

Usefulness of Intraoperative Computed Tomography in Facial Bone Fracture Repair and Sinus Surgery

Heejin Kim, Kyu Hee Han, Doo Hee Han and Hong Ryul Jin

Department of Otorhinolaryngology, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

안면골절 정복술과 부비동 수술에서 Intraoperative Computed Tomography의 유용성

김희진 · 한규희 · 한두희 · 진홍률

서울대학교 의과대학 이비인후과학교실

Received August 13, 2010

Revised September 29, 2010

Accepted October 8, 2010

Address for correspondence

Hong Ryul Jin, MD

Department of Otorhinolaryngology,

Seoul National University

College of Medicine,

39 Boramae-gil, Dongjak-gu,

Seoul 156-707, Korea

Tel +82-2-870-2441

Fax +82-2-870-3866

E-mail hrjin@snu.ac.kr

Background and Objectives The usefulness of intraoperative CT (iCT) in rhinologic surgery including reduction of facial bone fracture and sinus surgery was evaluated.

Subjects and Method Medical records and radiological findings of 17 patients who took iCT at the Medical Center between December 2008 and February 2010 were reviewed retrospectively. The mean follow-up period was 2.2 months. The 17 patients included 14 facial bone fractures and three sinus surgeries. Indications for iCT and the need for additional procedure after iCT were investigated. All operations were performed by the senior author.

Results Indications for iCT were comminuted nasal bone fracture with or without septal fracture, displaced zygoma fracture and orbital blowout fracture. The complex frontal sinus anatomy either by anatomic variation or tumor invasion was an indication for iCT in sinus surgery cases. Additional surgeries were necessary after iCT for five patients (29.4%) as follows: nasal bone reduction (2), zygomatic bone reduction (1), and the removal of meningioma (1) and inverted papilloma (1). Except for one patient, all patients showed satisfactory surgical outcomes in terms of completeness of fracture reduction or surgical removal of sinus pathology.

Conclusion In complex facial bone fracture or sinus diseases, an iCT helps to evaluate the completeness of fracture reduction or sinus dissection during the surgery and to decide the necessity for further surgery.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2010;53:691-5

Key Words Computed tomography · Surgery · Fractures.

서론

안면골절의 정복이나 부비동 내시경수술에서는 골절의 정확한 정복 여부나 부비동 병변의 완전 제거 여부를 대부분 수술 중에 육안으로 판별한다. 간혹 수술의 결과를 확인하기 위하여 수술 후 CT 촬영을 하는 경우가 있는데, 촬영 결과 골절의 정복이 불완전하거나 병변의 제거가 완전하지 못한 경우에 다시 수술을 시행해야 하는 등 환자나 의사 모두에게 상당한 불편을 초래한다.

안면 골절의 경우 특히 골절의 전위가 심하고 골편이 여

러 조각인 경우나, 육안으로 정확한 정복 여부를 판별하기 어려운 경우가 있다. 흔히 수술장에서 C-arm을 이용하여 단순 방사선 사진을 촬영하기도 하지만 안면골절의 경우에는 정확성이 떨어지고 특히 비골골절의 경우에는 구조물이 작아 평가가 불가능할 때가 많다. 한편 부비동 내시경수술의 경우에는 선천성 기형, 심한 병변이나 이전의 수술로 인해 해부학적 지표가 불확실하거나 복잡한 경우가 문제가 된다. 특히 종양성 병변의 경우 병변의 완전한 절제 유무가 환자의 예후에 매우 중요하며 추가적인 수술 여부를 결정하게 된다.

최근에는 navigation system을 이용하여 복잡한 해부학적 구조를 파악하고 수술의 정확도를 높일 수 있으나,¹⁾ 현재 시행하는 수술로 인해 실시간 변화하는 해부학적 구조에 대한 정보까지 파악하기는 어렵다.

