

**Aplicação de sistemas de navegação no trauma bucomaxilofacial: uma revisão de literatura**

**Application of navigation systems in oral and maxillofacial trauma: a literature review**

DOI:10.34117/bjdv6n12-199

Recebimento dos originais: 09/11/2020

Aceitação para publicação: 09/12/2020

**Douglas Fabrício da Silva Farias**

Discente do curso de Odontologia pelo Centro Universitário do Norte (UniNorte)

Endereço: Av. Leonardo Malcher, 715 - Centro, Manaus – AM

E-mail: doug.fabricio03@gmail.com

**Vitor Hugo Tavares Leão**

Discente do curso de Odontologia pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Endereço: Av. Ayrão, 1539 - Praça 14 de Janeiro, Manaus – AM

E-mail: vitor.leaoam@gmail.com

**Camila Regina Costa Falcão**

Discente do curso de Odontologia pelo Centro Universitário do Norte (UniNorte)

Endereço: Av. Leonardo Malcher, 715 - Centro, Manaus – AM

E-mail: camilarfalcao@gmail.com

**Natália Maria da Silva Sacramento**

Discente do curso de Odontologia pelo Centro Universitário do Norte (UniNorte)

Endereço: Av. Leonardo Malcher, 715 - Centro, Manaus – AM

E-mail: nahtalya18@gmail.com

**Radamés Bezerra Melo**

Doutor em Cirurgia pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

Instituição: Faculdade Paulo Picanço

Endereço: R. Joaquim Sá, 900 - Dionísio Torres, Fortaleza – CE

E-mail: radamesbmelo@hotmail.com

**Diogo Henrique Ohse**

Cirurgião Bucomaxilofacial. Mestrando do programa de pós-graduação em Cirurgia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Amazonas (PPGRACI-UFAM).

Endereço: R. Afonso Pena, 1053 - Centro, Manaus – AM

E-mail: dhohse@hotmail.com

**Giorge Pessoa de Jesus**

Doutor em Cirurgia Bucomaxilofacial. Professor do programa de pós-graduação em Cirurgia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Amazonas (PPGRACI-UFAM).

Endereço: R. Afonso Pena, 1053 - Centro, Manaus – AM

E-mail: giorgepessoa@ufam.edu.br

**Yuri da Silva Pimenta**

Cirurgião Bucomaxilofacial. Mestrando do programa de pós-graduação em Cirurgia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Amazonas (PPGRACI-UFAM).

Endereço: R. Afonso Pena, 1053 - Centro, Manaus – AM

E-mail: ypimenta@hotmail.com

**RESUMO**

As fraturas faciais são injúrias comuns e o seu manejo entra em uma das principais áreas de atuação do cirurgião bucomaxilofacial, dentre as quais estão as fraturas do complexo zigomático-orbitário, que em determinados casos podem se tornar bastante desafiadoras até mesmo para cirurgiões experientes. Em meio aos demais métodos de tratamento existentes, a cirurgia guiada por navegação surgiu como uma modalidade promissora. Esta revisão de literatura tem como objetivo mostrar uma visão geral da aplicação dos sistemas de navegação na cirurgia do trauma bucomaxilofacial. Foi realizado um levantamento bibliográfico de 1980 a 2020 na base de dados do PubMed com a inclusão de 66 artigos relacionados com ênfase em fraturas faciais, tendo como principal foco fraturas de órbita. Ao longo dos anos, diversas modalidades de tratamento foram estabelecidas para os traumatismos da região bucomaxilofacial. A partir da evolução dos procedimentos de estereotaxia, do advento da tomografia computadorizada e do planejamento cirúrgico virtual, o manejo das fraturas faciais pôde então ser manipulado com a navegação intraoperatória. Os sistemas de navegação podem ser comparados a um sistema de posicionamento global, popularmente conhecido como GPS, o que permite a sincronização em tempo real da posição dos instrumentais com os exames de imagem da anatomia do paciente durante a operação. Isso possibilita realizar uma cirurgia com maior precisão em comparação com tratamentos tradicionais, além de diminuir as taxas de complicações pós-operatórias. Os resultados apresentados nesta revisão apontam que, em virtude da necessidade de investimentos financeiros associados e uma curva de aprendizado inicial, quando as técnicas são suficientemente dominadas o resultado do tratamento torna-se extremamente favorável.

**Palavras-chave:** Fraturas Orbitárias, Traumatismos Faciais, Cirurgia Assistida por Computador, Sistema de Posicionamento Global.

**ABSTRACT**

The facial fractures are common injuries and its management enters in one of the major areas of the oral and maxillofacial surgeon, which include the zygomatic-orbital fractures, which can become very challenging even to experienced surgeons. Among the existing treatment methods, navigation-guided surgery has emerged as a promising modality. This literature review aims to show an overview of the application of navigation systems in the oral and maxillofacial trauma surgery. A bibliographic survey was carried out from 1980 to 2020 in the PubMed electronic database with the inclusion of 66 related articles with an emphasis on facial fractures, focusing primarily on orbit fractures. Based on the evolution of stereotaxy procedures, the advent of computed tomography and virtual surgical planning, the management of facial fractures can then be manipulated with intraoperative navigation. The navigation systems can be compared with a global positioning system, popularly known as GPS, which allows real-time synchronization of the position of the instruments with the imaging exams of the patient's anatomy during the operation. This makes it possible to perform surgery with greater accuracy compared to traditional treatments, in addition to decreasing the rates of postoperative complications. The results presented in this review indicate that even with the financial investments necessity and an initial learning curve, when the techniques are sufficiently mastered, the result of the treatment becomes extremely favorable.

**Keywords:** Orbital Fractures, Facial Injuries, Computer-Assisted Surgery, Global Positioning System.

## 1 INTRODUÇÃO

As fraturas faciais são injúrias comuns nos dias atuais e o seu manejo entra em uma das principais áreas de atuação do cirurgião bucomaxilofacial. Pela exposição livre da cabeça, a mesma se torna um alvo fácil, tal como vulnerável a contratempos que possam eventualmente ocorrer (WALTON et al., 1982). O complexo zigomático-orbitário faz parte de um conjunto de ossos do terço médio da face que contribui essencialmente para a largura e proeminência da face média, além das projeções do globo ocular, o que favorece primordialmente na questão do papel da estética facial e funções oculares (GOMES et al., 2020).

