



Original

Aportaciones de la cirugía guiada por ordenador y navegación en oncología de cabeza y cuello. Una revisión bibliográfica sistemática y actualización



Concepción Centella-Gutiérrez* y Alicia Dean-Ferrer

Unidad de Gestión Clínica de Cirugía Oral y Maxilofacial, Hospital Universitario Reina Sofía, Córdoba, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 19 de noviembre de 2014

Aceptado el 12 de enero de 2015

On-line el 13 de febrero de 2015

Palabras clave:

Tumores craneomaxilofaciales

Cáncer de cabeza y cuello

Cirugía asistida por ordenador

Sistema de navegación

Cáncer oral.

R E S U M E N

Introducción: El objetivo de este trabajo es hacer una revisión y actualización de la literatura sobre la aportación de la planificación quirúrgica y de la navegación en el manejo de la enfermedad oncológica de cabeza y cuello, para valorar y determinar sus aplicaciones actuales.

Material y métodos: Se realiza una búsqueda electrónica empleando los términos *craneo-maxilofacial tumors, head and neck cancer, navigation system, computer-assisted surgery y oral cancer*.

Resultados: El número de artículos encontrados en la revisión de la literatura ha sido de 16, publicados entre los años 1991 y 2014. Entre ellos no hay ninguna revisión sistemática, hay 5 artículos de revisión, 6 series de casos y 5 casos clínicos. Solo 10 artículos aportan información completa en relación con la enfermedad oncológica manejada con tecnología de navegación quirúrgica. Actualmente las aplicaciones de la navegación en oncología de cabeza y cuello pueden enumerarse en las siguientes áreas: biopsia guiada, resección y reconstrucción de tumores, monitorización del volumen del tumor, control de márgenes de resección quirúrgica basados en TC, RMN o PET y sistema de comunicación interdisciplinar.

Conclusiones: Actualmente hay un número escaso de publicaciones sobre las aplicaciones de la navegación quirúrgica en el novedoso ámbito de la oncología de cabeza y cuello. A pesar de la ausencia de revisiones sistemáticas, parece tener un futuro prometedor por la valiosa aportación que hace para el manejo de tumores de cabeza y cuello, como proporcionar precisión anatómica, precisión diagnóstica y seguridad quirúrgica, siendo de gran utilidad en el tratamiento oncológico multidisciplinar.

© 2014 SECOM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la CC BY-NC-ND licencia (<http://creativecommons.org/licencias/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: centellaguti@hotmail.com (C. Centella-Gutiérrez).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.maxilo.2015.01.001>

1130-0558/© 2014 SECOM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la CC BY-NC-ND licencia (<http://creativecommons.org/licencias/by-nc-nd/4.0/>).

Computer-assisted surgery navigation systems in head and neck oncology. An updated systematic literature review

A B S T R A C T

Keywords:

Craniomaxillofacial tumors
Head and neck cancer
Computer-assisted surgery
Navigation system
Oral cancer.

Introduction: The aim of this paper is to perform an updated review of the literature on surgical planning and navigation in the management of head and neck oncological pathology, and to assess and determine its current applications.

Material and methods: An electronic search was conducted using the terms: "craniomaxillofacial tumors", "head and neck cancer", "navigation system", "computer-assisted surgery", and "oral cancer".

Results: Sixteen articles have been published between 1991 and 2014. These are 5 reviews, 6 case series, and 5 case reports, but no systematic review. There were 10 articles that provided complete information regarding oncological disease managed with surgical navigation technology. Navigation applications in head and neck oncology can currently be divided into the following categories: guided biopsy, tumor resection and reconstruction, monitoring tumor volume, control of surgical resection margins based on CT, MRI or PET, and interdisciplinary communication network.

Conclusions: Currently, there are a limited number of publications on the applications of surgical navigation in the new field of head and neck oncology. Despite the lack of systematic reviews, there seems to be a promising future for the valuable contribution made by navigation to the management of head and neck tumors, by providing anatomic and diagnostic accuracy, and surgical safety. Navigation will show to be of great use in the multidisciplinary cancer treatment.