최근에 개발된 intraoperative CT(iCT)는 주로 신경의 과 수술에서 많이 사용되며, 수술 도중 변화하는 해부학적 구조를 반영할 수 있다. 또한 가동성이 있어 수술 중 혹은 중환자실에서 환자를 이송하지 않고 즉시 영상으로 수술의 정확성을 판별할 수 있다는 장점이 있다.^{2,3)} 이러한 iCT는 이미 안면골절이나 협부골절 등의 안면골절의 진단 및 치료에 응용되고 있으며,⁴⁻⁶⁾ 그 외 몇몇 이비인후과 질환에서도 이용되고 있다.⁷⁾

저자들은 안면골절 정복술과 부비동 내시경수술을 포함하는 부비동 수술에서 iCT의 유용성을 평가해보고자 하였다.

대상 및 방법

2008년 12월부터 2010년 2월까지 본 병원에서 안면골절 정복술과 부비동 수술을 시행한 환자들 중 iCT를 시행하였던 총 17예에 대하여 의무기록 및 영상 자료를 통해 후향적 분석을 시행하였다. 같은 기간 동안에 본 병원에서 시행한 안면골절 정복 환자는 총 58예, 부비동 내시경수술 환자는 총 246예였다. 이들 중 14예(14/58, 24.1%)의 안면골절 정복 환자와 2예(2/246, 0.8%)의 부비동 내시경수술 환자, 1예의 부비동 종양 제거 환자를 포함하여 총 17예의 환자에서 iCT

를 시행하였다. 모든 수술은 한 명의 수술자에 의해 시행되었으며 모두 수술 전 CT를 촬영하였다. 남자가 14예, 여자가 3예였고, 평균 연령은 36.5세(13~82세)였다. 이들을 대상으로 iCT의 적응증, 추가적인 수술의 시행 여부, 외래 추적관찰을 통해 수술의 결과를 분석하였다.

iCT는 CereTom(Tomoscan, Philips Medical Systems, Netherland)을 이용하였다(Fig. 1). 촬영은 방사선 투과성의 머리 받침대를 환자의 두부에 위치시킨 다음 축면 영상(axial scan)을 얻게 된다. 실제 스캔에 걸리는 시간은 2분 정도이지만 준비, 이동, 촬영, 영상의 전송(uploading) 등 모든 시간을 합하면 15~20분 정도가 소요된다.



Fig. 1. The CereTom (Tomoscan, Philips Medical Systems, Netherlands) is being ready for scan in the operating room.

Table 1. The general characteristics of patients who took the iCT scan

Patient	Sex/Age	Diagnosis	Operation	Additional operation	F/U (mo)	Operation results
1	F/35	NB fracture	NB reduction	—	0.5	Good
2	M/26	NB fracture	NB reduction	Done	1	Good
3	M/39	NB fracture	NB reduction	Done	1	Good
4	M/17	NB fracture	NB reduction	—	1	Good
5	M/18	NB fracture	NB reduction	—	7	Good
6	M/27	NB fracture	NB reduction, septoplasty	—	0.5	Good
7	M/82	NB fracture	NB reduction	—	0.25	Good
8	M/13	NB fracture	Rev. NB reduction	—	0.5	Good
9	M/72	NB/maxillary fracture	NB reduction/OR	—	0.25	Good
10	M/24	Tripod fracture	OR	—	1	Good
11	M/25	Tripod fracture	Gillies reduction	Done	1.5	Good
12	M/55	Tripod fracture	OR & IF	—	0.5	Good
13	F/17	Zygoma/mandible fracture	OR & IF	—	5	Good
14	M/50	Orbital wall blowout fracture	Endoscopic repair	—	2	Good
15	M/45	Chronic sinusitis	ESS	—	8	Good
16	M/50	Inverted papilloma	ESS, C-L op	Done	2	Polyp regrowth
17	F/25	Meningioma	Tumor removal	Done	6	Good

NB: nasal bone, Rev: revision, OR & IF: open reduction and internal fixation, ESS: endoscopic sinus surgery, C-L op: Caldwell-Luc operation, iCT: intraoperative CT

결 과

iCT를 시행한 총 17예의 환자 중 안면골절 환자는 14예로 9예는 비골골절, 4예는 협부골절(zygomatic fracture), 1예는 안와골절이었다. 비골골절 환자는 모두 비관혈적으로 정복술을 시행 받았고, 협부골절 4예 중 1예는 Gillies 방법으로, 3예는 관혈적 정복술을 시행하였으며 안와골절 환자는 내시경을 이용하여 정복술을 시행 받았다(Table 1).

