

auch ein Endoskop oder der Fokus eines Operationsmikroskops lokalisiert und somit intraoperativ navigiert werden. Die Genauigkeit infrarotbasierter Navigationssysteme wird beeinflusst von mehreren Faktoren. Die technischen Ungenauigkeiten können bei regelrechter Anwendung zuverlässig unterhalb von 0,2–0,3 mm gehalten werden. Die größte Variationsbreite an Ungenauigkeiten erzeugt das verwendete Referenzierungsverfahren. Der für chirurgische Belange geforderte Genauigkeitswert von maximal 2 mm wird verlässlich durch knochenverankerte Schraubenmarker erreicht. Da die Oberkieferschiene aufgrund der Verankerung am Zahnbogen einer Knochenverankerung entspricht, stellt sie das einzige nicht-invasive Referenzierungsverfahren mit zuverlässig hoher intraoperativer Genauigkeit dar. Bei Anwendungen im Bereich des Gesichtsschädels und der Schädelbasis liegt die Genauigkeit der Schienenreferenzierung bei der Verwendung von 4 Markern in optimaler geometrischer Anordnung verlässlich unter 2 mm.

Die computerassistierte Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie in der klinischen Routine

Die computerassistierte Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie umfasst präoperative Planung, intraoperative Navigation oder Anwendung von 3 D-Schablonen intraoperativ und die intraoperative Bildgebung. Im Folgenden sind typische klinische Beispiele der Anwendung der computerassistenten Chirurgie dargestellt, wie sie bereits in der klinischen Routineversorgung zum Einsatz kommen.

Minimal-invasive Eingriffe und Biopsien

Navigationsgestützte Biopsien waren die ersten Anwendungen der computerassistenten Chirurgie im Kopf-Halsbereich. Sie sind inzwischen weit verbreitet und gelten als die Domäne der rahmenlosen Stereotaxie. Häufige Anwendungen sind die endonasale-endoskopische Chirurgie insbesondere bei posttraumatischen Revisionen im Bereich der Nasennebenhöhlen. Hier macht die veränderte Anatomie eine intraoperative Navigation der Endoskope wünschenswert. Der Operateur kann so die visuellen Eindrücke des Endoskopiemonitors mit der Lokalisation der Endoskope im CT-Datensatz korrelieren. Fehlpositionierungen oder Verletzungen vitaler Strukturen werden vermieden. Bei Rezidivausschlüssen und Tumorverlaufskontrollen nach Durchführung einer adjuvanten Strahlentherapie ist aufgrund der veränderten Anatomie eine rein visuelle Orientierung am Operationssitus oftmals unzureichend. Der Vorteil der intraoperativen Navigation liegt hier in der Kombination von pointerbasierter, endoskopisch-gestützter und mikroskopischer Therapie. Dies erhöht auch die Aussagekraft invasiver diagnostischer Untersuchungen. Beim operativen Eingriff im Bereich der Schädelbasis wird der Fokus des Operationsmikroskops

nach erfolgreicher Referenzierung navigiert. Ein sicheres Abtragen und Biopsieren der verdächtigen Strukturen unter Schonung z. B. der Hypophyse wird so erleichtert. Der Zugangsweg und zu erhaltende vitale Strukturen können präoperativ markiert und intraoperativ visualisiert werden.

Indikationen für den Einsatz der navigationsgestützten Chirurgie bestehen bei Biopsien im voroperierten oder vorbehandelten Situs, bei multiplen Biopsien mit der Notwendigkeit der objektivierbaren Zuordnung von Biopsat und Entnahmestelle und bei der Dekompression des Sehnervens. Die Resektion von Neoplasien, insbesondere von gutartigen Tumoren, welche aufgrund ihrer Lagebeziehung zu vitalen Strukturen normalerweise aus Gründen der Übersichtlichkeit einen extensiven Zugang benötigen, können durch Anwendung navigationsgestützter Techniken in vielen Fällen minimal-invasiv durchgeführt werden. Die Navigation ermöglicht hierbei die Visualisierung von Tumor und angrenzenden Strukturen, auch wenn keine direkte oder indirekte Sichtbarmachung erfolgen kann. Vor allem Osteome im retromaxillären oder intraorbitalen Bereich stellen eine Indikation zur Anwendung der intraoperativen Navigation dar. So kann der retromaxilläre Raum, welcher häufig aus Gründen der Übersicht von präaurikulär oder retromandibulär dargestellt werden muss, durch die Anwendung der Infrarotlokalisierung von intraoral aufgesucht werden. Dies verringert deutlich die Morbidität der Eingriffe bei gleichzeitiger Steigerung der Sicherheit bei der Resektion unter Schonung benachbarter Strukturen.

