

Navigation sinusienne : apports et limites

Frédéric Venail, Renaud Garrel, Marc Makeieff, Bernard Guerrier, Louis Crampette.

Service ORL A - CHU Gui de Chauliac - Montpellier.

RÉSUMÉ

La chirurgie assistée par ordinateur peut être utilisée avec une chirurgie sous guidage optique des fosses nasales et des sinus. Le but de cette technique est de réduire les risques orbitaires et basi-crâniens en cas d'anomalies anatomiques ou de perte des repères endoscopiques, notamment lors de la chirurgie de seconde intention. En effet, l'association de la vision endoscopique à un repérage en temps réel sur un modèle reconstruit en 3 dimensions permet l'utilisation de nouveaux repères moins sujets à variation. Cette technique est utilisée dans notre service depuis 2001 et a permis de traiter 22 patients atteints de polypose naso-sinusienne, de mucocèle ou de sinusite chronique dont la plupart avait déjà été opérée pour la même indication. Nous avons comparé statistiquement les résultats de cette série à celle d'un groupe témoin de 22 patients en ce qui concerne les récidives, les complications et la durée opératoire avec un recul moyen de 2 ans. Si le taux de récidives précoces et le taux de complications sévères (effractions orbitaires, fuites de LCR) ne sont pas meilleurs dans le groupe « chirurgie assistée par ordinateur », la survenue de complications mineures (infections post-opératoires, hémorragies et céphalées) y est statistiquement diminuée. Par ailleurs, l'utilisation de ce procédé n'augmente pas significativement la durée totale d'intervention calculée à partir du moment de l'installation. Ainsi la chirurgie assistée par ordinateur semble être un outil intéressant pour le chirurgien dans les indications de récidives de polypose naso-sinusienne, de mucocèle et de sinusite chronique.

(Communication présentée au 110^{ème} congrès de la SFORL 2003)

“ Les auteurs déclarent n'avoir aucun lien financier, commerciale ou autre avec les sociétés citées dans le texte ”

Date de soumission : Juin 2004

Date d'acceptation : Janvier 2005

Auteur correspondant : Pr L. Crampette

Service ORL A, CHU Gui de Chauliac.

2 av Emile Bertin Sans - 34295 Montpellier

e-mail : l-crampette@chu-montpellier.fr

ABSTRACT

Computer-assisted systems can be used for image-guided navigation during endoscopic sinonasal surgery. The objective is to diminish the risk of orbital or skull-base injury when abnormal anatomy or previous surgery makes landmarks difficult to identify accurately. Endoscopic visualization combined with real-time localization on a reconstructed 3D model allows for the use of new landmarks that are less likely to show variations. We have been using a computer-assisted navigation system since 2001; thus far, 22 patients have been treated with this system for sinonasal polyposis, mucocele, or chronic sinusitis, usually after earlier procedures for the same reasons. We compared these 22 patients to 22 controls in terms of operating time and of recurrence and adverse event rates after a mean follow-up of 2 years. The rates of early recurrence and severe adverse events (orbital wall damage and cerebrospinal fluid leakage) were similar in the two groups. In contrast, computer-assisted navigation was associated with significantly lower rates of minor adverse events (postoperative infection, bleeding, and headaches). Use of computer-assisted navigation did not increase operating time counted from the time the equipment was set up. Thus, computer-assisted navigation may be useful in patients with recurrent sinonasal polyposis, mucocele, or chronic sinusitis.

Navigation sinusienne : apports et limites.