© 2014 SECOM. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

El uso de la tecnología de la cirugía asistida por ordenador (CAS) y navegación en oncología de cabeza y cuello comenzó a describirse en 1995 por A. Wagner¹. En la última década la evolución tecnológica ha permitido el empleo habitual de la navegación en el manejo multidisciplinar de la oncología de cabeza y cuello, proporcionando precisión anatómica y diagnóstica, seguridad quirúrgica con una orientación anatómica excelente en tiempo real y una herramienta de comunicación muy útil entre los distintos especialistas involucrados en el tratamiento de estos pacientes². Además, desde el punto de vista quirúrgico la compleja anatomía de la cabeza y el cuello supone un gran desafío, donde el equilibrio entre una resección completa y una buena función postoperatoria y calidad de vida es, a menudo, difícil.

El objetivo de este trabajo es hacer una revisión y actualización de la literatura sobre las aportaciones de la planificación quirúrgica y de la navegación en la enfermedad oncológica de cabeza y cuello, para determinar sus aplicaciones actuales y valorar qué papel tiene en el manejo de esta.

Material y métodos

La búsqueda bibliográfica se ha realizado electrónicamente a través de las bases de datos y motores de búsqueda Medline (PubMed), Cochrane Plus y Scielo. Se han empleado los términos médicos: *craniomaxillofacial tumors*, *head and neck cancer*, *navigation system*, *computer-assisted surgery* y *oral cancer*. Se han seleccionado los artículos que utilizan tecnología de cirugía

virtual y navegación en el tratamiento de tumores de cabeza y cuello. Se han excluido los artículos donde hablan de la técnica general de planificación virtual y navegación, pero no aportaban datos concretos de los casos tratados.

Resultados

El número de artículos encontrados en la revisión de la literatura sobre navegación quirúrgica en oncología de cabeza y cuello ha sido de 16, publicados entre los años 1991 y 2014, de los cuales 7 son de los últimos 5 años. Entre ellos no se ha encontrado ninguna revisión sistemática, hay 5 artículos de revisión bibliográfica, 6 series de casos y 5 casos clínicos. El mayor número de trabajos procedían de Alemania (5 de los 16 artículos). Solo 10 aportaban información en relación con la enfermedad oncológica manejada con tecnología de navegación quirúrgica (tabla 1). El número total de pacientes de toda la navegación de cabeza y cuello ha sido de 350, de los cuales aparecen descritos 64 casos oncológicos. De estos, en solo 21 casos se aporta información más precisa de las características tumorales. Histopatológicamente 6 fueron benignos (3 fibromas osificantes, 2 displasias fibrosas y un osteoma), 13 malignos (8 carcinomas de células escamosas, 3 carcinomas adenoides quísticos, un carcinoma intraóseo, un carcinoma mucoepidermoide) y 2 sin especificar. Las localizaciones anatómicas de los casos descritos fueron órbita (2 casos), tercio medio facial (13 casos), cavidad oral (6 casos). De los sistemas de navegación existentes en el mercado, el más frecuentemente utilizado en la cabeza y el cuello en esta revisión ha sido el Vector Vision® (Brainlab, Alemania) (5 de los 16 artículos).

Tabla 1 – Navegación quirúrgica en oncología de cabeza y cuello. Características de los artículos