Posttraumatische Gesichtsschädelrekonstruktionen

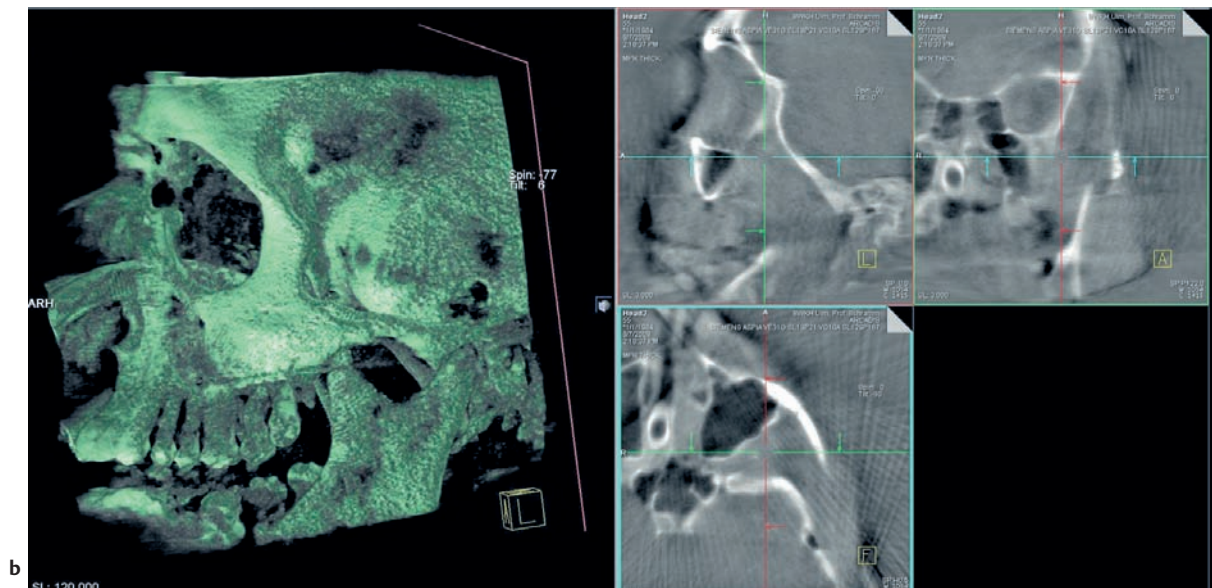
Bei der operativen Reposition und Osteosynthese von Frakturen des Gesichtsschädels kann aufgrund der nur kurzen Datensatzerhebungszeit (5–10 min) eine intraoperative Bildgebung mit einem 3 D-C-Bogen (intraoperative Volumentomografie) zur Stellungskontrolle vor Wundverschluss auch in der klinischen Routine erfolgen (Abb. 14.4). Bei lateralen Mittelgesichtsfrakturen lassen sich Fehlpositionierungen des Jochbeines und des Jochbogens vermeiden, insbesondere bei minimal-invasiven, transkutanen Hakenzugrepositionen. Unnötige Orbitaexplorationen bei Orbitabodenbeteiligung aufgrund intraoperativer Bildgebung nach Jochbeinreposition lassen sich so verhindern (Abb. 14.5 u. Abb. 14.6). Auch eine Zweitoperation wegen insuffizienter Reposition z. B. nach intraoralen endoskopisch-assistenten Versorgungen von Unterkiefergelenkfortsatzfrakturen wird hierdurch vermieden (Abb. 14.7).