INTRODUCTION

L'utilisation de l'endoscopie a révolutionné la chirurgie sinusienne de ces vingt dernières années. Elle a permis l'abandon progressif du microscope opératoire, dont la manipulation était plus délicate et le champ de vision plus limité, ainsi que la reconsidération des indications de voies externes dans le traitement des pathologies nasosinusiennes. Cette évolution est liée au développement de l'informatique dans le domaine bio-médical. En effet, les progrès des techniques d'acquisition et de traitement des images en scannographie à rayons X, nous ont permis d'obtenir à ce jour une vision précise des processus pathologiques sinusiens, affinant à la fois le diagnostic et le choix de la stratégie opératoire. Ces images donnent au chirurgien des informations concernant les structures qui vont lui servir de repère lorsque les reliefs endoscopiques auront été modifiés par l'acte chirurgical. Dans le but d'optimiser le repérage per-opératoire des structures d'intérêt, l'équipe de l'hôpital d'Aachen (Allemagne) eut l'idée dès 1986 d'utiliser dans le traitement des pathologies nasosinusiennes les systèmes de chirurgie stéréotaxique assistée par ordinateur développés pour la neurochirurgie [1]. Depuis cette date, ces systèmes ont évolué, se débarrassant progressivement du traditionnel cadre stéréotaxique au profit de balises de repérage disposées au plus près du patient. Le but de notre étude était de déterminer si l'utilisation d'un de ces systèmes de chirurgie assistée par ordinateur permettait d'obtenir un geste thérapeutique nasosinuisien plus satisfaisant en terme de récurrences et de complications, et ceci sans augmentation de la durée opératoire.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Cette étude rétrospective porte sur une série de 22 patients âgés entre 15 et 73 ans et opérés entre mai 2001 et février 2003 dans le service d'ORL du CHU Gui de Chauliac à Montpellier (France). L'âge moyen de la série était 48 ans et 10 mois (écart-type = 14,29). Parmi ces patients, 6 étaient de sexe féminin et 16 de sexe masculin. Le nombre moyen d'interventions nasosinusiennes subies auparavant par ces patients était de 1,41 interventions (écart-type = 1,05 ; extrêmes [1-4]).

Les indications opératoires ayant suscité le traitement chirurgical étaient de 3 types : mucocèle, polypose nasosinusienne et sinusite chronique d'étiologie non déterminée (Tableau I).

Tableau I : Répartition des pathologies parmi les 22 patients opérés

	Polypose Nasosinusienne	Mucocèle	Sinusite chronique
Polypose Nasosinusienne	5		
Mucocèle	5	10	
Sinusite chronique	-	-	2

Les pathologies pouvaient être isolées dans 77,3% des cas (17/22) ou associées entre-elles dans 22,7% (5/22).

Le geste thérapeutique (Tableau II) consistait en un geste bilatéral dans 45,5% des cas (10/22), un geste unilatéral dans 50% (11/22) et en une voie combinée avec abord externe dans 4,5% (1/22). Afin de limiter les biais liés à la variabilité inter-opérateur, les patients inclus dans cette série ont tous été opérés par le même chirurgien. La durée de suivi moyenne est de 24,90 mois (écart-type = 7,15 ; extrêmes [10-35]). Ces patients ont été régulièrement examinés en consultation et ont été contactés afin de savoir si leur pathologie avait récidivé.

Tableau II : Geste chirurgical réalisé

Intervention	Nombre de cas	Pourcentage
Ethmoïdectomie bilatérale	10	45
Ethmoïdectomie unilatérale	6	26
Méatotomie moyenne avec perméabilisation du canal naso-frontal	2	9
Méatotomie moyenne	1	5
Perméabilisation du canal naso-frontal	1	5
Sphénoïdotomie	1	5
Conversion en voie externe	1	5

Le système de navigation utilisé était le LandmarX (Medtronic-Xomed, Jacksonville, Floride, USA) piloté par le programme Mach 3.0 jusqu'en avril 2002 puis Mach 4.0. Le repérage était assuré par des capteurs situés sur un arc de référence disposé sur la tête du patient. L'information véhiculée par les capteurs de l'arc de référence et de l'instrumentation spécifique était transmise à la colonne via un rayonnement infrarouge. L'arc de référence et les instruments étaient

Navigation sinusienne : apports et limites.

stérilisés conformément aux réglementations en vigueur. La reconstruction du modèle tridimensionnel était réalisée à partir de tomodensitométries réalisées en coupes fines et jointives de 1 mm d'épaisseur.

Un groupe témoin composé de 22 patients opérés sur la même période et par le même chirurgien a été constitué afin de pouvoir comparer les résultats de notre série. Ce groupe était identique au groupe étudié en ce qui concerne l'âge ($p = 0,19$; Test T de Student à 42 ddl), le sexe ($p = 0,34$; Test du Khi-2), les antécédents de chirurgie sinusienne ($p = 0,25$; Test T de Student à 42 ddl), la pathologie ($p = 0,61$; Test Khi-2) et le type de chirurgie ($p = 0,97$; Test Khi-2).

Les données étudiées étaient le nombre de récurrence, la durée de préparation séparant l'entrée du patient en salle de l'incision, la durée d'intervention, la durée totale (consistant en la somme des 2 durées précédentes) ainsi que le nombre de complications per et post-opératoires.