Año	Autor	País	Tipo de estudio (n.º casos)	Sistema de navegación Software planificación	Enfermedad oncológica	Localizaciones anatómicas
2014	Guijarro et al. ⁴	Suiza	Estudio preliminar descriptivo. (no consta)	Vector Vision (Brainlab, Alemania) iPlan 3.0 (Brainlab, Alemania)	Ca intraóseo, SCC	Maxilar superior, fosa nasal, seno maxilar
2014	Schilling et al. ¹²	Reino Unido	Caso clínico (1)	SurgicEye, Alemania	Ca mucoepidermoide	Glándula parótida (1)
2013	Yu et al. ¹⁵	China	Serie de casos (5)	Acc-Navi (Multifunctional Surgical Navigation System, Shanghai, China)	Fibroma osificante (3) y displasia fibrosa (2)	Tercio medio facial (5)
2013	Yu et al. ¹⁴	China	Serie de casos (104)	Acc-Navi (Multifunctional Surgical Navigation System, Shanghai, China) (97 casos) Stryker Leibinger Navigation (Alemania) (7 casos)	Tumor óseo/cartilaginoso (sin especificar histopatología)	Mandíbula (3)
2013	Bittermann et al. ¹⁶	Alemania	Caso clínico (1)	iPlan 3.0 (Brainlab, Alemania).	No especificado	Órbita y tercio medio facial (1)
2012	Rana et al. ²	Alemania	Serie de casos (68)	iPlan 3.0 (Brainlab)	SCC (2), ACC (1), biopsia orbitaria (1)	Senos maxilares (2), cavidad nasal (2), órbita (1)
2010	Feichtinger et al. ⁵	Austria	Serie de casos (6)	StealthStation TREON plus (Medtronic, EE. UU.) StealthMerge (Medtronic, EE. UU.)	SCC (4), ACC (2) estadio T4	Senos maxilares (3), cavidad oral (2), cavidad nasal (1)
2005	Ewers et al. ³	Austria	Revisión (158 casos clasificados en 5 grupos de tratamiento)	VISIT surgical navigation (Viena, Austria) Stryker Leibinger Navigation System (Stryker, Alemania)	Biopsia guiada, resección tumores, sin especificar tamaño de muestra ni histopatología	No especificado
2005	Nijmeh et al. ¹⁰	Reino Unido	Casos clínicos (2), revisión y actualización	Microscope-Assisted Guided Interventions (MAGI) VectorVision (Brainlab, Alemania)	SCC Osteoma	Maxilar superior Mandíbula
2005	Hohlweg-Majert et al. ¹³	Alemania	Serie de casos (107)	Stryker Leibinger Navigation System (Stryker, Germany).	No consta (43 oncológicos)	No consta

ACC: carcinoma adenoide quístico; Ca: carcinoma; SCC: carcinoma de células escamosas.

Solo 3 artículos realizaban medición de la precisión de los sistemas de navegación tras el registro intraoperatorio (el error medido fue inferior a 1 mm en 2 de ellos y en otro calcularon la precisión media, que fue de $1,3 \pm 0,6 \text{ mm}^2$). En varios de los trabajos se mencionaba la utilización de la navegación con instrumentos quirúrgicos, pero solo uno mostraba la imagen de un motor para realizar la línea de osteotomía. Las aplicaciones de la navegación en oncología de cabeza y cuello que se describen son: biopsia guiada, resección y reconstrucción de tumores, monitorización del volumen del tumor, control de márgenes de resección quirúrgica basados en tomografía computarizada (TC), resonancia magnética nuclear (RMN) o tomografía por emisión de positrones (PET) y sistema de comunicación interdisciplinar.

En 2 de los estudios se realizó control de la precisión postoperatoria de la reconstrucción con prueba de imagen (TC). Las desviaciones medias entre el diseño preoperatorio de la reconstrucción y los resultados tras la cirugía fueron de $1,87 \pm 0,45 \text{ mm}$ y de $1,46 \pm 0,24 \text{ mm}$. En varios artículos se mencionaba el alto coste económico de los equipos de navegación, aunque no se reflejaba la cuantía económica. Uno de los artículos sí estudió el tiempo adicional invertido (20 min para la planificación preoperatoria y otros 20 min más durante el procedimiento quirúrgico). No se calculó objetivamente el tiempo quirúrgico ahorrado. En la revisión de Ewers³ sí realizaron una evaluación cualitativa en función de 2 criterios: estimación empírica de los «beneficios médicos» y «gasto». Los procedimientos que obtuvieron una mejor calificación cualitativa en relación con el coste/beneficio del empleo de las técnicas de navegación en cirugía maxilofacial fueron: implantología, osteotomías del esqueleto facial, artroscopias de ATM, cuerpos extraños y biopsia guiada³.