Fraturas orbitais complexas podem se tornar bastante desafiadoras, até mesmo para cirurgias experientes (SUKEWAGA et al., 2017; THAKKER et al., 2019), justamente por conta da sua visão limitada a partir dos pequenos acessos cirúrgicos, da difícil manipulação do prolapso dos tecidos moles intraorbitais e da complexa reconstrução da arquitetura tridimensional da órbita óssea posterior. Um estudo retrospectivo de Jaquiéry et al. (2007) demonstrou que as reconstruções precoces de grandes defeitos orbitários são fundamentais para bons resultados estéticos e funcionais, todavia outros determinantes como o deslocamento e/ou atrofia da gordura intraconal devem ser considerados.

Uma variedade de tratamentos foi explorada ao longo dos anos para diminuir as taxas de complicações perioperatórias e melhorar os resultados desse tipo de caso. Deste modo, por meio da evolução tecnológica, recursos inovadores como a navegação cirúrgica com seus artifícios promissores passou a ser utilizada como um dos métodos terapêuticos no trauma maxilofacial (SHIN et al., 2016). O sistema de navegação é uma nova modalidade cirúrgica, a qual é baseada na sincronização da posição intraoperatória dos instrumentais com os exames de imagem da anatomia do paciente. Além de possibilitar a detecção precisa do posicionamento cirúrgico reconstrutivo em tempo real, essa tecnologia proporciona uma maior segurança, previsibilidade e confiabilidade do procedimento ao profissional (AZARMEHR et al., 2017; WILDE et al., 2014).

Os sistemas de navegação assistidos por computador foram inicialmente utilizados no campo da neurocirurgia no final da década de 80 (WATANABE et al., 1987). Na cirurgia craniomaxilofacial, foi implementada no final dos anos 90 e início dos anos 2000 na Europa (WATZINGER et al., 1997). A reconstrução orbital guiada por navegação cirúrgica foi introduzida pela primeira vez por Gellrich et al. (2002). Anos depois, diversos autores modificaram e aprimoraram as técnicas utilizadas nos sistemas de navegação com o auxílio de novas tecnologias (BLY et al., 2013; ESSIG et al., 2013; MARKIEWICZ et al., 2018). Esses sistemas de navegação podem ser comparados a um aparelho de sistema de posicionamento global, popularmente conhecido como GPS, que é utilizado em automóveis. Isso significa que os componentes localizados no sítio operatório podem ser rastreados pela plataforma de navegação em tempo real (KANNO et al., 2018).

O propósito dessa revisão de literatura é apresentar uma visão geral da aplicação dos sistemas de navegação na cirurgia oral e maxilofacial, tendo como principal ênfase sua utilização na traumatologia, com foco no trauma orbital, onde são discutidos os principais aspectos do emprego dessa tecnologia no âmbito clínico-cirúrgico.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Foi realizado um levantamento bibliográfico de 1980 a 2020 na base de dados eletrônica do PubMed com a inclusão de 66 artigos relacionados ao tema. A cirurgia por navegação voltada ao trauma bucomaxilofacial foi a principal área de interesse no que diz respeito a inclusão dos mesmos artigos para o desenvolvimento desta revisão de literatura.

### 2.1 HISTÓRICO

No final do século XIX, Carl Dittmar foi o primeiro a manipular os fundamentos da estereotaxia. Este método é baseado na associação entre o uso de um atlas e um sistema estereotáxico, sendo o último uma ferramenta denominada de moldura, o qual é acoplada à cabeça do paciente (BOURDILLON et al., 2018). Esse procedimento possibilitava realizar um rastreamento de uma estrutura intracraniana específica através de um sistema de coordenadas atribuído pelo atlas estereotáxico relacionado com o exame radiográfico do paciente (GILDENBERG et al., 1987).

Com o desenvolvimento da tomografia computadorizada e ressonância magnética (TC e RM), métodos de tratamento mais precisos foram criados para o manejo de condições intracranianas, o que garantia uma grande vantagem quando comparado ao uso de exames radiográficos tradicionais (LEKSELL et al., 1980). A rápida evolução dos computadores tornou possível utilizar e visualizar com agilidade uma grande quantidade de dados produzidos por imagens digitais, viabilizando assim a aplicação da estereotaxia sem moldura quando utilizada em conjunto com os exames de imagem associados (GOERSS et al., 1982; PERRY et al., 1980).

Todos esses eventos foram precursores para a origem do primeiro sistema de navegação, que foi introduzido inicialmente por Watanabe et al. (1987). A assim chamada “neuronavegação”, adota a localização intraoperatória seletiva de estruturas anatômicas baseadas nas informações adquiridas nos exames de TC ou RM antes do procedimento. A partir daí, no final da década de 80 e início da década de 90 diversas especialidades cirúrgicas, entre elas a Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial (CTBMF), adotaram esse método como uma de suas ferramentas operatórias, onde inicialmente já adquiriram resultados satisfatórios atingindo por volta de 2mm de acurácia (HASSFELD et al., 1995).

## 2.2 SISTEMA DE NAVEGAÇÃO

O primeiro sistema disponível comercialmente, denominado “*Viewing Wand System*” (ISG Technologies Inc., Toronto, Ontario, Canada), foi amplamente utilizado por inúmeros profissionais no que diz respeito à sua aplicação em procedimentos em que a navegação intraoperatória se mostrava necessária (DYER et al., 1995).

Atualmente existem diversos tipos de sistemas de navegação, sendo eles o sistema óptico, eletromagnético, eletromecânico e o baseado por ultrassom. Todos possuem a capacidade de transmitir um modelo de imagem 3D a partir dos cortes multiplanares axiais, coronais e sagitais (BEUMER et al., 2009).

A navegação guiada por óptica é o sistema mais utilizado por sua precisão de cerca de 1mm e difícil interferência associada a fatores ambientais do centro cirúrgico. A emissão de luz dada por câmeras infravermelhas ou LEDs permite a detecção dos instrumentais e sonda de navegação através do reflexo de marcadores esféricos o qual devem estar anexados ao instrumental (CHU et al., 2006).

Os sistemas eletromagnéticos possuem uma fonte de um campo magnético e um transmissor que é fixado em um trilho lateral na mesa cirúrgica. A posição dos instrumentais é calculada por meio de um sensor acoplado ao mesmo, o qual detecta alterações do campo magnético da região a ser operada. Apesar de sua precisão ser cerca de 2-4mm, sua desvantagem surge quando da utilização de objetos de natureza ferromagnética o qual estão presentes no ambiente operatório, cujo criam distúrbios e artefatos na imagem (FRANTZ et al., 2003; FRIED et al., 1997).