Statistiques

Les tests statistiques utilisés étaient le test T de Student et le test du Khi-2. Les auteurs ont vérifié l'hypothèse d'égalité des variances pour les variables durées moyennes (Test F). Pour tous les tests utilisés, le seuil de significativité retenu était de 5%.

RESULTATS

Influence de la navigation sur le taux de récurrences

Le taux de récurrences dans le groupe opéré avec le système de navigation est de 22,7% (5/22). Tous ces patients avaient été opérés entre 1 et 3 fois avant de bénéficier de la chirurgie assistée par ordinateur. Parmi ces patients, on retrouve 2 cas de mucocèle, 2 cas de sinusite chronique (dont 1 cas de maladie de Wegener diagnostiqué a posteriori) et 1 cas de polyposse nasosinusienne.

La topographie des mucocèles ayant récidivé était ethmoïdo-frontale unilatérale chez la première patiente et frontale bilatérale chez le deuxième patient. Ces 2 patients avaient déjà été opérés à une reprise pour la même pathologie. La mucocèle était primitive chez la première patiente alors qu'elle était consécutive à une fracture de l'étage antérieur chez le deuxième patient. Le patient porteur d'une polyposse nasosinusienne récidivante avait été opéré à 3 reprises auparavant. Enfin la patiente porteuse d'une sinusite chronique

ethmoïdo-maxillaire bilatérale avait subi 1 intervention au préalable.

Dans le groupe témoin le taux de récurrence était de 27,3% (6/22). Sur ces 6 cas, 3 patients étaient porteurs de mucocèles frontales unilatérales, 2 patients de polyposse nasosinusienne et 1 patient de mucocèle maxillaire.

Il n'existe pas de différence significative entre le taux de récurrence dans ces 2 groupes après une moyenne de 2 ans de suivi ($p = 0,73$, Test T de Student à 42ddl). L'utilisation d'un système de navigation ne semble pas influencer la réussite de l'intervention chez des patients multi-opérés dans des indications de mucocèle, de polyposse nasosinusienne et de sinusite chronique.

Impact de la navigation sur les suites opératoires

Dans le groupe des patients opérés à l'aide du système de navigation, les suites ont été simples dans 72,7% des cas (16/22). Aucune complication majeure per-opératoire (plaie orbitaire, hémorragie massive, fuite de LCR) n'a été à déplorer. Un patient a nécessité l'utilisation d'une voie combinée par abord direct du sinus frontal (voie sourcilière) pour fraisage du canal nasofrontal. Les complications observées ont été les suivantes : surinfection bénigne de la cavité opératoire avec nécessité de poursuite d'un traitement antibiotique en ambulatoire dans 4 cas, saignement avec méchage prolongé pendant 4 jours dans 1 cas et décompensation aiguë d'une insuffisance surrénalienne latente après arrêt de la corticothérapie chez un patient traité pour polyposse.

Dans le groupe témoin, les suites ont été simples dans 50% des cas (11/22). Une effraction orbitaire avec issue minime de graisse et une fuite de LCR spontanément tarie sont survenues chacune dans un cas. Un patient s'était plaint de céphalées persistantes. Sept cas de surinfection bénigne de la cavité opératoire ayant nécessité la poursuite d'un traitement antibiotique en ambulatoire et un cas de saignement avec méchage prolongé ont pu être retrouvés.

Si on considère les complications les plus sévères à savoir les fuites de LCR et les effractions orbitaires, il n'existe pas de différence significative entre les 2 groupes ($p = 0,24$, test exact de Fisher). Par contre, si on ne se soucie que des complications mineures (saignement, infections, céphalées), il existe une différence significative entre ces 2 groupes ($p = 0,04$, test du Khi-2).

Navigation sinusienne : apports et limites.

Effet de la navigation sur les différentes durées opératoires

Nous avons étudié 3 paramètres de durée relatif à la chirurgie réalisée : la durée de préparation (DP) séparant l'entrée en salle du patient de l'incision, la durée d'intervention (DI) du début de l'incision à la fin de l'opération et la durée totale (DT) consistant en la somme de ces 2 durées.

Lorsqu'un système de navigation était utilisé la DP moyenne était de 68mn11s (écart type = 20,56 ; extrêmes [40-110]), la DI moyenne était de 91mn22s (écart type = 33,06 ; extrêmes [45-130]) et la DT moyenne était de 159mn33s (écart type = 37,29 ; extrêmes [110-255]). Dans le groupe témoin, la DP moyenne était de 54mn5s (écart type = 17,43 ; extrêmes [30-100]), la DI moyenne était de 81mn49s (écart type = 37,21 ; extrêmes [35-130]) et la DT moyenne était de 135mn55s (écart type = 45,87 ; extrêmes [60-230]).

