음 사골포와 전사골동 봉소들을 제거한 후 지판을 노출시킨다. 전사골동의 상벽을 안전하게 확인이 필요한 경우 후사골동과 접형동을 개방하여 두개저를 확인하기도 하며, 병변이 파급되어 있는 경우도 후사골동 봉소를 제거한다. 비제봉소는 전방에서 후방으로 함기화되면서 전두와를 좁힐 수 있고 내시경 수술 후에도 지속적 전두동 배액장애의 주원인이 되기 때문에 이의 완전한 제거를 위한 세

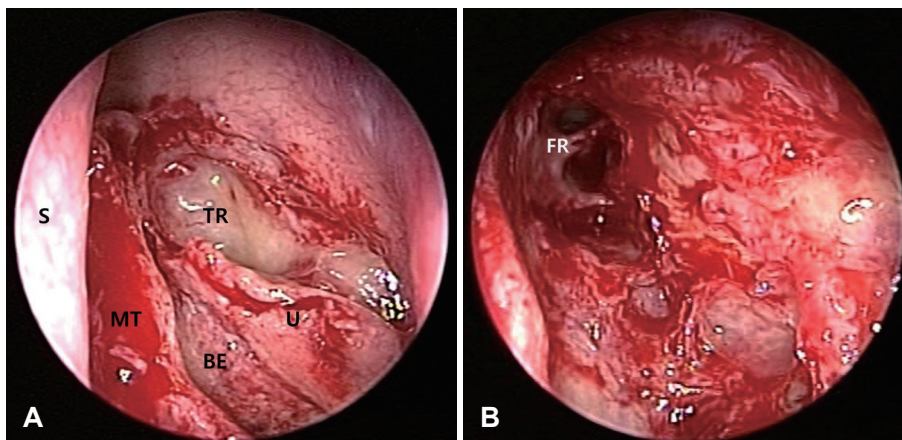


Fig. 2. Intraoperative endoscopic findings. Frontal recess was blocked by large terminal recess (A). After removal of the roof of terminal recess, frontal recess was observed (B). TR: terminal recess, U: uncinate process, BE: bullae ethmoidalis, MT: middle turbinate, S: septum, FR: frontal recess.

심한 주의가 필요하다. 전두와 주위를 CT와 연계하여 자세히 관찰하고 전두동 소식자(frontal seeker) 또는 굴곡형 curette 등을 이용하여 만져보아 전두동의 개구부를 확인한다. 대개 개구부는 비제봉소에 의해 후방으로 전이되어 있으며 비제봉소와 두개저 사이에 작은 틈을 찾아야 한다. 비제봉소의 제거를 위해서는 굴곡형 curette을 봉소와 두개저 사이의 틈으로 봉소의 후방과 상방으로 조심스럽게 삽입한 후 전하방, 그리고 외측으로 골절시켜 후벽과 지붕, 그리고 내측벽을 제거할 수 있다(Fig. 3). 이때 curette, 기린모양의 겸자 또는 회전식 흡입기 등을 적절히 이용하여 점막을 최대한으로 보존하여야 한다. 점막을 직접 잡아당기면 점막이 벗겨질 수 있기 때문에 되도록 기린모양 겸자로 점막 속에 숨어있는 얇은 뼈를 제거한 후에 남아있는 점막조직은 회전식 흡입기나 cutting forceps를 이용하여 제거한다. 비제봉소 뿐 아니라 다른 전두와봉소를 제거할 때도 이러한 방법으로 하나하나 조심스럽게 제거하는 것이 좋다. 상안와 사골봉소가 있으면 전두동과 경계되는 뼈를 가능한 한 높은 데까지 제거하여 둘 사이의 벽을 낮추도록

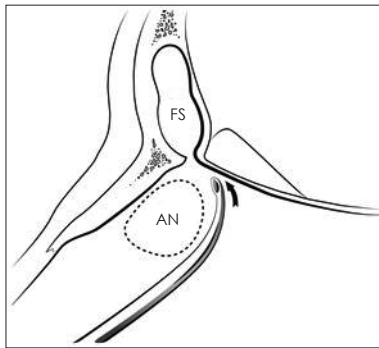


Fig. 3. Schematic drawing of the removal of agger nasi cell dome with the curved curette, in order to expose the ostium of the frontal sinus. Angled curette was put toward the posterosuperior side of the agger nasi. Then, it was removed while pulling to anteroinferior direction. AN: agger nasi, FS: frontal sinus.