A navegação eletromecânica é baseada em um braço sensor multiarticular, onde a posição da sonda acoplada ao braço é calculada e então exibida nos exames de imagem do computador. Sua vantagem condiz com sua falta de interferência por condições ambientais da sala de cirurgia e sua precisão intraoperatória de 1-3mm, no entanto sua desvantagem condiz com o formato e peso dessa ferramenta (SIPOS et al., 1996).

O sistema baseado em ultrassom é embasado na emissão de sinais acústicos de microfones instalados na sala de cirurgia. Marcadores para rastreamento no formato de esferas localizadas na cabeça do paciente, associada a microfones em seus locais definidos, permitem que o computador calcule a posição do instrumental. Ecos e ruídos podem influenciar na precisão da medição dessa ferramenta, além da perturbação das correntes de ar pela convecção (KLIMEK et al., 1998).

A navegação cirúrgica é semelhante ao sistema de posicionamento global (Global Positioning System [GPS]), que além de serem comumente utilizados em celulares, os sistemas de navegação empregam deste mesmo artifício para seu aparato tecnológico (DEMIAN et al., 2019). Esses sistemas possuem três componentes principais: um localizador, que é similar a um satélite no espaço; uma sonda

(instrumental), a qual representa as ondas da via emitida pelo GPS no veículo; e o exame de imagem do paciente (e.g. TC ou RM), que é análogo ao mapa do GPS (KANNO et al., 2018).

### 2.3 REGISTRO

O registro, é o passo mais importante para obter precisão na navegação. É definido como uma correlação existente entre o conjunto de dados e determinados pontos de referência localizados no sítio a ser operado no paciente, o qual é feito a partir de diversas transformações no computador (UDHAY et al., 2019).

A primeira delas, denominada T1, permite o cálculo da posição do instrumento a partir de elementos de referência fixos na ponta do mesmo. A T2 calcula a posição da moldura de referência dinâmica (MRD) em relação à câmera. Com o sistema navegador óptico, movimentos intraoperatórios deliberados ou acidentais podem ser registrados por LEDs montados no MRD, permitindo o cálculo em T3. Na transformação T4, há uma correlação entre os pontos de referência do espaço junto aos pontos presentes nos exames de imagem (ZAMORANO et al., 1994).

Quando o registro é concluído, há uma ligação final entre o conjunto de dados, a câmera, o instrumental e o MRD, permitindo assim um novo cálculo sempre que ocorrer uma mudança na posição em qualquer um desses elementos. A etapa de registro do paciente pode ser feita a partir de métodos invasivos e não invasivos, onde sua indicação dependerá da localização e padrão de fratura que o paciente apresenta (EGGERS et al., 2006).

### 2.4 PLANEJAMENTO PRÉ-OPERATÓRIO

Atualmente, a partir dos avanços tecnológicos tornou-se possível o planejamento cirúrgico assistido por computador através de diversos softwares, o que possibilita a criação de simulações ilimitadas do procedimento virtual no pré-operatório, além de apresentar ricos detalhes anatômicos (SCOLOZZI et al., 2017). Seu objetivo principal é criar um modelo virtual com base nos exames de imagem do paciente (e.g. TC ou RM), para planejar e executar virtualmente o procedimento buscando o resultado desejado do tratamento (QUINONES et al., 2018).

Esse método de planejamento apresenta como recursos isolar segmentos de forma arbitrária do esqueleto facial para posicioná-los como o cirurgião bem desejar, além de espelhar a região não afetada para a região atingida pelo trauma para possibilitar uma melhor previsibilidade e segurança na reconstrução (ZHANG et al., 2018). Isso tudo traz a possibilidade de simular a cirurgia virtualmente e o resultado do planejamento virtual pode ser utilizado como recurso na aplicação da navegação intraoperatória. Quando finalizada essa etapa, a aquisição de dados a partir do registro dos exames de

imagem pode ser executada e então importada para o sistema de navegação (FULLER et al., 2007; HAN et al., 2018).

A ponta da sonda utilizada para o registro pode ser manuseada para estabelecer os pontos de referência espaciais para a correlação de dados, o qual é tocada ordenadamente no centro de todos os marcadores de registro localizados na região operatória, que devem ser então no mínimo três (WEST et al., 2001). A partir daí uma correlação entre as coordenadas dos pontos de referência armazenados no conjunto de dados do exame de imagem pré-operatório e as coordenadas dos marcadores de referência registrados durante o ato cirúrgico são estabelecidos, permitindo assim a verificação quanto a desvios na comparação de ambos (WITTMANN et al., 2011).

Um registro preciso indica valores menores que 2mm. Todavia, se um valor maior for achado, um novo registro deve ser realizado, pois isso aponta um provável erro na questão do posicionamento no processo de registro, o que pode resultar em resultados desfavoráveis em relação ao planejado (YU et al., 2010). Para completar essa etapa do planejamento, deve ser feito um "teste de referência" clínico onde a ponta da mesma sonda é colocada em pontos específicos do esqueleto facial (glabella, canto lateral da órbita, forames supra e infraorbitários, meato acústico externo e região incisal média), com o intuito de correlacionar o conjunto de dados da anatomia virtual com a anatomia real do paciente (SCHRAMM, GELLRICH, SCHMELZEISEN, 2007).

## 2.5 NAVEGAÇÃO NO TRAUMA BUCOMAXILOFACIAL

Na traumatologia bucomaxilofacial, a navegação intraoperatória assistida por computador pode ser aplicada tanto nas reconstruções primárias quanto nas correções secundárias (SCOLOZZI et al., 2011). Apesar do manejo dessa tecnologia ser aplicado predominantemente em correções secundárias de traumatismos faciais em virtude de seus longos e complicados planejamentos pré-operatórios (BAUMANN et al., 2015), seu uso também é aplicado nas reconstruções primárias, porém com menos frequência (RANA et al., 2019).

