

Praktische Aspekte zur hochauflösenden Stereovideo-Dokumentation intraoperativer Befunde in der Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde

Justus Ilgner, Jonas Jae-Hyun Park, Martin Westhofen

Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde und Plastische Kopf- und Halschirurgie
der RWTH Aachen
jilgner@ukaachen.de

Kurzfassung. Die stereovideografische Dokumentation intraoperativer Befunde ist mit der Digitalisierung der Bildverarbeitungsprozesse ein viel versprechender Ansatz zur Verbesserung der medizinischen Ausbildung. Wir verwenden ein mikroskopisches Kamerasystem mit 1280×720 Pixel Auflösung, welches das Signal beider Kanäle über eine PC-Workstation mit einem RAID-0-Array bei 18 fps aufzeichnet. Die Prozesszeiten im Op werden durch den Einsatz des Systems initial um durchschnittlich 12 bis 17 Minuten verlängert. Jedoch wird die Ausbildung junger Operateure wesentlich dadurch erleichtert, dass eine kontinuierliche Überwachung der Op durch den Ausbilder stattfindet und häufige Wechsel zwischen Ausbilder und Auszubildendem vermieden werden.

1 Einleitung

Seit der Einführung des Operationsmikroskops in den Operationssälen Ende der 1950er Jahre und der Entwicklung lichtstarker starrer und flexibler Endoskope seit ca. 40 Jahren ist der relative Anteil der Operationen ohne optische Hilfsmittel stetig zurückgegangen. Der allgemeine Wunsch nach minimal-invasiven Operationstechniken verstärkt diesen Trend kontinuierlich. So wurden in unserer Klinik von 2048 Operationen eines Jahres 45 % aller Operationen ohne optische Hilfsmittel durchgeführt, während sich der Anteil endoskopischer Eingriffe auf 6,7 % und mikroskopischer Operationen auf die übrigen 48,3 % belief.

Die Vermittlung und Kontrolle minimal-invasiver Op-Techniken an jüngere Kollegen stellt für erfahrene Operateure eine bedeutende Herausforderung dar [1, 2]. Traditionell findet die Ausbildung mikroskopischer Eingriffe am optisch ausgekoppelten Bild statt, welche wegen der räumlichen Anordnung des Mikroskops nur ein monoskopisches Bild über den Seitenausgang eines Strahlenteilers liefert. Die Kontrolle über das Operationsgebiet ist nur dem Operateur möglich, so dass in der Ausbildung häufig die Positionen am Patienten gewechselt werden müssen. Der Nutzen stereoskopischen Videomonitorings ist in vorangegangenen Arbeiten anhand laparoskopischer Operationen untersucht worden [3, 4]. Dennoch haben sich diese Monitortechniken am Markt nicht allgemein durchgesetzt.

Gegenstand der Untersuchung sind der Nutzen einer hochauflösenden stereovideoskopischen Monitoranlage im Operationssaal sowie die Randbedingungen für den praktischen Einsatz.

2 Material und Methoden

Das verwendete Kamerasystem besteht aus einem stereoskopischen Kamerakopf mit zwei parallel angeordneten 1CCD-Bildaufnehmern mit einer Auflösung von je 1280×1024 Pixel. Der Anschluss an das Mikroskop (OpMi proMagis, Zeiss, Oberkochen, Deutschland) erfolgt über eine Standard-Klemmvorrichtung entweder anstelle des Binokulartubus oder über einen stereoskopischen Strahlenteiler im Strahlengang unmittelbar hinter dem Mikroskopkopf. Die digitalen Bildsignale werden in einer PC-Workstation (zwei Intel® Xeon® CPU, 3.0 GHz, 1024 MB RAM; Intel Co., Santa Clara, CA, USA) verarbeitet. Die verwendete Software erlaubt Videoaufzeichnungen über ein RAID 0 Festplattenarray von 4×750 GB mit einer Gesamtaufzeichnungsdauer von 3 h 18 min bei 18 fps. Die Wiedergabe erfolgt online wahlweise über zwei LCD-Monitore mit 1280×1024 Pixel Auflösung, die in einem 120 Grad Winkel zueinander angeordnet eine simultane Betrachtung über einen an der Winkelhalbierenden angebrachten halbdurchlässigen Spiegel erlauben. Alternativ wird ein Rückprojektionssystem mit zwei Standard-LCD-Projektoren mit 1280×720 Pixel (Sharp Co., Tokio, Japan) verwendet. Für die Untersuchung wurden insgesamt 12 Operationen von 5 Operateuren ausgewertet, davon 4 mikroskopisch-endolaryngeale Eingriffe am Kehlkopf, 7 mikroskopisch-rekonstruktive Eingriffe am Mittelohr und ein mikroskopisch-endonasaler Eingriff.