한다(Fig. 4). 이런 일련의 과정에서 전두와의 전방 점막은 온전히 보존하기 힘들기 때문에 전두와 후벽의 점막은 필히 보존되어야 술 후 올 수 있는 협착을 예방할 수 있다.¹⁶⁾

수술 중 전두동 개구부가 잘 열렸는지의 여부를 확인하는 것은 그리 쉽지만은 않다. 열려있다고 생각되는 전두동의 가장 높은 천정 부분이 전두동 수술에 쓰이는 소식자나 curette 등에 닿지 않아야 한다. 닿는다면 전두동이 아닐 가능성이 아주 높다. 또한 전두와 부근에 내시경을 넣어 이마 위에 비치는 불빛의 위치 및 밝기 정도를 관찰하는 철조법도 도움이 된다. 가장 확실한 것은 방사선 촬영이겠지만 수술 중 전두동 후벽을 이루는 convex wall 또는 전두동 중격을 관찰했다면 믿을 만하다.²²⁾

Draf²³⁾는 내시경 전두동 개방술을 전두동 개구부 하방을 폐쇄하고 있는 병변만을 제거하는 I형, 전두동 개구부를 확장시키는 II형(전두동으로 돌출된 전두와봉소를 제거하고, 안와와 중비갑개 사이의 공간을 열어주는 IIA형, 한쪽 비강의 안와와 비중격 사이의 전두동 바닥을 절제하는 IIB형으로 구분), 비중격 상부와 양측 전두동 하부와 전두동 중격의 하부를 제거하여 전두동 배농을 양측 비강으로 확장시키는 III형으로 분류하였다. 이후 May와 Schaitkin²⁴⁾도 거의 같은 분류를 기술하였다. 대부분의 전두동 수술은 Draf의 IIA형으로 충분하다. Draf III 술식은 내시경 변형 Lothrop 수술(endoscopic modified Lothrop procedure)로서 비강 및 외비 접근으로 양측에 커다란 전두동 개구부를 만들어 비강으로 통하게 하는 술식인 Lothrop 수술을 내시경으로 시행하는 것이라 하겠다. 수술은 중비갑개 전방부의 부분적 절제, 비중격 상부 제거, 전두동 하벽과 전두동 중격의 하부가 제거된다(Fig. 5). 다시 말하면 양측에 IIB형을 시행하고 비중격의 상부와 전두동 중격의 하부를 제거하여 양측이 관통되게 하는 술식이다. 이 술식은 내시경 전두동 개방술에 효과가 없는 재발하는 만성 부비