비골골절 환자 9예는 모두 복잡골절이거나 비중격골절을 동반한 골절로 골절의 전위가 심한 경우였고 협부골절, 안와골절 환자 또한 골절의 전위가 심한 환자들이었다. 이들은 모두 정복술 후에 정확한 정복 여부를 육안 판별만으로 불충분하다고 생각되어 iCT를 촬영하였다.

부비동 내시경을 이용한 수술 중 iCT를 사용한 경우는 반전성 유두종 1예, 만성 부비동염 1예와 부비동을 침범한 뇌수막종 1예가 있었다. 반전성 유두종 1예는 좌측 상악동 및 사골동, 전두동을 포함한 병변으로 부비동 내시경수술 및 상악동 근치술을 함께 시행 받았고, 전두동을 침범한 종양의 완전제거 여부를 iCT를 통하여 확인하였다. 만성 부비동

염 1예는 우측 상악동에 발생한 선양낭성암종으로 10여 년 전 상악동 절제술 시행 후 방사선 치료를 받았던 환자였다. 환자는 재발하는 우측 전두동 및 사골동의 염증으로 수술 하였는데, 이전의 수술로 인해 해부학적 지표가 명확하지 않아 navigation system을 이용하여 부비동 내시경수술을 시행한 후 iCT를 촬영하여 수술의 완전성을 평가하였다. 마지막 예는 두개저와 전두동을 침범한 뇌수막종으로 신경외과에서 두개저 수술을 시행한 후 전두동에 재발한 뇌수막종 환자였다. 내시경을 이용한 종양의 제거가 완전하지 못하여 Lynch 절개를 통하여 사골동과 전두동의 종양을 제거하였다. 환자는 이전 수술로 인하여 두개저와 전두동의 해부학적 구조가 변형되어 있고 안구로도 일부 침범이 있어, 잔존 병변 여부를 iCT를 통해 확인하였다.

iCT를 시행한 후에 추가적인 수술이나 조작은 5예(29.4%)에서 시행하였다. 비골골절 환자 2예(Fig. 2)와 Gillies 방법으로 협골공의 약목골절(greenstick fracture)을 정복한 1예에서 추가적인 골절 정복이 필요하였고, 반전성 유두종 환자와 뇌수막종(Fig. 3) 환자에서 추가적인 종양의 절제를 시행하였다. iCT 이후 평균 외래 추적관찰 기간은 2.2