La durée préparatoire était augmentée de façon significative ($p = 0,018$, Test T de Student à 42 ddl) en moyenne de 14mn03s avec la mise en place du système de navigation. Cependant, ni la durée opératoire, ni la durée totale n'étaient modifiées de façon significative ($p = 0,37$ et $0,07$ respectivement ; Test T de Student à 42 ddl) bien qu'il existe une tendance à l'allongement de ces durées dans le groupe chirurgie assistée par ordinateur.

Si la durée de préparation augmente de façon compréhensible à cause la mise en place de l'appareillage, cette dernière ne semble pas affecter le geste thérapeutique dont la durée semble légèrement mais non significativement allongée.

DISCUSSION

Dans notre expérience, il apparaît que l'utilisation d'un système de navigation ne modifie pas le taux de récurrence de la pathologie prise en charge (22,7% avec navigation contre 27,3%), donc l'efficacité à long terme du geste thérapeutique effectué.

La seule étude retrouvée dans la littérature étudiant les récurrences à long terme après chirurgie assistée par ordinateur évalue ce taux à 16,5% à 5 ans dans une série de 120 patients [2]. Il convient de se demander si ces récurrences sont liées à une carence de l'appareillage ou à des caractéristiques propres aux pathologies opérées.

Il apparaît dans de nombreuses études que la précision des systèmes de chirurgie assistée par ordinateur ne

soit pas à mettre en cause. En effet, cette dernière se chiffre à moins de 2 mm avec les dernières générations de système de navigation [3-6] comme nous avons pu l'observer à l'usage.

Si on analyse les causes d'échec du traitement endoscopique qu'il soit associé ou non à un système de navigation, on observe que des antécédents de chirurgies multiples, la polypose nasosinusienne et la localisation frontale des mucocèles sont des facteurs de risque de récurrence quel que soit le procédé endoscopique employé. Ces résultats sont partagés par Tabaei et al. [2]. Il semblerait alors que le facteur pronostique de la récurrence soit davantage lié à la pathologie plutôt qu'à une insuffisance de traitement par voie endoscopique seule.

Par conséquent, ces observations permettent de mieux préciser les indications de la chirurgie assistée par ordinateur. Si l'utilisation d'un système de navigation permet de repousser les limites de la chirurgie endoscopique, et donc de réduire les indications de voie externe, elle ne parvient pas à les supprimer totalement [7]. En effet, il ne nous semble pas possible de substituer un système de navigation aux voies d'abord combinées, associant un abord par voie externe à une technique endoscopique, pour contrôler l'exérèse de certains processus pathologiques, comme les mucocèles frontales [8], sous peine de récurrence.

Nous avons observé dans notre série un taux plus faible de complications lorsque les patients étaient opérés avec un système de navigation (27,3% contre 50%). Comme chez la plupart des autres auteurs, aucune complication majeure (plaie orbitaire, hémorragie massive, fuite de LCR) n'a été constatée avec le système de navigation [2-3]. Notre taux de complications est plus élevé dans le groupe des patients n'ayant pas été opérés à l'aide de la navigation par rapport aux autres études [8], mais ce résultat est surestimé du fait de la sélection de l'échantillon de patient. Si on considère les études qui incluent uniquement les patients multi-opérés, avec des pathologies frontales et sphénoïdales ou en cas d'anomalie anatomique des sinus [4], le taux de complications augmente. Nous avons pris soin de n'inclure dans notre étude que des patients opérés par le même chirurgien afin de ne pas biaiser ce résultat. Si on sépare les complications à pronostic plus sévère (fuite de LCR et brèche orbitaire), on constate qu'il n'existe aucune différence significative entre les 2 groupes.