Uma grande vantagem da navegação intraoperatória é seu manejo sem interrupção do procedimento cirúrgico, a ausência de radiação e diminuição do tempo operatório (BERGERON et al., 2019; WILDE et al., 2014). Isso difere de tomografias intraoperatórias cujo exigem diversas tomadas para a confirmação da correta redução, o que expõe o paciente e a equipe a um maior nível de radiação, salvo também ao aumento do tempo de operação (HOUT et al., 2014). Como opção, a checagem por uma única tomada pela tomografia intraoperatória no final do procedimento pode ser válido. Isso resguarda o profissional de resultados indesejados durante a análise pós-operatória e ainda expõe o paciente a menos radiação em comparação com a tomografia convencional (POHLENZ et al., 2009).

Na etapa do planejamento pré-operatório, a análise completa e a abordagem reconstrutiva são fundamentais, tanto no modelo virtual do paciente quanto durante a operação. Virtualmente, em tratamentos de fraturas orbitais unilaterais, o resultado ideal esperado pode ser simulado pelo espelhamento de subvolumes do conjunto de dados, ou seja, pelo reflexo de segmentos do lado não afetado para o lado afetado (PIERREFEU et al., 2015).

No que diz respeito ao registro no tratamento primário das fraturas faciais, o uso de mini-parafusos associado a splints intraorais rastreáveis aparenta ser a opção mais viável por sua alta taxa de precisão, quando da realização de procedimentos assistidos por navegação (COLLYER et al., 2010). Uma alternativa de registro é o uso de um laser para escaneamento facial. Com essa técnica o aparelho de navegação verifica a superfície da face do paciente e combina com a pele registrada na TC. Entretanto, não são todos os sistemas navegadores que possuem esse recurso (LÜEBBERS et al., 2008; MARMULLA et al., 2004).

Quando do manejo de fraturas orbitais isoladas, as mesmas podem ser estudadas pelo uso da tomografia digital por volume (uma modalidade de TC de Feixe Cônico), uma opção a qual permite a visualização de imagens tridimensionais de alta qualidade das estruturas ósseas e menos exposição à radiação do que a TC convencional (STUCK et al., 2012). Esse tipo de exame de imagem pode ser acessado no formato DICOM, o que possibilita seu uso na navegação intraoperatória, além de seu conjunto de dados não diferir da TC padrão.

No tratamento primário das fraturas que envolvem as paredes orbitais, a visibilidade limitada do acesso cirúrgico padrão transconjuntival geralmente pode resultar em um posicionamento incorreto dos materiais de reconstrução (CHEN et al., 2018), o que com o manejo de procedimentos cirúrgicos por navegação, torna-se possível evitar esses erros de posicionamento a esses padrões de fraturas, assim como a redução da necessidade de reconstruções secundárias (LÜBBERS et al., 2011).

Se uma correção secundária for necessária, no entanto, alterações associadas aos tecidos moles e processos compensatórios centrais podem ser afetados, o que conta como uma grande desvantagem (FREIHOFFER, 1995; SCHRAMM, GELLRICH, SCHMELZEISEN, 2007). Não obstante, nos casos de tratamentos convencionais normalmente mais de um procedimento cirúrgico é necessário para adquirir o resultado desejado (BAUMANN et al., 2015).

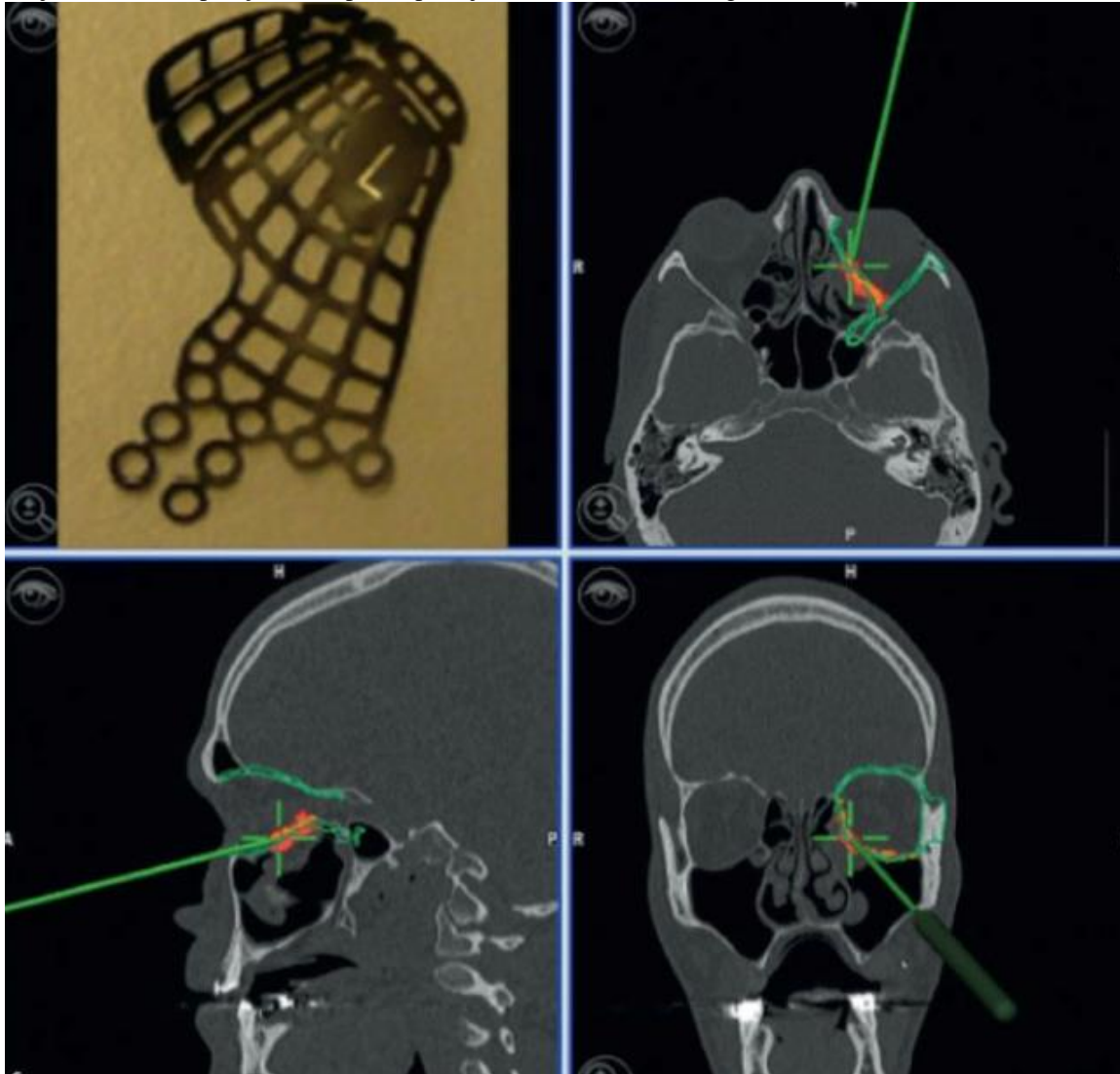
Da mesma forma que o tratamento primário, em procedimentos secundários unilaterais da órbita o método de espelhamento virtual também é viável, sendo executado pela reflexão do subvolume anatômico contralateral para o lado a ser reconstruído. Essa simulação baseada em volume é vantajosa porque os tecidos moles também podem ser refletidos (SCHREUS et al., 2017).