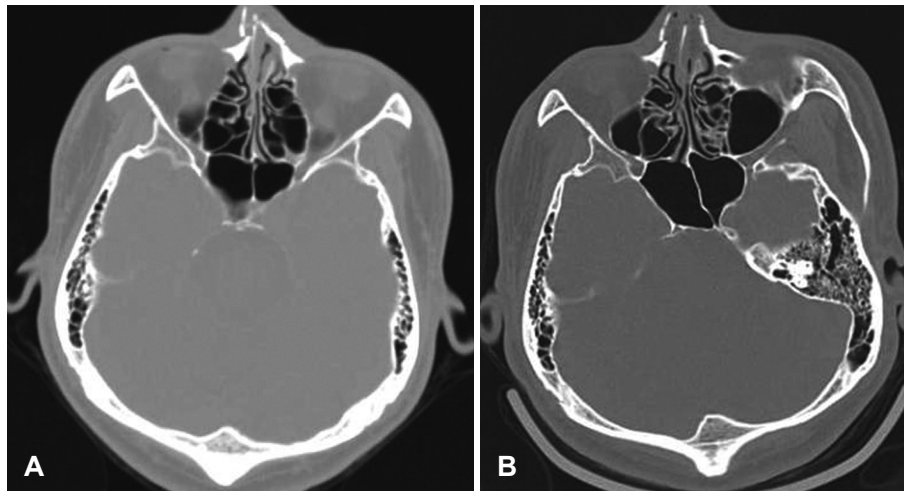


Fig. 2. The facial bone CT scan before reduction shows a severely displaced nasal bone (A). An iCT scan, which was taken immediately after reduction in the operating room, shows an incompletely reduced nasal bone (B). Additional manipulation was necessary to completely reduce the nasal bone. iCT: intraoperative CT.

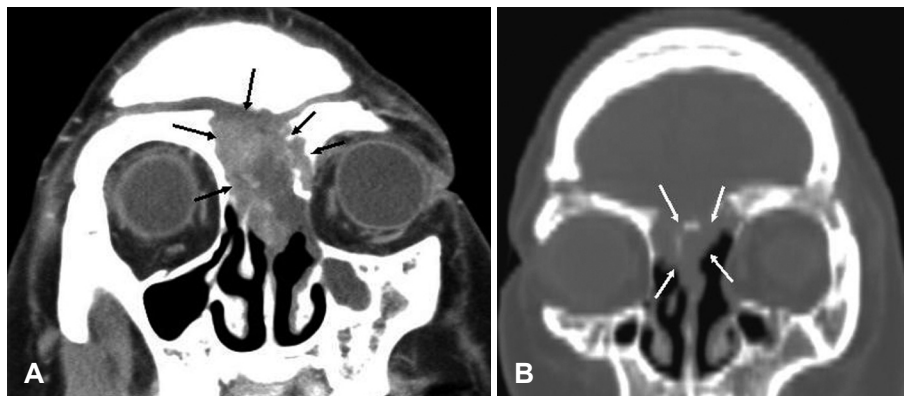


Fig. 3. A preoperative CT scan shows meningioma of the frontoethmoid cavity (black arrow)(A). An iCT scan shows remnant tumor mass in the nasal cavity (white arrow)(B), which necessitated more complete dissection for complete removal of the mass. iCT: intraoperative CT.

개월이었으며, 반전성 유두종 1예에서만 상악동의 일부에서 국소적인 재발이 발견되었고 이외 모든 예에서 병변의 재발이나 정복의 불충분함은 발견되지 않았다.

고 찰

최근에 개발된 iCT는 기존 CT에 비해 작고 가벼우며(높이 153 cm, 길이 134 cm, 너비 73 cm, 무게 <362.87 kg),⁸⁾ 가동성을 가지고 있다. 이는 환자를 이동하기 힘든 수술실 혹은 중환자실에서 영상을 얻을 수 있다는 장점이 있어, 특히 수술 중 추가적인 조작의 필요성을 결정하는 데 큰 도움을 줄 수 있다. iCT를 사용하여 영상을 얻는 데에는 평균 18분의 시간이 소요되며, 환자의 이송 및 방사선 기사의 인력, 시간을 고려하였을 때 기존의 CT에 비해 비용-효율 측면에서 이득이 높다.^{8,9)} 또한 두경부 영역에서 기존의 CT에서는 성인이 받는 방사선 피폭량이 스캔 당 1~2 mSv인 것에 비해,¹⁰⁾ iCT는 스캔 당 평균 1.7 mSv의 피폭량으로 큰 차이를 보이지 않으며 영상의 정확도 또한 만족스럽다.⁸⁾

iCT는 지금까지 주로 신경외과에서 뇌수술 및 척추수술 등에서 사용하였으며 이비인후과 영역에서 iCT의 사용은 아직 일반화되지 않았다. 최근 들어 협골골절(zygoma fracture)이나 안와골절 등 안면골절의 정복술 뿐 아니라 복잡한 부비동 내시경수술에서 그 유용성이 보고되고 있다.¹¹⁻¹³⁾