Discusión

La aplicación clínica de la navegación en oncología de cabeza y cuello puede realizarse en varios momentos del tratamiento. Durante la planificación se analizan en una estación de trabajo las imágenes preoperatorias disponibles en formato *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM), que se importan desde un servidor *Picture Archiving and Communication System* (PACS)⁴. Podemos obtener fusiones de las imágenes de TC y RMN e incluso de PET^{4,5}. De ese modo, se pueden visualizar de forma conjunta tejidos blandos y duros junto con el tumor en 3 dimensiones. En quirófano se realiza un registro intraoperatorio, basado en las imágenes preoperatorias y en la identificación de determinados puntos en el paciente. De esta forma, el sistema permite integrar la información espacial del paciente real con un paciente virtual, que son las imágenes de TC o RMN, disponiendo de una información precisa de la localización anatómica durante el procedimiento quirúrgico.

El uso de la tecnología de la navegación ha demostrado un gran potencial en el ámbito de la cirugía oral y maxilofacial. Fue introducida hace más de 15 años en procedimientos como extracción de cuerpos extraños⁶, biopsia guiada^{3,7}, traumatología facial primaria, cirugía de la base del cráneo⁸, cirugía ortognática³, implantología y reconstrucciones postraumáticas^{6,8,9}. Su aplicación en oncología de

cabeza y cuello se comenzó a describir en 1995¹, aunque su empleo rutinario se ha visto limitado debido a su elevado coste y también a la deformación que sufren los tejidos blandos, que limita su aplicación en la cabeza y el cuello a una serie de tumores con características determinadas¹⁰. Las zonas anatómicas más adecuadas para la navegación quirúrgica son el tercio superior de la cara (base del cráneo, órbita, seno frontal, contorno craneal), el tercio medio de la cara (órbita, fosa nasal, senos maxilares, región preauricular, ATM), tercio inferior (la mandíbula es navegable si la inmovilizamos con el resto de la cara o navegando la mandíbula como objeto independiente). En el caso de los tumores óseos, con una estructura y márgenes relativamente estables, la navegación intraoperatoria es un recurso recomendado para trazar los márgenes de resección y como guía durante la reconstrucción⁸⁻¹¹.

Biopsia guiada

Las biopsias fueron los primeros procedimientos donde se empleó la tecnología de la navegación en la cabeza y el cuello^{3,7}. Es particularmente útil en espacios anatómicos de difícil acceso y en casos de tumores próximos a estructuras vitales³ (órbita, espacio pterigomaxilar e infratemporal, base del cráneo) (fig. 1). También se ha empleado recientemente en la biopsia del ganglio centinela en el manejo del cáncer de parótida¹².

Resección de tumores, control de estructuras anatómicas

Las técnicas de navegación han hecho posible el tratamiento quirúrgico de tumores de difícil acceso. El tratamiento de los tumores malignos próximos a la base del cráneo precisa de una determinación tridimensional preoperatoria de la extensión del tumor, definición precisa de los márgenes de resección y de las estructuras vitales relacionadas con el tumor y con los límites de resección¹³. Habitualmente, los tumores localizados en esta región anatómica precisan de un tratamiento neoadyuvante con quimioterapia y/o radioterapia. Los efectos de estos tratamientos sobre los límites del tumor se pueden visualizar con claridad en la planificación. El empleo de la navegación en la base lateral de cráneo y ATM es reciente y aporta importantes beneficios, ya que la anatomía de esta región es compleja y existe un alto riesgo de complicaciones (daño del nervio facial, duramadre, oído interno, arteria carótida, producción de fistulas de LCR)⁸. Aporta ventajas como la disminución del tiempo quirúrgico, permite realizar unos abordajes más efectivos y seguros, preservando la integridad de estructuras anatómicas importantes y aumenta la seguridad de los márgenes de resección.