Le fait de pouvoir repérer sur un modèle tridimensionnel les éléments à risque paraît pouvoir aider le chirurgien lors de la prise de décision au cours du geste en complétant les informations obtenues par la

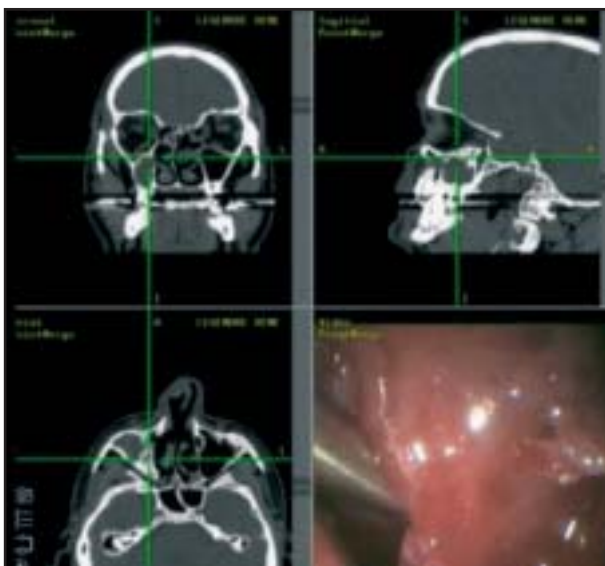
Navigation sinusienne : apports et limites.

vision endoscopique (Figure 1 et 2) mais rien ne remplace l'expérience du chirurgien puisqu'entre des mains entraînées il n'existe pas de différence de survenue des complications majeures dans ces 2 groupes. A l'opposé, la survenue de complications mineures (saignement, infections, céphalées) est moindre dans le groupe des patients opérés avec navigation ($p = 0,04$) comme cela est retrouvé chez d'autres auteurs [2,10]. Une explication possible est le fait d'une

Figure 1 : Traitement d'une mucocèle maxillaire droite. L'opérateur arrive au contact d'une paroi osseuse au niveau du toit des sinus.



Figure 2 : Utilisation de la navigation
Cette paroi apparaît être une néo-cloison et non pas le plancher de l'orbite. Elle peut donc être effondrée en toute sécurité.



approche « minimale invasive » qui peut permettre d'éviter les évidements ethmoïdaux extensifs et leurs conséquences fonctionnelles.

L'installation du système de navigation a allongé dans notre série de façon significative la durée de préparation du geste d'environ 14 minutes. Cette durée est supérieure au temps requis pour l'installation d'autres systèmes de navigation [4,11-12]. Si cette durée varie avec les systèmes disponibles, elle varie aussi avec l'expérience de l'équipe chirurgicale. Nous avons constaté que cette durée avait diminué à environ 10 minutes sur les 10 derniers cas opérés. Si la durée de préparation est allongée, ni la durée opératoire ni la durée totale ne sont augmentées de façon significative comme cela est retrouvé par ailleurs [13-14]. Une des explications à ce phénomène vient du fait que le geste est réalisé dans les mêmes conditions (même technique opératoire avec même instrumentation) avec le système de navigation mais que l'aide fournie par le repérage tridimensionnel permet d'accéder avec plus de rapidité aux lésions à traiter. Ainsi le temps perdu sur la préparation pourrait être « rattrapé » au cours de l'intervention car la durée totale n'est pas significativement allongée. Une autre hypothèse est que la taille de notre série n'est pas assez importante pour mettre en évidence l'allongement de la durée globale d'intervention dont la probabilité est proche du seuil de significativité ($p = 0,07$). Cependant cette dernière hypothèse ne permet pas d'expliquer pourquoi la durée interventionnelle n'est pas modifiée ($p = 0,37$).

Il faut par ailleurs noter qu'indépendamment de l'allongement du temps de préparation de l'intervention, l'utilisation de la neuronavigation nécessite la réalisation d'un protocole d'imagerie spécifique et différent du protocole diagnostique, ce qui est peut être source de contraintes matérielles pour le patient et pour le chirurgien (réalisation de TDM ou IRM supplémentaires, achat du matériel et des consommables).

L'emploi d'un telle technique possède un coût encore difficile à évaluer du fait de l'évolution des prix des examens d'imagerie, des matériels, des consommables et de la fréquence d'utilisation variable d'un appareillage de ce genre. Cependant, il faut savoir que la versatilité de certains modèles permet, au prix de quelques modifications, d'utiliser le même système de navigation en neurochirurgie et en chirurgie de la base du crâne.

Au final, nous pouvons dire que l'utilisation d'un système de navigation permet de garantir au chirurgien des résultats au moins équivalents pour une perte de temps minime. Cependant nous tenons à attirer l'at-

Navigation sinusienne : apports et limites.

tention du lecteur sur le fait que les résultats obtenus sont ceux d'un opérateur rompu aux techniques de chirurgie endoscopique. Il n'est pas possible de savoir si ces résultats auraient été identiques chez un chirurgien novice. C'est pourquoi, si la navigation peut être un atout dans la manche du chirurgien, elle ne peut pas et ne doit pas se substituer à une parfaite connaissance de l'anatomie qui elle seule peut faire basculer les décisions du chirurgien en cas de non concordance des données endoscopiques et de la reconstruction tridimensionnelle.