안면 골절 수술에서 지금까지는 수술 중 골절 정복의 적정성 여부를 대부분 육안적 판단에 의존하였고 좀 더 정확한 판단을 위해서는 단순 방사선 사진이나 초음파를 이용하였다. 수술 중 초음파를 사용하는 것은 방사선의 노출을 피할 수 있으며 가동성이 좋고, 비용 부담이 적으며 비침습적이라는 장점을 가지고 있다.^{14,15)} 반면, 초음파의 사용은 검사자의 술기 및 숙련도에 따른 정확도의 차이가 있으며, 골절로 인한 피하 기종 및 혈종 등의 존재로 명확한 영상을 얻기 힘들 수 있다. 또한 전위되지 않은 골절을 판단하기 힘들며 특히 안면부의 입체적 특징으로 인해 모든 부위에서 정확성을 얻기 힘든 단점이 있다.¹⁴⁾ 단순 방사선 사진도 정확한 영상을 얻기에는 한계가 있고 특히 비골골절처럼 작은 골절에는 적용하기가 더 어렵다. 이에 반하여 iCT는 객관적이고 명확한 영상을 얻을 수가 있으며 비골골절처럼 작은 골절의 전위 여부도 정확하게 판단할 수 있다는 장점이 있다.

비골골절의 경우에는 대부분의 경우 골절의 정복이 대부분 비개방성으로 이루어지며, 골편의 크기가 작고, 때로는 전위의 정도가 비골의 크기에 비하여 심하다. 정복의 적절함 역시 수술 중 감각과 시각으로 판별하는데 이를 위해서는 수상 후 코 주위의 부기가 제거될 때까지 기다려 수술을

하는 경우가 대부분이다. iCT를 이용하게 되면 비골이 심하게 전위되었거나 복잡골절인 경우에도 정복의 적절함 여부를 수술장에서 즉시 판별할 수 있어 보다 정확한 교정이 가능하다. 저자들의 증례에서도 골편의 전위가 심하고 복잡골절인 환자에서 육안으로 보았을 때는 적절히 복원된 것으로 보였지만, iCT를 촬영한 다음 추가 조작이 필요한 경우가 있었다. 비골골절에서 iCT가 유용한 또 다른 점은 수상 부위의 부종이 있는 경우에도 골절의 적절한 정복 여부를 쉽게 판별할 수 있어 꼭 필요한 경우라면 굳이 부종이 빠질 때까지 반드시 기다리지 않아도 골절의 정복이 가능하다는 점이다.

협골은 삼차원적인 구조물로 정확한 정복이 안면의 대칭성을 회복하는 데 매우 중요하다. 전위가 심한 삼각골절(tripod fracture)은 정확한 정복이 까다로우며 육안으로 이를 판별하는 것과는 달리 iCT는 정확하게 어느 부위가 어느 정도 정복되었는지를 보여주기 때문에 효과적으로 정확한 추가 정복이 가능하다. 본 증례에서처럼 협골궁이 약목골절된 경우에는 골절의 정복이 완전히 골절된 경우보다 쉽지 않고 판별 또한 애매하기 때문에 iCT가 도움이 된다고 할 수 있다.

대부분의 부비동 내시경수술은 수술 중에 내시경으로 병변 제거 유무를 정확하게 판단할 수가 있으며 navigation system을 이용하면 더욱 안전하고 정확하게 해부학적 구조물을 확인할 수가 있다. 하지만 본 연구의 증례처럼 부비동 종양을 수술하는 경우에는 종양의 완전한 절제 유무가 추가적인 수술의 필요성을 결정하기 때문에 이를 판단하는 데 신중할 필요가 있다. 이 경우에 iCT를 통해서 절제 범위를 한번 더 확인하는 것은 환자와 수술자 모두에게 도움이 될 수 있다. 특히 뇌수막종 증례처럼 기존의 수술로 인하여 전두동 주위의 해부학적 지표가 완전히 없어지고 안와까지 침범한 경우에는 iCT가 병변의 절제 여부를 판단하며 안전하게 수술을 진행하는 데 도움을 줄 수 있다.