Quando o osso fraturado é reduzido durante o ato cirúrgico, o mesmo pode ser averiguado com a ponta da sonda de navegação para que sua posição idealizada seja verificada (Figura 1), isto é, o osso



deve ser ajustado até que seus limites sejam estabilizados de acordo com o modelo virtual planejado (WILDE et al., 2014). Outro recurso muito benéfico é a fusão dos exames de imagem. O conjunto de dados imagiológico pós-operatório pode ser sobreposto ao modelo virtual pré-operatório planejado, exibindo assim o resultado e a acurácia do procedimento realizado pela comparação de ambos os exames (NOVELLI et al., 2012).

Figura 1. Reconstrução orbitária guiada por navegação usando um implante pré-formado anatomicamente (DePuy Synthes, Zuchwil, Switzerland). A linha verde mostra o modelo virtual da reconstrução planejado; a linha vermelha representa a superfície do implante inserido com base na sonda de navegação que rastreia e determina posição do implante; a linha laranja demonstra a posição do implante planejado virtualmente (análogo à linha vermelha).



Fonte: WILDE et al., 2014.

### 3 DISCUSSÃO

O envolvimento da face por traumas exige uma restauração precisa para a devolução da forma e função ao mais próximo que o paciente apresentava. A anatomia complexa e alterada nessas situações, onde há perda da referência de marcos anatômicos importantes, torna o procedimento

particularmente trabalhoso. A cirurgia assistida por computador apresenta diversas aplicações na CTBMF, e a modalidade da navegação intraoperatória mostra excelentes resultados quando comparada com métodos tradicionais de tratamento (YU et al., 2013).

O processo de registro, uma etapa primordial a qual possibilita a sincronização das coordenadas das estruturas anatômicas do paciente com as do exame de imagem na plataforma de navegação, é o maior contribuinte para erros nas cirurgias guiadas por imagem quando manipulado de maneira equivocada (KANG et al., 2012). Recentemente, uma nova modalidade alternativa de registro composta pelo software de reconhecimento facial se mostrou como um método promissor. Em um estudo de coorte prospectivo, Glicksman et al. (2017) fizeram uma comparação desse software com o registro de superfície convencional, cujo primeiro promoveu uma melhora significativa no que diz respeito à acurácia desse processo em comparação ao método tradicional.

Um estudo de Kim et al. (2015) contou com a participação de 36 pacientes com fraturas múltiplas de face que foram submetidos à redução aberta guiada por navegação. Os autores concluíram que a intervenção resultou em uma discrepância quantitativa menor que 2mm ( $1.49 \pm 0.27$ ) pela fusão da TC pós-operatória com a planejada no pré-operatório, apresentando uma concordância satisfatória conforme a precisão do registro que estava dentro de 1mm.

Uma análise foi feita por He et al. (2012) com o objetivo de avaliar os resultados do tratamento de 64 pacientes diagnosticados com fraturas tardias do complexo zigomático-orbitário. Os exames de TC com reconstrução 3D realizados no pós-operatório mostraram uma redução das fraturas de 74.3% nas cirurgias tradicionais, 85.7% nas cirurgias assistidas por computador e um resultado de 100% nas guiadas por navegação.

Em um estudo retrospectivo quase experimental, Bergeron et al. (2019) compararam o tempo cirúrgico necessário para o tratamento de pacientes com fraturas faciais complexas, com e sem o uso do sistema de navegação. Eles concluíram que o procedimento guiado por navegação reduziu o tempo cirúrgico em 36.1%, uma melhoria significativa em comparação com tratamentos tradicionais. Outros autores (BLY et al., 2013; MORRISON et al., 2013) também relataram o encurtamento do tempo operatório em casos complexos.

Em fraturas unilaterais de face, Gellrich et al. (2002) foram um dos primeiros a adotar o método de espelhamento no planejamento virtual pré-operatório na navegação cirúrgica, baseando-se na reflexão do lado não afetado para o lado afetado. Essa sobreposição imaginológica é de grande importância quando os conjuntos de dados são transportados no formato DICOM para o sistema de navegação, uma vez que servem como um excelente marco anatômico para uma reconstrução adequada.

Em contrapartida, Lübbers et al. (2011) contraindicam, no entanto, o manejo da navegação intraoperatória em fraturas bilaterais de face, pois alegam que não há uma região específica que sirva como guia para planejar um modelo virtual de reconstrução. Não obstante, salientam que após uma eventual correção unilateral, pode-se utilizar deste reparo como uma referência de espelhamento para uma operação secundária do lado contralateral sequelado. Outros autores (TERZIC et al., 2011) utilizaram deste mesmo princípio, porém para o tratamento primário de fraturas bilaterais.

Uma diferente modalidade de reconstrução de um modelo virtual para o planejamento deste tipo de fratura também foi publicada, consistindo em um protótipo que utiliza um atlas ósseo (similar a um atlas cerebral) com tamanho individual e ajuste de forma. Todavia, esse método ainda precisa ser validado para o uso rotineiro (LEVY et al., 1997; NIEMANN et al., 1999).

Sob outra perspectiva, Stuemmer et al. (2008) recomendam o tratamento de fraturas bilaterais do terço médio da face guiada por navegação através da fusão do conjunto de dados de uma TC de face de outro paciente baseado na mesma idade, sexo e grupo étnico. Neste mesmo caso, tanto o modelo virtual de planejamento quanto o resultado do tratamento propriamente dito foram favoráveis. Entretanto, outros estudos também são necessários para validar esse método de tratamento.

Por outro lado, Schramm et al. (2009) enfatizam que o planejamento da reconstrução ideal de fraturas bilaterais de face pode ser alcançado virtualmente por meio de segmentações mais complexas das regiões atingidas pelo trauma. A simulação e criação do modelo consiste predominantemente em subvolumes segmentados que são posicionados com base na medição de parâmetros anatômicos que ainda estão intactos.