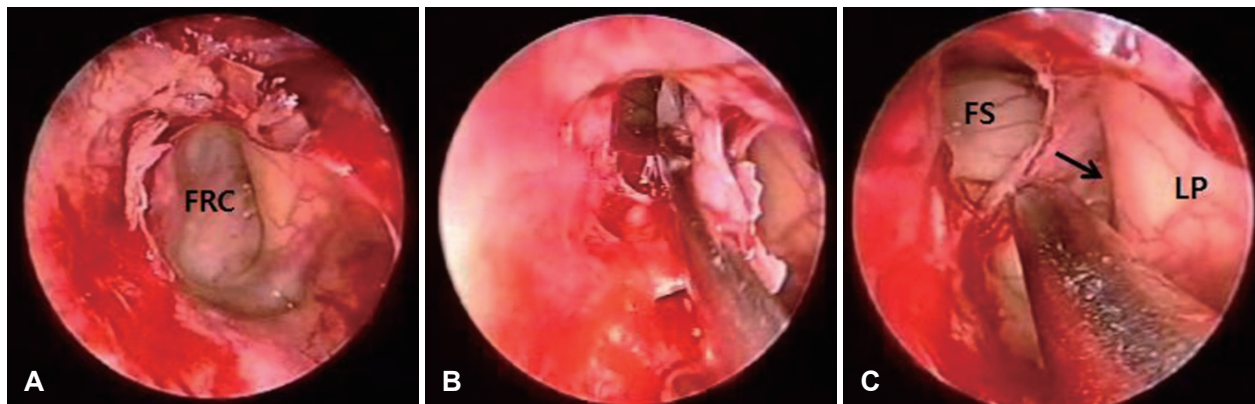


Fig. 4. Intraoperative findings of left frontal recess. The frontal ostium was blocked by large frontal recess cell (A). Curved curette was put on the small aperture of medial side, and then the frontal recess cell was fractured laterally and dissected (B). Frontal sinus was observed. Bony septum on the boundary of supraorbital cell (arrow) was removed (C). FRC: frontal recess cell, FS: frontal sinus, LP: lamina papyracea.

동염, 신골생성증(neo-osteogenesis)으로 자연공을 넓힐 수 없거나,²⁵⁾ 골성형 피판술 후 점액중 생성 등으로 실패한 경우, 전두동의 양성 종양, 전두와나 비전두관의 골절 등 정상적인 방법으로는 전두와 및 전두동의 개방이 불가능하거나 가능하다 해도 술 후 다시 재발의 확률이 높을 때 사용할 수 있다. 그러나 전두동의 합기화가 잘 안되었거나 전두동의 전후 폭이 좁은 경우는 적용되기 힘들 수 있다. 아주 드문 경우에 적용되지만 그런대로 유용한 술식으로 평가받고 있다.^{26,27)} 이 술식으로 실패하여 재수술을 요하는 경우는 발표자마다 좀 다르지만 IIA 형에 비하여 약간 많은 5~20%이다.²⁶⁻³⁰⁾

Kuhn 등¹⁰⁾에 의해서 소개된 frontal sinus rescue procedure는 재수술이 필요한 경우에 시행될 수 있다. 이전에 시행한 수술로 인하여 부분적으로 절제된 중비갑개 상부의 남은 부분이 비강 외측벽으로 붙어 전두와를 막을 경우 중비갑개 남은 부분의 전두와측의 점막은 남겨두고 중비갑개 뼈와 내측 점막 및 비강 천정부 점막을 일부 제거하고 전두와 점막을 비강천정부로 이행시켜 전두동 배수로를 보존하는 술식이다. 결과적으로 Draf IIb 술식이 시행되고 advancement flap을 한 결과라 하겠다(Fig. 6).

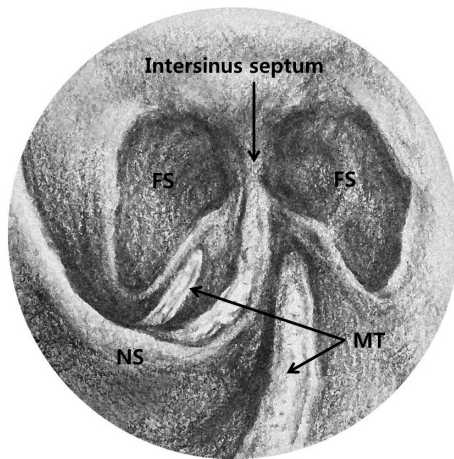


Fig. 5. Depiction of the operative field in the Draf III procedure (endoscopic view). FS: frontal sinus, MT: middle turbinate, NS: nasal septum.

최근 들어 balloon 카테터를 이용하여 전두동 개구부를 넓혀주는 balloon sinuplasty가 소개되고 있다. 사골동을 제외한 부비동 개구부 확장에 사용할 수 있으며, 국한된 만성전두동염 경우에 guide-wire를 전두와를 지나 전두동 개구부를 통해 전두동내에 위치시키고 balloon catheter를 전진시켜 물을 주입하여 팽창시킴으로서 점막이나 뼈를 제거하지 않고 개구부만을 넓히는 목적을 달성할 수 있는 장점이 있다. 그렇지만 전두동 개구부를 찾기 어려운 전두와 구조를 가지고 있거나 전사골동과 전두동내의 심한 점막부종이나 용종 등 전두동 개구부만을 넓혀서는 그 유용성을 찾기 힘든 경우는 부비동 내시경 수술을 같이 시행해야 하는 제한점이 있어 환자선택에 신중을 기해야 한다.^{31,32)}