Reconstrucción después de una cirugía ablativa de tumores

Tras una resección tumoral se precisa de una información exacta para definir correctamente la forma y posición de la reconstrucción y predecir los resultados postoperatorios^{14,15}. Los softwares de diseño y modelado (CAD-CAM) han mejorado la estrategia quirúrgica en cirugía reconstructiva del esqueleto craneomaxilofacial (fig. 2). El tiempo adicional invertido en el

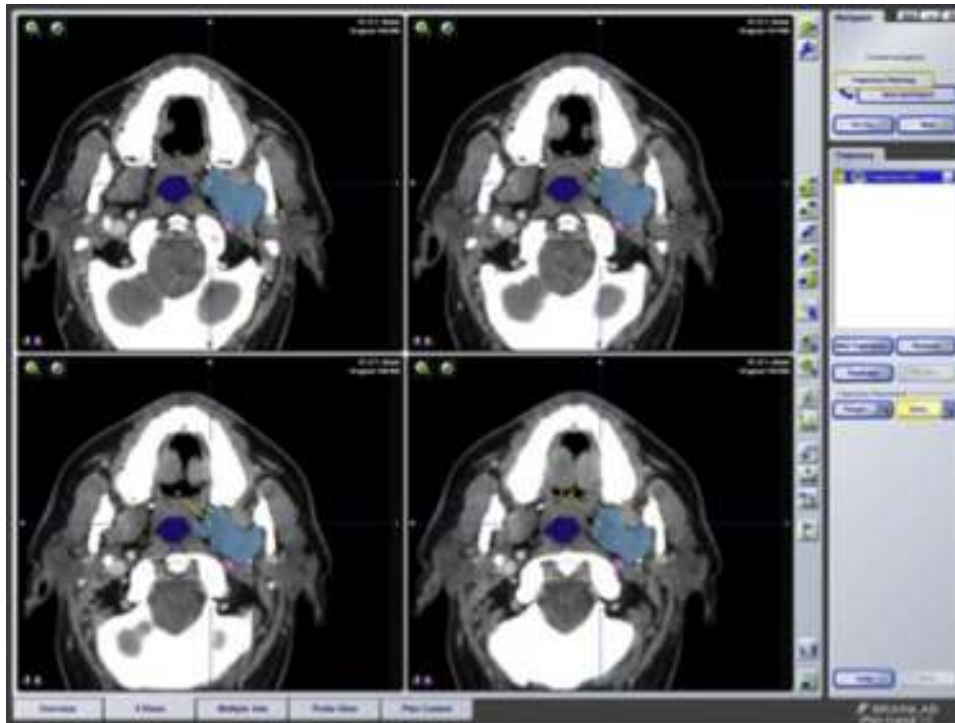


Figura 1 – Diseño de trayectorias para acceso a un tumor del espacio pterigomaxilar.



Figura 2 – Planificación virtual de los márgenes de resección de un carcinoma epidermoide con afectación mandibular y planificación de la reconstrucción.

proceso de planificación se ahorra durante la cirugía gracias a una interpretación más fácil de la situación clínica, y a poder realizar en tiempo real un control de calidad intraoperatorio del proceso reconstructivo².

Control de márgenes

En cirugía oncológica de cabeza y cuello uno de los factores pronósticos más importantes es la resección completa del