Die Sofortversorgung von Gesichtsschädelfrakturen, insbesondere bei Beteiligung des naso-orbito-ethmoidalen Komplexes, ist der Sekundärversorgung im Hinblick auf funktionelle Wiederherstellung überlegen und sollte daher primäres Ziel der Therapie sein. Die komplexen anatomischen Verhältnisse im Bereich der Orbita stellen an den Chirurgen spezielle Anforderungen nicht nur bezüg-

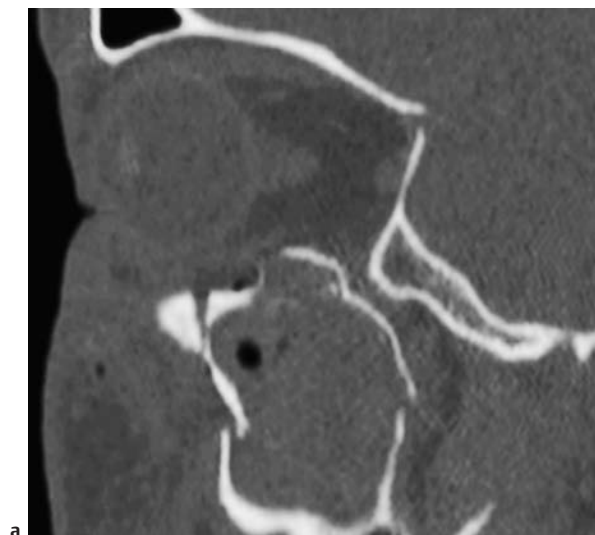


a

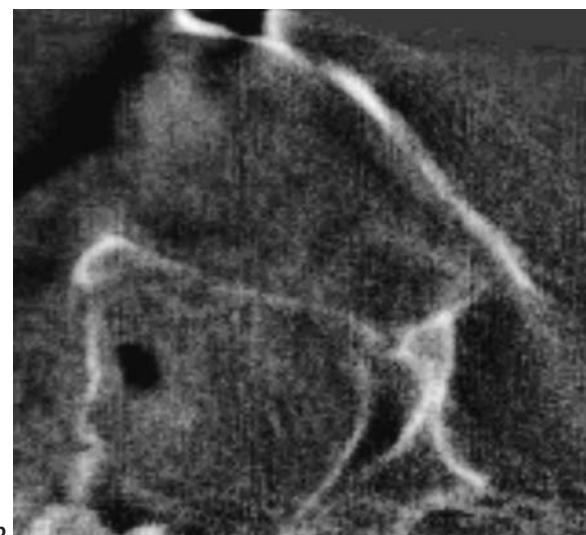
Abb. 14.4 Intraoperative Bildgebung (Digitale Volumentomografie mit dem 3 D-C-Bogen). **a** Der 3 D-C-Bogen dreht sich um den Patientenkopf um 180 Grad. Die Datensatzerhebungszeit beträgt intraoperativ 2–3 Minuten. **b** Die multiplanare Datensatzdarstellung ermöglicht intraoperativ die genaue Analyse des Repositionsergebnisses bei einer lateralen Mittelgesichtsfraktur und die Beurteilung der Versorgungsnotwendigkeit der Orbitawände nach Reposition des Jochbeins und des Jochbogens. Diese intraoperative Kontrolle ist insbesondere bei geschlossener Hakenzugreposition einer einfachen Jochbeinfraktur oder einer isolierten Jochbogenfraktur indiziert.



b



a



b

Abb. 14.5 Intraoperative Bildgebung bei Jochbeinfrakturversorgung. **a** Das präoperative Computertomogramm zeigt eine dislozierte Fraktur des Infraorbitalrandes und des Orbitabodens bei einer Jochbeinfraktur. **b** Nach Jochbeinreposition über einen intraoralen Zugang ohne offene Exploration und Darstellung des Orbitabodens

weist die intraoperative Bildgebung (Digitale Volumentomografie mit dem 3 D-C-Bogen) die anatomisch korrekte Stellung der Knochenfragmente im Bereich des Orbitabodens nach. Eine zusätzliche chirurgische Orbitaexploration und Orbitarekonstruktion ist nicht notwendig.