그 외에도 비제봉소가 큰 경우 0도 내시경하에 전면에서 중비갑개 부착부 상부를 뚫어 직접 전두와로 들어가는 axillary flap 술식, 전두동 천공 후 fluorescent dye를 넣어 내시경하에서 전두동 자연공을 찾으려는 minitrephine 술식 등이 소개되고 있다.^{33,34)}

이러한 다양한 수술방법에도 불구하고 수술 부위의 협착이나 반흔으로 인하여 전두동 개구부가 좁아지거나 막히는 경우가 종종 있을 수 있다. 이를 방지하기 위하여 필요에 따라 다양한 크기, 모양, 재질로 이루어져 있는 stent가 쓰이고 있다.^{4,35-38)} 대부분의 수술에서는 stent가 필요치 않지만, 전두와 부위에 과도한 용종증이 있었던 경우, 수술 도중 전두와 점막이 심하게 소실된 경우, 술 전 CT상에서 전두와 부위의 심한 골염이 의심되는 경우, 수술 후 만들어진 전두동 개구부가 크지 않은 경우, 전두동 개구부 협착이 발생하여 재수술하는 경우와 전두와 외상골절 등에서는 필요할 수 있다.³⁹⁾

전두동의 해부학적 다양성으로 인한 내시경 전두동 수술시 합병증을 줄이기 위한 노력들이 첨단 장비를 이용하여 시도되고 있다. 수술 시야에서 관찰되는 위치를 컴퓨터단층촬영 영상에 동시에 같이 표현할 수 있는 image-guided navigation system은 전두동 개구부를 보다 안전하게 확인하는 데 기여하고 있다.^{40,41)} 최근에는 전산화단층촬영을 삼차원으로 재구성하여

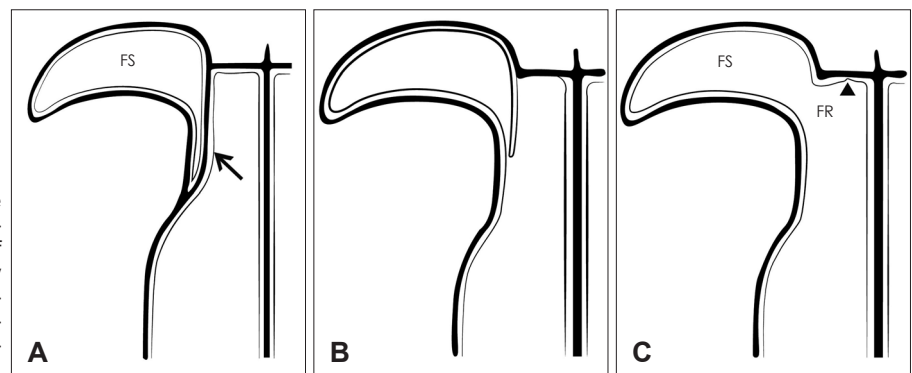


Fig. 6. Illustration of the frontal rescue procedure. Identification of middle turbinate remnant (arrow)(A). Elevation of the mucosa and removal of the bony remnant of middle turbinate (B). Reapproximation of the mucosal edge (arrow head)(C). FS: frontal sinus, FR: frontal recess.

가상 내시경 영상을 얻어 수술에 도움을 얻고자 하는 시도가 이루어지고 있다.^{42,43)} 확인되지 않는 해부구조를 확인하면서 할 수 있는 큰 장점이 있어 필요 이상의 수술을 피할 수 있는 장점이 있지만 비용이 비싸고 수술시간이 길어진다는 단점도 있다. 또한 경험에 많지 않은 술자가 이 정보만 믿고 수술하다 가 심각한 합병증을 초래할 수 있어 주의를 요한다.