A controvérsia no que se refere ao investimento e tempo envolvido no planejamento pré-operatório, além do manejo do navegador cirúrgico, pode ser resguardada pelos excelentes resultados e a mínima necessidade de uma intervenção secundária. Por mais que não seja necessário o emprego dessa tecnologia em fraturas mais simples, seu uso em situações mais graves se destaca por ser bem-sucedido (UDHAY et al., 2019).

#### **4 CONCLUSÃO**

Em virtude de o procedimento cirúrgico ser guiado por navegação, a acurácia no que diz respeito a resultados tende a aumentar significativamente quando do manejo de fraturas da face. Vale ressaltar que os investimentos financeiros necessários e a curva de aprendizado são fatores associados inicialmente, porém cirurgiões mais experientes relatam que esta é uma ferramenta muito benéfica quando as técnicas são suficientemente dominadas.

**REFERÊNCIAS**

AZARMEHR, I.; STOKBRO, K.; BELL, R. B.; THYGESEN, T. Surgical navigation: A systematic review of indications, treatments, and outcomes in oral and maxillofacial surgery. *Journal of Oral Maxillofacial Surgery*, v. 75, n. 9, p. 1987-2005, SEP 2017.

BAUMANN, A.; SINKO, K.; DORNER, G. Late reconstruction of the orbit with patient-specific implants using computer-aided planning and navigation. *Journal of Oral Maxillofacial Surgery*, v. 73, n. 12, p. S101-S106, DEC 2015.

BERGERON, L.; BOUCHARD, S.; BONAPACE-PONTVIN, M.; BERGERON, F. Intraoperative surgical navigation reduces the surgical time required to treat acute major facial fractures. *Plastic and Reconstructive Surgery*, v. 144, n. 4, p. 923-931, OUT 2019.

BEUMER, H. W.; PUSCAS, L. Computer modeling and navigation in maxillofacial surgery. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, v. 17, n. 4, p. 270-273, AGO 2009.

BLY, R. A.; CHANG, S. H.; CUDEJKOVA, M.; LIU, J. J.; MOE, K. S. Computer-guided orbital reconstruction to improve outcomes. *Jama Facial Plastic Surgery*, v. 15, n. 2, p. 113-120, MAR 2013.

BOURDILLON, P.; APRA, C.; LÉVÊQUE, M. First clinical use of stereotaxy in humans: the key role of x-ray localization discovered by Gaston Contremoulins. *Journal of Neurosurgery*, v. 128, n. 3, p. 657-659, MAR 2018.

CHEN, C-T.; PAN, C-H.; CHEN, C-H.; SHYU, V. B-H.; WU, J. C-H.; KANG, G. C-W. Clinical outcomes for minimally invasive primary and secondary orbital reconstruction using an advanced synergistic combination of navigation and endoscopy. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, v. 71, n. 1, p. 90-100, JAN 2018.

CHU, S-T. Endoscopic sinus surgery under navigation system – Analysis report of 79 cases. *Journal of The Chinese Medical Association*, v. 69, n. 11, p. 529-533, NOV 2006.

COLLYER, J. Stereotactic navigation in oral and maxillofacial surgery. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 48, n. 2, p. 79-83, MAR 2010.

DEMIAN, N.; PEARL, C.; WOERNLEY, T. C.; WILSON, J.; SEAMAN, J. Surgical navigation for oral and maxillofacial surgery. *Oral & Maxillofacial Surgery Clinics*, v. 31, n. 4, p. 531-538, NOV 2019.

DYER, P. V.; PATEL, N.; PELL, G. M.; CUMMINS, B.; SANDEMAN, D. R. The ISG Viewing Wand: an application to atlanto-axial cervical surgery using the Le Fort I maxillary osteotomy. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 33, n. 6, p. 370-374, DEZ 1995.

EGGERS, G.; MUHLING, J.; MARMULLA, R. Image-to-patient registration techniques in head surgery. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 35, n. 12, p. 1081-1095, DEZ 2006.

ESSIG, H.; DRESSEL, L.; RANA, M.; KOKEMUELLER, H.; RUECKER, M.; GELLRICH, N. C. Precision of posttraumatic primary orbital reconstruction using individually bent titanium mesh with and without navigation: a retrospective study. *Head & Face Medicine*, v. 9, n. 18, JUL 2013.

FRANTZ, D. D.; WILES, A. D.; LEIS, S. E.; KIRSCH, S. R. Accuracy assessment protocols for electromagnetic tracking systems. *Physics in Medicine & Biology*, v. 48, n. 14, p. 2241-2251, JUL 2003.

FREIHOFER, J. P. M. Effectiveness of secondary post-traumatic periorbital reconstruction. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, v. 23, n. 3, p. 143-150, JUN 1995.

FRIED, M. P.; KLEEDIELD, J.; GOPAL, H.; REARDON, E.; HO, B. T.; KUHN, F. A. Image-guided endoscopic surgery: results of accuracy and performance in a multicenter clinical study using an electromagnetic tracking system. *The Laryngoscope*, v. 107, n. 5, p. 594-601, MAI 1997.

FULLER, S. C.; STRONG, E. B. Computer applications in facial plastic and reconstructive surgery. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, v. 15, n. 4, p. 233-237, AGO 2007.

GELLRICH, N. C.; SCHARAMM, A.; HAMMER, B.; ROJAS, S.; CUFI, D.; LAGREZE, W.; SCHMELZEISEN, R. Computer-assisted secondary reconstruction of unilateral posttraumatic orbital deformity. *Plastic and Reconstructive Surgery*, v. 110, n. 6, p. 1417-1429, OUT 2020.

GILDENBERG, P. Whatever happened to stereotactic surgery. *Neurosurgery*, v. 20, n. 6, p. 983-987, JUN 1987.

GLICKSMAN, J. T.; REGER, C.; PARASHER, A. K.; KENNEDY, D. W. Accuracy of computer-assisted navigation: significant augmentation by facial recognition software. *International Forum of Allergy & Rhinology*, v. 7, n. 9, p. 884-888, SET 2017.

GOERSS, S.; KELLY, P. J.; KALL, B.; ALKER, G. J. A computed tomographic stereotactic adaptation system. *Neurosurgery*, v. 10, n. 3, p. 375-379, MAR 1982.