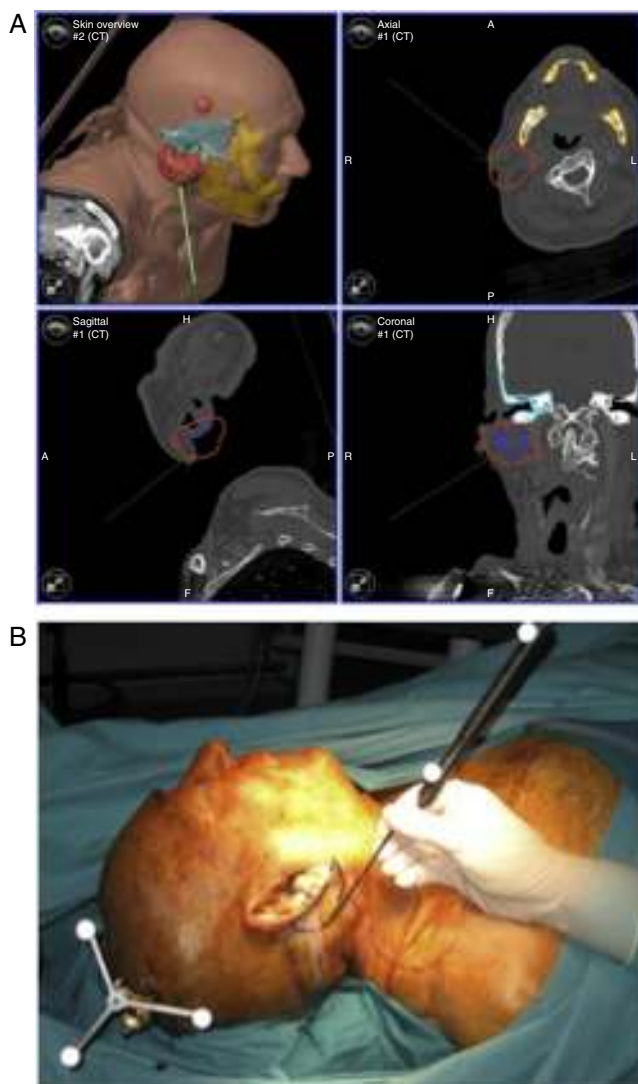


Figura 3 – A y B. Carcinoma epidermoide recidivante de piel. Navegación de los márgenes de resección.

tumor y un buen control de márgenes. La planificación preoperatoria permite al cirujano simular las condiciones quirúrgicas con una excelente precisión (error menor de 1 mm), permitiendo definir los márgenes de resección con más exactitud (figs. 3 A y B). No se ha encontrado ningún trabajo que compare los resultados de la resección de tumores con las técnicas convencionales y las guiadas con navegación. Solo en un artículo⁵ se realiza un control intraoperatorio guiado con navegación de la resección de márgenes en 6 casos de cáncer avanzado de cabeza y cuello y se describen, sin análisis ni comparación posteriores, variables como la necesidad de resección adicional, márgenes histológicos, necesidad de RT postoperatoria, recurrencia y supervivencia. Los autores concluyen que puede ser una herramienta útil para mejorar el control local del tumor, porque permite visualizar si los márgenes de resección han sido adecuados tras la ablación tumoral y, por tanto, la necesidad o no de ampliar márgenes en el mismo acto quirúrgico.

Comunicación

La tecnología de la navegación permite transferir datos para comunicar información específica del tumor (invasión de vasos sanguíneos, nervios, base del cráneo y zonas no reseables) al patólogo, oncólogo y radioterapeuta para optimizar el tratamiento y seguimiento del paciente. Hay autores que, intraoperatoriamente, marcan los márgenes de resección empleando clips de titanio en los márgenes de tejido blando a intervalos de 10 mm¹⁶, que se pueden visualizar en las imágenes de fusión de la TC pre y postoperatoria. Estos datos se transmiten al oncólogo radioterapeuta, que los puede integrar a la TC de simulación. Se ha publicado recientemente un estudio preliminar donde los autores describen una red de trabajo multidisciplinar asistida por navegación que emplean rutinariamente en el manejo de los tumores de cabeza y cuello mediante un software de planificación⁴.