CONCLUSION

Les systèmes de navigation pour le traitement des pathologies nasosinusiennes offrent au praticien un nouvel outil dans l'arsenal thérapeutique dont il dispose. Dans certaines équipes dont la notre, ils permettent, dans les mains d'un opérateur entraîné, de repousser les indications de la chirurgie endonasale de seconde intention pour une perte de temps non significative. Cependant leurs résultats ne sont pas meilleurs que ceux de la chirurgie endoscopique traditionnelle, particulièrement dans des cas de pathologies habituellement réfractaires à ce type de traitement isolé (ex mucocèles frontales) et en ce sens, la chirurgie assistée par ordinateur ne peut pas se substituer aux voies combinées, associant une voie externe à une voie endoscopique.

Si elle a fait ses preuves entre les mains d'un chirurgien chevronné et dans des cas sélectionnés pour présenter des difficultés opératoires, il reste maintenant à évaluer cet outil dans l'apprentissage de la chirurgie endonasale pour les praticiens novices et pour le traitement des pathologies nasosinusiennes en première intention. Nous gageons que les évolutions technologiques permettront d'accroître la précision et l'ergonomie de ces dispositifs ; cependant il faut rappeler qu'il s'agit d'outils et non de techniques et que leur utilisation est subordonnée à une parfaite connaissance de la technique qui est celle de la chirurgie endonasale sous guidage endoscopique.

RÉFÉRENCES

1. Klimek L, Mosges R, Schlondorff G, Mann W. Development of computer-aided surgery for otorhinolaryngology. *Comput Aided Surg.* 1998; 3: 194-201.
2. Tabae A, Kacker A, Kassenoff TL, Anand V. Outcome of computer-assisted sinus surgery: a 5-year study. *Am J Rhinol.* 2003; 17: 291-297.
3. Rombaux P, Ledeghen S, Hamoir M, Bertrand B, Eloy P, Coche E, Caversaccio M. Computer assisted surgery and endoscopic endonasal approach in 32 procedures. *Acta Otorhinolaryngol Belg.* 2003; 57: 131-137.
4. Anon JB. Computer-aided endoscopic sinus surgery. *Laryngoscope* 1998; 108: 949-961.
5. Khan M, Ecke U, Mann WJ. The application of an optical navigation system in endonasal sinus surgery. *HNO* 2003; 51: 209-215.
6. Schmerber S, Chen B, Lavalée S, Coulomb M, Chirossel JP, Lavielle JP, Reyt E. Computer-assisted video-endoscopic endonasal surgery *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac.* 2001; 118: 35-44.
7. Citardi MJ. Computer-aided frontal sinus surgery. *Otolaryngol Clin North Am.* 2001; 34: 111-122.
8. Venail F, Marlier F, Makeieff M, Garrel R, Romdhane S, Guerrier B, Crampette L. Combined approach (external and endoscopic) for the surgical management of the sinus mucocoeles. *Rev Laryngol Otol Rhinol.* 2003; 124: 165-170.
9. May M, Levine HL, Mester SJ, Schaitkin B. Complications of endoscopic sinus surgery: analysis of 2108 patients--incidence and prevention. *Laryngoscope* 1994; 104: 1080-1083.
10. Grevers G, Leunig A, Klemens A, Hagedorn H. CAS of the paranasal sinuses--technology and clinical experience with the Vector-Vision-Compact-System in 102 patients. *Laryngorhinotologie* 2002; 81: 476-483.
11. Kherani S, Javer AR, Woodham JD, Stevens HE. Choosing a computer-assisted surgical system for sinus surgery. *J Otolaryngol.* 2003; 32: 190-197.
12. Postec F, Bossard D, Disant F, Froehlich P. Computer-assisted navigation system in pediatric intranasal surgery. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2002; 128: 797-800
13. Fried MP, Moharir VM, Shin J, Taylor-Becker M, Morrison P. Comparison of endoscopic sinus surgery with and without image guidance. *Am J Rhinol.* 2002; 16: 193-197.
14. Reardon EJ. Navigational risks associated with sinus surgery and the clinical effects of implementing a navigational system for sinus surgery. *Laryngoscope.* 2002; 112: 1-19.