Ausgewertet wurden die benötigte Zeit zum Auf- und Abbau des Systems, der subjektive Bildeindruck des Operateurs, des medizinischen Assistenzpersonals und der zusätzlichen Betrachter sowie die Auswirkungen auf den Arbeitsablauf.

3 Ergebnisse

Auswirkungen auf die Prozesszeiten: Der Aufbau des Systems im Operationssaal nahm für die Variante des LCD-Bildschirmarrays 12 Minuten (± 3 Minuten) sowie für die Rückprojektions-Variante 17 Minuten (± 5 Minuten) in Anspruch. Der Abbau des Systems geschah hingegen in beiden Varianten mit 7 bzw. 8 Minuten (± 2 Minuten) gleich schnell.

Subjektiver Bildeindruck der Beteiligten: Der allgemeine subjektive Bildeindruck wurde als „gut“ bis „sehr gut“ von allen 5 Operateuren eingestuft. Der stereovideografische Bildeindruck stellte sich innerhalb von weniger als 10 Sekunden bei allen Operateuren und bei 5 von 7 assistierenden Pflegekräften ein, bei einer Pflegekraft innerhalb von 30 Sekunden und bei einer weiteren (bekannter Astigmatismus) gar nicht. Eine Pflegekraft und ein weiterer Betrachter (1 Medizinstudent von 10) beklagten visuelle Ermüdung nach 10 bzw. 12 Minuten.

Prozessablauf: Im Fall einer mikroskopisch-rekonstruktiven Operation des Mittelohrs war keiner von 3 Ohroperateuren bereit, zugunsten des Videomonitorings auf eine direkte Sicht durch den Binokulartubus zu verzichten. Als Grund hierfür wurden besonders hohe Anforderungen an das räumliche Auflösungsvermögen sowie Kontrast und Farbwiedergabe angegeben. Hingegen waren drei der 4 mikroskopisch-endolaryngealen Eingriffe von 3 Operateuren unter ausschließlicher stereovideografischer Sicht durchgeführt worden (Abb. 1). Hierfür wurde die alleinige Wiedergabe über das Stereovideomonitoring als ausreichend angesehen, da der korrekte räumliche Eindruck keinen Nachteil gegenüber dem direkten binokularmikroskopischen Bild darstellte.

Im Fall der mikrolaryngoskopischen Eingriffe wurde die Positionierung von Assistenz, Operateur und Ausbilder in eine Linie vor der Projektionsfläche geändert (Vorher: Vis-à-vis) (Abb. 1, 2). Hierdurch reduzierte sich die Arbeitszeit eines 35minütigen Eingriffs (-11/+13 Minuten) um durchschnittlich 3 (± 1) Minuten, da der Arbeitsablauf vom Assistenzpersonal mitverfolgt und der nächste Schritt vorausgesehen werden konnte.



Abb. 1. Praktische Durchführung eines mikroskopisch-endolaryngealen Eingriffs unter Stereovideomonitoring als alleinige Bildwiedergabemodalität: Stereovideo-Kamerakopf (Pfeil), Operateur (links), Rückprojektionsfläche (Stern), Op-Assistenz (Mitte), Ausbilder (rechts).

4 Diskussion

Stereovideoskopische Monitoreinrichtungen im Operationssaal sind seit mehreren Jahren verfügbar [5], haben sich aber wegen des erhöhten Aufwandes beim Betrieb und Auf- und Abbau nicht allgemein durchgesetzt. Eine besondere Schwierigkeit besteht in der Synchronisation beider Videokanäle bei der analogen Aufzeichnung, wohingegen entsprechende Software für die synchrone stereoskopische Videoverarbeitung verfügbar ist [6]. Im hier vorgestellten System wird die zeitliche und räumliche Wiedergabequalität erhalten. Nachteilig ist die durch die Verwendung zweier Wiedergabegeräte erforderliche Justage der Monitore aufeinander zu Beginn jedes Aufbaus, der sich in den gegenwärtigen Prozesszeiten negativ niederschlägt. Bei kurzen Operationszeiten von bis zu ca. 30 Minuten (Panendoskopie mit Probenentnahme) wird der erhöhte Zeitaufwand zum Auf- und Abbau sowie Justage der Anlage nicht aufgewogen. Der erhöhte Zeitauf-