결 론

비내시경 전두동 수술은 술식과 기구의 발달로 거의 모든 만성전두동염을 해결할 수 있게 되었다. 그러나 전두동 또는 전두와의 수술은 두개내 안와 등의 심각한 합병증이 발생할 위험을 항상 내포하고 있으며, 좁고 복잡다양한 해부학적 구조로 수술을 어렵게 한다. 따라서 치료방법을 결정할 때에는 환자의 과거력과 내시경소견 영상학적 검사를 충분히 검토하여 수술을 결정하여야 하며, 수술을 시행할 경우 환자의 전두와 내 해부학적 구조를 숙지한 후 최소 침습적이면서도 질환을 해결할 수 있는 최선의 술식을 선택하여 전두동 개구부의 협착을 방지할 수 있어야 한다.

REFERENCES

- 1) Antoniuk MR. The trephine-puncture method in diagnosis and therapy of diseases of the frontal sinuses. *Acta Otolaryngol* 1962; 54:111-23.
- 2) Kuhn FA. An integrated approach to frontal sinus surgery. *Otolaryngol Clin North Am* 2006;39(3):437-61, viii.
- 3) Weber R, Draf W, Kratzsch B, Hosemann W, Schaefer SD. Modern concepts of frontal sinus surgery. *Laryngoscope* 2001;111(1):137-46.
- 4) Schaefer SD, Close LG. Endoscopic management of frontal sinus disease. *Laryngoscope* 1990;100(2 Pt 1):155-60.
- 5) Close LG, Lee NK, Leach JL, Manning SC. Endoscopic resection of the intranasal frontal sinus floor. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1994; 103(12):952-8.
- 6) Burkart CM, Zimmer LA. Endoscopic modified Lothrop procedure: a radiographic anatomic study. *Laryngoscope* 2011;121(2):442-5.
- 7) Gross WE, Gross CW, Becker D, Moore D, Phillips D. Modified transnasal endoscopic Lothrop procedure as an alternative to frontal sinus obliteration. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1995;113(4):427-34.
- 8) Becker DG, Moore D, Lindsey WH, Gross WE, Gross CW. Modified transnasal endoscopic Lothrop procedure: further considerations. *Laryngoscope* 1995;105(11):1161-6.
- 9) Lanza DC, McLaughlin RB Jr, Hwang PH. The five year experience with endoscopic trans-septal frontal sinusotomy. *Otolaryngol Clin North Am* 2001;34(1):139-52.
- 10) Kuhn FA, Javer AR, Nagpal K, Citardi MJ. The frontal sinus rescue procedure: early experience and three-year follow-up. *Am J Rhinol* 2000;14(4):211-6.
- 11) Wexler DB. Frontal balloon sinuplasty via minitrephination. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2008;139(1):156-8.
- 12) Bent JP 3rd, Spears RA, Kuhn FA, Stewart SM. Combined endoscopic intranasal and external frontal sinusotomy. *Am J Rhinol* 1997;11(5): 349-54.
- 13) Kuhn FA, Javer AR. Primary endoscopic management of the frontal sinus. *Otolaryngol Clin North Am* 2001;34(1):59-75.
- 14) Kasper KA. Nasofrontal connections: a study based on the hundred consecutive dissections. *Arch Otolaryngol* 1936;23(3):322-43.
- 15) Lang J, Haas A. [The sagittal dimension of the sinus frontalis, its wall thickness, distance from the lamina cribrosa, the depth of the so-called olfactory groove and the ethmoidal canal]. *Gegenbaurs Morphol Jahrb* 1988;134(4):459-69.
- 16) Loury MC. Endoscopic frontal recess and frontal sinus ostium dissection. *Laryngoscope* 1993;103(4 Pt 1):455-8.
- 17) Stammberger H. *Functional endoscopic sinus surgery*. Philadelphia: BC Decker;1991.
- 18) Lee KJ. *Essential Otolaryngology head and neck surgery*. 6th ed. Norwalk, CT: Appleton & Lange;1995.
- 19) Kuhn FA. Chronic frontal sinusitis: the endoscopic frontal recess approach. *Oper Tech Otolaryngol Head Neck Surg* 1996;7(3):222-9.
- 20) Wormald PJ. *Endoscopic sinus surgery: anatomy, three-dimensional reconstruction, and surgical technique*. 3rd ed. New York: Thieme; 2013. p.54-9.
- 21) Owen RG Jr, Kuhn FA. Supraorbital ethmoid cell. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1997;116(2):254-61.