GOMES, B. A.; BONATTO, M. S.; PEREIRA, D. A.; JÚNIOR, E. C. S.; SILVA, C. S. V.; BARBOSA, A. P. C. Sequela de fratura do complexo zigomático orbitário – acompanhamento de um ano pós-operatório. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 8, p. 58047-58055, AGO 2020.

HAN, C.; DILXAT, D.; ZHANG, X.; LI, H.; CHEN, J.; LIU, L. Does intra-operative navigation improve the anatomical reduction of intracapsular condylar fractures? *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 76, n. 12, p. 2583-2591, DEZ 2019.

HASSFELD, S.; MÜHLING, J.; ZOLLER, J. Intraoperative navigation in oral and maxillofacial surgery. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 24, n. 1, p. 111-119, FEV 1995.

HE, D.; LI, Z.; SHI, W.; SUN, Y.; ZHU, H.; LIN, M.; SHEN, G.; FAN, X. Orbitozygomatic fractures with enophthalmos: analysis of 64 cases treated late. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 70, n. 3, p. 562-576, MAR 2012.

HOUT, W. M. M. T.; CANN, E. M.; MURADIN, M. S. M.; FRANK, M. H. Intraoperative imaging for the repair of zygomaticomaxillary complex fractures: a comprehensive review of the literature. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery*, v. 42, n. 8, p. 1918-1923, DEC 2014.

JAQUIÉRY, C.; AEPPLI, C.; CORNELIUS, P.; PALMOWSKY, A.; KUNZ, C.; HAMMER, B. Reconstruction of orbital wall defects: critical review of 72 patients. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 36, n. 3, p. 193-199, MAR 2007.

THAKKER, J. S.; PACE, M.; LOWE, I.; JUNG, P.; HERFORD, A. S. Virtual surgical planning in maxillofacial trauma. *Atlas Oral Maxillofacial Surgery Clinics North America*, v. 27, n. 2, p. 143-155, SEP 2019.

KANG, S. H.; KIM, J. L.; PARK, H. K.; PARK, W. Marker-free registration for the accurate integration of CT images and the subject's anatomy during navigation surgery of the maxillary sinus. *The British Institute of Radiology*, v. 41, p. 679-685, 2012.

KANNO, T.; SUKEGAWA, S.; KARINO, M.; FURUKI, Y. Navigation-assisted orbital trauma reconstruction using a bioactive osteoconductive/bioresorbable u-ha/plla system. *Journal Maxillofacial Oral Surgery*, v. 18, n. 3, p. 329-338, SEP 2019.

KIM, J-W.; WU, J.; SHEN, S. G.; XU, B.; SHI, J.; ZANG, S. Interdisciplinary surgical management of multiple facial fractures with image-guided navigation. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 73, n. 9, p. 1767-1777, SET 2015.

KLIMEK, L.; MOSGERS, R.; SCHLONDORFF, G.; MANN, W. Development of computer-aided surgery for otorhinolaryngology. *Computer Aided Surgery*, v. 3, n. 4, p. 194-201, JAN 1998.

LEKSELL, L.; JERNBERG, B. Stereotaxis and tomography. A technical note. *Acta Neurochirurgica*, v. 52, n. 1-2, p. 1-7, 1980.

LEVY, A. L.; SCHAEWE, T. J.; MILLER, M. I.; SMITH, K. R.; HAMMOUD, A. M.; HENDERSON, J. M.; JOSHI, S.; MARK, K. E.; STURN, C. D.; McDURMONT, L. L.; BUCHOLZ, R. D. An Internet-connected, patient-specific, deformable brain atlas integrated into a surgical navigation system. *Journal of Digital Imaging*, v. 10, p. 231-237, AUG 1997.

LÜBBERS, H-T.; JACOBSEN, C.; MATTHEUS, F.; GRÄTZ, K. W.; KRUSE, A.; OBWEGESER, J. A. Surgical navigation in craniomaxillofacial surgery: expensive toy or useful tool? A classification of different indications. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 69, n. 1, p. 300-308, JAN 2011.

LÜEBBERS, H-T.; MESSMER, P.; OBWEGESER, J. A.; ZWAHLEN, R. A.; KIKINIS, R.; GRAETZ, K. W.; MATTHEWS, F. Comparison of different registration methods for surgical navigation in cranio-maxillofacial surgery. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, v. 36, n. 2, p. 109-116, MAR 2008.

MARKIEWICZ, M.; DIERKS, E. J.; POTTER, B. E.; BELL, R. B. Reliability of intraoperative navigation in restoring normal orbital dimensions. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 69, n. 11, p. 2833-2840, NOV 2018.

MARMULLA, R.; LÜTH, T.; MÜHLING, J.; HASSFELD, S. Automated laser registration in image-guided surgery: evaluation of the correlation between laser scan resolution and navigation accuracy. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 33, n. 7, p. 642-648, OUT 2004.

NIEMANN, K.; BOOM, R.; HAESELBARTH, K.; AFSHAR, F. A brainstem stereotactic atlas in a three-dimensional magnetic resonance imaging navigation system: first experiences with atlas-to-patient registration. *Journal of Neurosurgery*, v. 90, n. 5, p. 891-901, MAY 1999.

NOVELLI, G.; TONELLINI, G.; MAZZOLENI, F.; SOZZI, D.; BOZZETTI, A. Surgical navigation recording systems in orbitozygomatic traumatology. *The Journal of Craniofacial Surgery*, v. 23, n. 3, p. 890-892, MAI 2012.

PERRY, J. H.; RSENBAUM, A. E.; LUNSFORD, L. D.; SWINK, C. A.; ZORUB, D. S. Computed tomography-guided stereotactic surgery: conception and development of a new stereotactic methodology. *Neurosurgery*, v. 7, n. 4, p. 376-381, OUT 1980.

PIERREIFEU, A.; TERZIC, A.; VOLZ, A.; COURVOISIER, D.; SCOLOZZI, P. How accurate is the treatment of midfacial fractures by a specific navigation system integrating “mirroring” computational planning? Beyond mere average difference analysis. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 73, n. 2, p. 315.e1-315.e10, FEV 2015.

POHLENZ, P.; BLAKE, F.; BLESSMANN, M.; SMEETS, R.; HABERMANN, C.; BEGEMANN, P.; SCHMELZLE, R.; HEILAND, M. Intraoperative cone-beam computed tomography in oral and maxillofacial surgery using a C-Arm prototype: First clinical experiences after treatment of zygomaticomaxillary complex fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 67, n. 3, p. 515-521, MAR 2009.