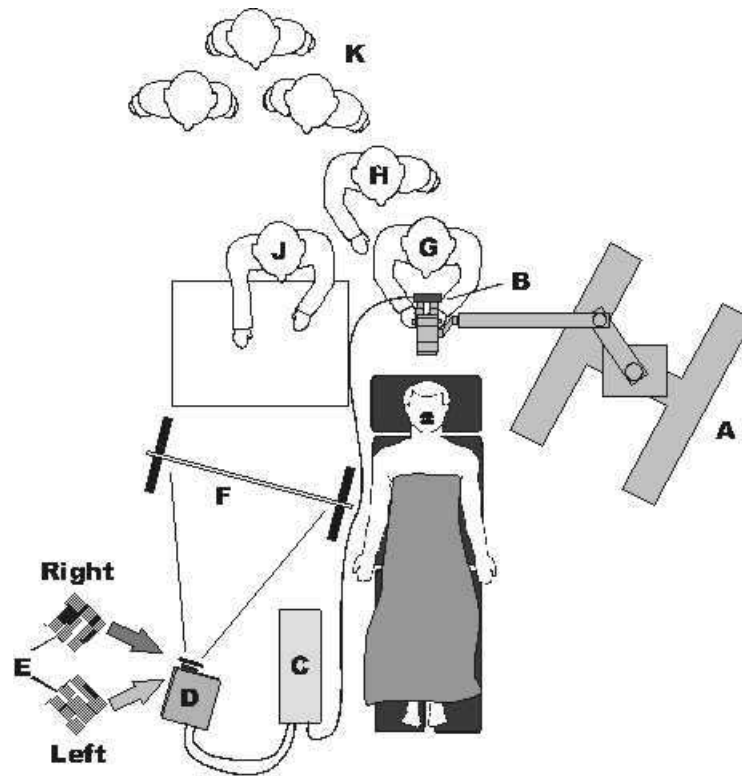


Abb. 2. Allgemeiner Aufbau der Stereovideoanlage im Operationssaal bei einem mikroskopisch-endolaryngealen Eingriff: a) Mikroskop, b) Stereo-Kamerakopf, c) PC-Workstation, d) 2 LCD-Projektoren, in Metallrahmen verbunden, e) Gegenläufige Orientierung der linearen Polfilter vor der Projektionslinse, f) Rückprojektionsfläche, g) Operateur, h) Ausbilder, j) Pflegepersonal, k) weitere Betrachter.

wand wird jedoch dann kompensiert, wenn junge Operateure ausgebildet werden sollen, da der häufige Wechsel von Ausbilder und Auszubildendem am Binokulartubus durch die für alle stereoskopisch verfügbare Kontrolle des Eingriffs entfällt. Dies reduziert das Patientenrisiko, da alle Beteiligten zu jedem Zeitpunkt über die gleiche dreidimensionale Bildinformation verfügen. Eine Steigerung der Präzision videostereoskopischer Eingriffe ergibt sich unmittelbar nicht, da diese von anderen Faktoren (Anatomie, manuelle Geschicklichkeit) wesentlich mitbestimmt wird, ist aber durch evtl. Kombination mit Navigationstechnologien denkbar. Als nächster sinnvoller Schritt aus Anwendersicht ergibt sich daher neben der gesteigerten Bildauflösung die selektive Verstärkung von Kontrast und Modifikation der Farbwiedergabe sowie die Integration CT-gesteuerter Navigationsanwendungen, um funktionell wichtige Strukturen frühzeitig erkennen und erhalten zu können [7].

Literaturverzeichnis

1. Ilgner J, Kawai T, Westhofen M, et al. Production and evaluation of stereoscopic video presentation in surgical training. *Proc SPIE*. 2004;5291:293–302.
2. Ilgner J, Kawai T, Shibata T, et al. Evaluation of stereoscopic medical video content on an autostereoscopic display for undergraduate medical education. *Proc SPIE*. 2006;6055:46–56.
3. von Pichler C, Radermacher K, Boeckmann W, et al. Three-dimensional versus two-dimensional video endoscopy. A clinical field study in laparoscopic application. *Stud Health Technol Inform*. 1996;29:667–74.
4. von Pichler C, Radermacher K, Boeckmann B, et al. The influence of LCD shutter glasses on spatial perception in stereoscopic visualization. *Stud Health Technol Inform*. 1996;29:523–31.
5. Meneses MS, Cruz AV, Castro IA, et al. Stereoscopic Neuroanatomy: comparative study between anaglyphic and light polarization techniques. *Arq Neuropsiquiatr*. 2002;60(3-B):769–74.
6. Kawai T, Shibata T, Inoue T, et al. Development of software for editing stereoscopic 3-D movies. *Proc SPIE*. 2002;4660:58–65.
7. Goes VP, Machado LS, Cabral MC, et al. Interactive stereoscopic full-color direct volume visualization for virtual reality applications in medicine. *Stud Health Technol Inform*. 2001;81:161–7.