Conclusiones

Las aportaciones de la cirugía asistida por ordenador (CAS) y la navegación en oncología de cabeza y cuello se resumen en las siguientes áreas: biopsia guiada, resección y reconstrucción de tumores, monitorización del volumen del tumor, control de márgenes y sistema de comunicación interdisciplinar. Actualmente hay un número escaso de publicaciones sobre las aplicaciones de la navegación quirúrgica en el novedoso ámbito de la oncología de la cabeza y el cuello. A pesar de la ausencia de revisiones sistemáticas, parece tener un futuro prometedor por la valiosa aportación que hace, como proporcionar seguridad quirúrgica y precisión anatómica y diagnóstica, demostrando ser una herramienta muy útil en el tratamiento oncológico multidisciplinar de los tumores de cabeza y cuello. De hecho, creemos que la navegación va a ser uno de los grandes avances en el manejo de los pacientes con cáncer de cabeza y cuello. La realización y publicación de nuevos trabajos de investigación en esta disciplina sentará los principios de la cirugía asistida por ordenador (CAS) y navegación quirúrgica en tumores de cabeza y cuello.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. Wagner A, Ploder O, Enislidis G, Truppe M, Ewers R. Virtual image guided navigation in tumor surgery—technical innovations. *J Craniomaxillofac Surg.* 1995;23:271–3.
2. Rana M, Essig H, Eckardt AM, Tavassol F, Ruecker M, Schramm A, et al. Advances and innovations in computer-assisted head and neck oncologic surgery. *J Craniofac Surg.* 2012;23:272–8.
3. Ewers R, Schicho K, Undt G, Wanschitz F, Truppe M, Seemann R, et al. Basic research and 12 years of clinical experience in computer-assisted navigation technology: A review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2005;34:1–8.
4. Guijarro Martinez R, Gellrich NC, Witte J, Tapioles D, von Briel C, Kolotas C, et al. Optimization of the interface between radiology, surgery, radiotherapy, and pathology in head and neck tumor surgery: A navigation-assisted multidisciplinary network. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2014;43:156–62.
5. Feichtinger M, Pau M, Zemmann W, Aigner RM, Kärcher H. Intraoperative control of resection margins in advanced head and neck cancer using a 3D-navigation system based on PET/CT image fusion. *J Craniomaxillofac Surg.* 2010;38:589–94.
6. Siessegger M, Mischkowski RA, Schneider BT, Krug B, Klesper B, Zöllner JE. Image guided surgical navigation for removal of foreign bodies in the head and neck. *J Craniomaxillofac Surg.* 2001;29:321–5.
7. Watanabe E, Mayanagi Y, Kosugi Y, Manaka S, Takakura K. Open surgery assisted by the Neuronavigator, a stereotactic, articulated, sensitive arm. *Neurosurgery.* 1991;28:792–9.
8. Schramm A, Suarez-Cunqueiro M, Barth E, Essig H, Bormann K, Kokemueller H, et al. Computer-assisted navigation in craniomaxillofacial tumors. *J Craniofac Surg.* 2008;19:1067–74.
9. Rudman K, Hoekzema C, Rhee J. Computer-assisted innovations in craniofacial surgery. *Facial Plastic Surg.* 2011;27:358–65.
10. Nijmeh AD, Goodger NM, Hawkes D, Edwards PJ, McGurk M. Image-guided navigation in oral and maxillofacial surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2005;43:294–302.
11. To EW, Yuen EH, Tsang WM, Lai EC, Wong GK, Sun DT, et al. The use of stereotactic navigation guidance in minimally invasive transnasal nasopharyngectomy: A comparison to the conventional open transfacial approach. *Br J Radiol.* 2002;75:345–50.
12. Schilling C, Gnanasegaran G, McGurk M. Three-dimensional imaging and navigated sentinel node biopsy for primary parotid malignancy: New application in parotid cancer management. *Head Neck.* 2014;36:E91–3.
13. Hohlweg-Majert B, Schön R, Schmelzeisen R, Gellrich NC, Schramm A. World navigational maxillofacial surgery using virtual models. *J Surg.* 2005;29:1530–8.
14. Yu H, Wang X, Zhang S, Zhang L, Xin P, Shen SG. Navigation-guided en bloc resection and defect reconstruction of craniomaxillary bony tumors. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2013;42:1409–13.
15. Yu H, Shen SG, Wang X, Zhang L, Zhang S. The indication and application of computer-assisted navigation in oral and maxillofacial surgery—Shanghai's experience based on 104 cases. *J Craniomaxillofac Surg.* 2013;41:770–4.
16. Bittermann G, Scheifele C, Prokic V, Bhatt V, Henke M, Grosu AL, et al. Description of a method: Computer generated virtual model for accurate localization of tumor margin, standardized resection, and planning of radiation treatment in head & neck cancer surgery. *J Craniomaxillofac Surg.* 2013;41:279–81.