- 22) Cullen MM, Leopold DA. Intranasal frontal sinusotomy. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 1998;6(1):31-40.
- 23) Draf W. Endonasal micro-endoscopic frontal sinus surgery: The fulda concept. *Oper Tech Otolaryngol Head Neck Surg* 1991;2(4):234-40.
- 24) May M, Schaitkin B. Frontal sinus surgery: endonasal drainage instead of an external osteoplastic approach. *Oper Tech Otolaryngol Head Neck Surg* 1995;6(3):184-92.
- 25) Hahn S, Palmer JN, Purkey MT, Kennedy DW, Chiu AG. Indications for external frontal sinus procedures for inflammatory sinus disease. *Am J Rhinol Allergy* 2009;23(3):342-7.
- 26) Anderson P, Sindwani R. Safety and efficacy of the endoscopic modified Lothrop procedure: a systematic review and meta-analysis. *Laryngoscope* 2009;119(9):1828-33.
- 27) Shirazi MA, Silver AL, Stankiewicz JA. Surgical outcomes following the endoscopic modified Lothrop procedure. *Laryngoscope* 2007; 117(5):765-9.
- 28) Naidoo Y, Bassiouni A, Keen M, Wormald PJ. Long-term outcomes for the endoscopic modified Lothrop/Draf III procedure: a 10-year review. *Laryngoscope* 2014;124(1):43-9.
- 29) Casiano RR, Livingston JA. Endoscopic Lothrop procedure: the University of Miami experience. *Am J Rhinol* 1998;12(5):335-9.
- 30) Chan Y, Melroy CT, Kuhn CA, Kuhn FL, Daniel WT, Kuhn FA. Long-term frontal sinus patency after endoscopic frontal sinusotomy. *Laryngoscope* 2009;119(6):1229-32.
- 31) Catalano PJ, Payne SC. Balloon dilation of the frontal recess in patients with chronic frontal sinusitis and advanced sinus disease: an initial report. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2009;118(2):107-12.
- 32) Luong A, Batra PS, Fakhri S, Citardi MJ. Balloon catheter dilatation for frontal sinus ostium stenosis in the office setting. *Am J Rhinol* 2008;22(6):621-4.
- 33) Wormald PJ. *Endoscopic sinus surgery: anatomy, three-dimensional reconstruction, and surgical technique*. 3rd ed. New York: Thieme;2013. p.90-6.
- 34) Wormald PJ. The axillary flap approach to the frontal recess. *Laryngoscope* 2002;112(3):494-9.
- 35) Hoyt WH 3rd. Endoscopic stenting of nasofrontal communication in frontal sinus disease. *Ear Nose Throat J* 1993;72(9):596-7.
- 36) Rains BM 3rd. Frontal sinus stenting. *Otolaryngol Clin North Am* 2001;34(1):101-10.
- 37) Weber R, Mai R, Hosemann W, Draf W, Toffel P. The success of 6-month stenting in endonasal frontal sinus surgery. *Ear Nose Throat J* 2000;79(12):930-2, 934, 937-8 passim.
- 38) Freeman SB, Blom ED. Frontal sinus stents. *Laryngoscope* 2000;

- 110(7):1179-82.
- 39) Hunter B, Silva S, Youngs R, Saeed A, Varadarajan V. Long-term stenting for chronic frontal sinus disease: case series and literature review. *J Laryngol Otol* 2010;124(11):1216-22.
- 40) Klimek L, Mösges R, Schlöndorff G, Mann W. Development of computer-aided surgery for otorhinolaryngology. *Comput Aided Surg* 1998;3(4):194-201.
- 41) Citardi MJ, Batra PS. Intraoperative surgical navigation for endoscopic sinus surgery: rationale and indications. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2007;15(1):23-7.
- 42) Dearking AC, Pallanch JF. Mapping the frontal sinus ostia using virtual endoscopy. *Laryngoscope* 2012;122(10):2143-7.
- 43) Thomas L, Pallanch JF. Three-dimensional CT reconstruction and virtual endoscopic study of the ostial orientations of the frontal recess. *Am J Rhinol Allergy* 2010;24(5):378-84.