QUINONES-L, C. G.; HERNANDEZ, N.; ZARROUG, N. K. Computer-assisted surgery: applications in dentistry and oral and maxillofacial surgery. *Dental Clinics*, v. 62, n. 3, p. 403-420, JUL 2019.

RANA, M.; HOLTSMANN, H.; KANATAS, A. N.; SINGH, D. D.; SPROLL, C. K.; KÜBLER, N. R.; IPAKTCHI, R.; HUFENDIEK, K.; GELLRICH, N. C. Primary orbital reconstruction with selective laser melted core patient-specific implants: overview of 100 patients. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 57, n. 8, p. 782-787, OUT 2019.

SCHRAMM, A.; GELLRICH, N.; SCHMELZEISEN, R. *Navigational Surgery of the Facial Skeleton*. New York: Editora SPRINGER, 2007.

SCHREUS, R.; DUBOIS, L.; BECKING, A. G.; MAAL, T. J. J. The orbit first! A novel surgical treatment protocol for secondary orbitozygomatic reconstruction. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, v. 45, n. 7, p. 1043-1050, JUL 2017.

SCOLOZZI, P. Applications of 3D orbital computer-assisted surgery (CAS). *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 118, n. 4, p. 217-223, SET 2017.

SCOLOZZI, P.; TERZIC, A. “Mirroring” Computational Planning, Navigation Guidance System, and Intraoperative Mobile C-Arm Cone-Beam Computed tomography With Flat-Panel Detector: A New Rationale in Primary and Secondary Treatment of Midfacial Fractures? *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 69, n. 6, p. 1697-1707, JUN 2011.

SHIN, H. S.; KIM, S. Y.; CHA, H. G.; HAN, B. L.; NAM, S. M. Real Time Navigation-Assisted Orbital Wall Reconstruction in Blowout Fractures. *Journal Craniofacial Surgery*, v. 27, n. 2, p. 370-373, MAR 2016.

SIPOS, E. P.; TEBO, S. A.; ZINREICH, S. J.; LONG, D. M.; BREM, H. In Vivo accuracy testing and clinical experience with the isg viewing wand. *Neurosurgery*, v. 39, n. 1, p. 194-204, JUN 1996.

STUCK, B. A.; HÜLSE, R.; BARTH, T-J. Intraoperative cone beam computed tomography in the management of facial fractures. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 41, n. 10, p. 1171-1175, OUT 2012.

STUEHMER, C.; ESSIG, H.; SCHRAMM, A.; RÜCKER, M.; ECKARDT, A.; GELLRICH, N-C. Intraoperative navigation assisted reconstruction of a maxillo-facial gunshot wound. *Oral Maxillofacial Surgery*, v. 12, n. 199, JUL 2008.

SUKEWAGA, S.; KANNO, T.; SHIBATA, A.; MATSUMOTO, K.; SUKEWAGA, TAKAHASHI, Y.; SAKAIDA, K.; FURUKI, Y. Treatment of orbital fractures with orbital-wall defects using anatomically preformed orbital wall reconstruction plate system. *Journal of Hard Tissue Biology*, v. 26, n. 2, p. 329-334, APR 2017.

TERZIC, A.; SCOLOZZI, P. Image guided surgical navigation integrating "mirroring" computational planning based on intra-operative cone-beam CT imaging: a promising new approach for management of primary bilateral midfacial fractures. *Journal Computer Aided Surgery*, v. 16, n. 4, p. 170-180, APR 2011.

UDHAY, P.; BHATTACHARJEE, K.; ANANTHNARAYANAN, P; SUNDAR, G. Computer-assisted navigation in orbitofacial surgery. *Indian Journal Ophthalmol*, v. 67, n. 7, p. 995-1003, JUL 2019.

WALTON, R. L.; HAGAN, K. F.; PARRY, S. H.; DELUCHI, S. F. Maxillofacial trauma. *Surgical Clinics Of North America*, v. 62, n. 1, p. 76-96, FEB 1982.

WATANABE, E.; WATANABE, T.; MANAKA, S.; MAYANAGI, Y.; TAKAKURA, K. Three-dimensional digitizer (neuronavigator): new equipment for computed tomography-guided stereotaxic surgery. *Surgical Neurology*, v. 27, n. 6, p. 543-547, JUN 1987.

WATZINGER, F.; WANSCHITZ, F.; WAGNER, A.; ENISLIDIS, G.; MILLESI, W.; BAUMANN, A.; EWERS, R. Computer-aided navigation in secondary reconstruction of post-traumatic deformities of the zygoma. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, v. 25, n. 4, p. 198-202, AUG 1997.

WEST, J. B.; FITZPATRICK, J. M.; TOMS, S. A.; MAURER, C. R.; MACIUNAS, R. J. Fiducial point placement and the accuracy of point-based, rigid body registration. *Neurosurgery*, v. 48, n. 4, p. 810-817, ABR 2001.

WILDE, F.; SCHRAMM, A. Intraoperative imaging in orbital and midface reconstruction. *Facial Plastic Surgery*, v. 30, n. 30, p. 545-553, OUT 2014.

WITTMANN, W.; WENGER, T.; ZAMINER, B.; LUETH, T. C. Automatic correction of registration errors in surgical navigation systems. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, v. 58, n. 10, p. 2922-2930, OUT 2011.

YU, H.; SHEN, G.; WANG, X.; ZHANG, S. Navigation-guided reduction and orbital floor reconstruction in the treatment of zygomatic-orbital-maxillary complex fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 68, n. 1, p. 28-34, JAN 2010.

YU, H.; SHEN, G.; 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. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery*, p. 1-5, JAN 2013.

ZAMORANO, L. J.; NOLTE, L.; KADI, A. M.; JIANG, Z. Interactive intraoperative localization using an infrared-based system. *Stereotact Funct Neurosurg*, v. 63, n. 1-4, p. 84-88, 1994.



ZHANG, X.; HAN, C-Y.; DAI, M-J.; CHEN, J-L.; ZHENG, X-H.; LONG, J.; TANG, W.; TIAN, W-D; LIU, L. Application of computer-assisted surgery techniques in the management of zygomatic complex fractures. Chinese Journal of Traumatology, v. 21, n. 5, p. 281-286, OUT 2018.