최근 들어 iCT와 navigation system을 접목하여, 수술 중 변화하는 해부학적 구조를 iCT로 평가 후 그 영상을 다시 navigation system에 적용하는 등, 보다 정확한 수술을 위한 노력이 시도되고 있다.¹²⁾

REFERENCES

- 1) Fried MP, Parikh SR, Sadoughi B. Image-guidance for endoscopic sinus surgery. *Laryngoscope* 2008;118(7):1287-92.
- 2) Uhl E, Zausinger S, Morhard D, Heigl T, Scheder B, Rachinger W, et al. Intraoperative computed tomography with integrated navigation system in a multidisciplinary operating suite. *Neurosurgery* 2009;64(5 Suppl 2):231-9; discussion 239-40.
- 3) Masaryk T, Kolonick R, Painter T, Weinreb DB. The economic and clinical benefits of portable head/neck CT imaging in the intensive care unit. *Radiol Manage* 2008;30(2):50-4.

- 4) Pohlenz P, Blake F, Blessmann M, Smeets R, Habermann C, Bege-
mann P, et al. Intraoperative cone-beam computed tomography in
oral and maxillofacial surgery using a C-arm prototype: first clinical
experiences after treatment of zygomaticomaxillary complex
fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67(3):515-21.
- 5) Hoelzle F, Klein M, Schwerdtner O, Lueth T, Albrecht J, Hosten N,
et al. Intraoperative computed tomography with the mobile CT To-
moscan M during surgical treatment of orbital fractures. *Int J Oral
Maxillofac Surg* 2001;30(1):26-31.
- 6) Stanley RB Jr. Use of intraoperative computed tomography during
repair of orbitozygomatic fractures. *Arch Facial Plast Surg* 1999;1
(1):19-24.
- 7) Stieve M, Schwab B, Hapt C, Bisdas S, Heermann R, Lenarz T. In-
traoperative computed tomography in Otorhinolaryngology. *Acta
Otolaryngol* 2006;126(1):82-7.
- 8) Rumboldt Z, Huda W, All JW. Review of portable CT with assess-
ment of a dedicated head CT scanner. *AJNR Am J Neuroradiol* 2009;
30(9):1630-6.
- 9) Masaryk T, Kolonick R, Painter T, Weinreb DB. The economic and
clinical benefits of portable head/neck CT imaging in the intensive
care unit. *Radiol Manage* 2008;30(2):50-4.
- 10) Mettler FA Jr, Thomadsen BR, Bhargavan M, Gilley DB, Gray JE,
Lipoti JA, et al. Medical radiation exposure in the U.S. in 2006:
preliminary results. *Health Phys* 2008;95(5):502-7.
- 11) Chennupati SK, Woodworth BA, Palmer JN, Cohen NA, Kennedy
DW, Chiu AG. Intraoperative IGS/CT updates for complex endo-
scopic frontal sinus surgery. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*
2008;70(4):268-70.
- 12) Kim MG, Noh YJ, Lee HY, Kim MH, Lee SC. Closed reduction of
zygomatic arch fracture with intraoperative mobile computed to-
mography scan. *J Korean Soc Plast Reconstr Surg* 2010;37(1):91-4.
- 13) East CA, Annis JA. Preoperative CT scanning for endoscopic sinus
surgery: a rational approach. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 1992;17
(1):60-6.
- 14) Friedrich RE, Heiland M, Bartel-Friedrich S. Potentials of ultra-
sound in the diagnosis of midfacial fractures. *Clin Oral Investig* 2003;
7(4):226-9.
- 15) Park CH, Joung HH, Lee JH, Hong SM. Usefulness of ultrasonog-
raphy in the treatment of nasal bone fractures. *J Trauma* 2009;67(6):
1323-6.