Erfahrungen zu Kosten und Nutzen in der Wirbelsäulenchirurgie

Insbesondere in der Wirbelsäulenchirurgie hat die Navigation in den letzten 2 Jahren eine erhebliche Verbreitung gefunden. Argumente zum Navigieren sind:

- bessere Orientierung,
- bessere Planung,
- höhere Sicherheit,
- neue Möglichkeiten in Ausbildung und Lehre sowie
- erweiterte Möglichkeiten zur Forschung.

Ebenfalls als Argumente genannt werden:

- Möglichkeiten der Erweiterung des Indikationsspektrums sowie
- die Werbewirkung nach außen zur Patientenakquisition.

Navigiert werden kann entweder fluoroskopisch, d. h. mit einem Röntgen-BV, ohne zuvor andere Bilddaten akquiriert zu haben, oder CT-unterstützt, d. h. es wurden zuvor CT-Daten für die Operation akquiriert. Bei der CT-unterstützten Navigation kann heutzutage neben dem Oberflächenmatching, d. h. es werden an der Oberfläche des zu navigierenden Wirbels Punkte aufgesucht, anhand derer das Navigationssystem dann den Abgleich mit den CT-Daten durchführt, auch das so genannte CT-Fluoromatching durchgeführt werden, auf welches im Folgenden näher eingegangen wird.

CT-Fluoromatching

Der erste Schritt ist das Einlesen der Patientendaten. Der Patient wird in unserer Einrichtung unabhängig davon, ob an der vorderen oder der hinteren Wirbelsäule operiert wird, in Bauchlage gelagert. Bei dorsaler Instrumentation wird zunächst der Zugang durchgeführt und anschließend die Referenzklemme an dem entsprechenden Dornfortsatz des Wirbels angebracht. Operiert man endoskopisch assistiert an der vorderen Wirbelsäule, wird die Referenzklemme über eine kleine Stichinzision am Dornfortsatz des zu navigierenden Wirbels angebracht. So kann bei minimalinvasivem ventralen Vorgehen bereits die Zugangshöhe mit Hilfe des Navigationssystems exakt definiert werden.

Am Bildverstärker wird ein Vorbau mit einem speziellen Raster angebracht, hierbei ist darauf zu achten, dass er plan ohne Spiel aufsitzt und dass die Reflektoren nicht gelockert und von der Kamera aus sichtbar sind.

Die Fluorobilder werden mit dem BV in maximal 3 und mindestens 2 Ebenen angefertigt, der Software wird die Höhe des betroffenen Wirbelsegments angegeben, außerdem die Ausrichtung des Patienten im Raum. Anschließend wird der CT-Datensatz zunächst auf einen der Software vorgegebenen Modellwirbel angepasst (■ Abb. 1 a–c).

Im nächsten Schritt wird dieser Datensatz mit den aktuellen Fluorobildern

in Übereinstimmung gebracht, was vom Operateur optisch mitverfolgt und auf Plausibilität überprüft wird (■ Abb. 1d).

Anschließend lassen sich beliebige Instrumente mit Hilfe von passiven optischen Markern kalibrieren, sodass sie zur Navigation genutzt werden können (■ Abb. 2). Mit dem entsprechend kalibrierten Instrument wird noch einmal eine Genauigkeitsprobe durchgeführt, in der Regel zuerst an der Referenzklemme, danach an anatomisch klar definierten Strukturen.

Navigation

Die Planung der Instrumentation lässt sich intraoperativ auf dem Bildschirm durchführen, anhand des vorbestehenden CT-Datensatzes ist aber auch eine präoperative Planung auf einer Workstation möglich.

Das Platzieren von Schrauben kann so bewerkstelligt werden, dass eine Ahle in Echtzeit navigiert auf dem Bildschirm gezeigt wird, wobei mit Hilfe der Software die Instrumentenspitze entsprechend um die geplante Schraubenlänge verlängert werden kann (■ Abb. 3). Eine andere Möglichkeit besteht darin, die ideale Schraubenlage vorher zu planen und dann mit Hilfe des Navigationssystems auf exakt diese Position zu leiten (■ Abb. 4).

Ein besonderer Vorteil der Navigation in Bauchlage ist, dass simultan dorsoventral navigiert werden kann: Dorsal kön-

Abb. 1a–d ▲ CT-Fluoromatching, a–c Präregistrierung und Anpassung an vorgegebenen Modellwirbel, d Verifizierung des Datensatz

Abb. 2 ◀ Arbeiten mit kalibrierten Instrumenten

nen die Pedikelschrauben navigiert eingebracht und gleichzeitig eine ventrale Instrumentation, eine Wirbelkörperresektion oder eine Cage-Einlage navigiert werden. Dieses simultan dorsoventrale Vorgehen ist von BWK 4–LWK 5 möglich.

Indikationen

Neben Frakturen sind auch entzündliche Veränderungen der Wirbelsäule, insbesondere Spondylodiszitiden, für die simultan dorsoventrale Navigation

gut geeignet. Bei Tumoren kann man sowohl präoperative CT- als auch MRT-Bilder heranziehen, was die Orientierung erleichtert und es einem ermöglicht, anhand der MRT-Bilder mit höherer Sicherheit als nur mit Hilfe der makrosko-

pischen Sicht den Tumor zu entfernen (■ Abb. 5).

Kosten-Nutzen-Relation

Betrachtet man die Navigation unter Kosten-Nutzen-Gesichtspunkten, stellt sich zunächst die Frage nach der Verlängerung der Operationsdauer. Bei ausschließlich dorsaler Instrumentation ließ sich bei einem Signifikanzniveau von 5% kein signifikanter Unterschied in der Operationsdauer feststellen. Ebenso konnte bei ausschließlich ventraler Instrumentation bei gleichem Signifikanzniveau kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Auch bei einzeitig kombiniert dorso-ventraler Instrumentation lässt sich statistisch kein Unterschied mit oder ohne Navigation nachweisen. Betrachtet man allerdings die Röntgenzeit, findet sich bei einem Signifikanzniveau von 5% ein hochsignifikanter Unterschied in der Röntgendauer zugunsten des Vorgehens mit Navigation.

Grundsätzlich kann man damit rechnen, dass die Operationsdauer von navigierten Operationen durch Anbringen der Referenzklemme etwa 5 min verlängert wird, durch die Matchingprozedur kommt es zu einer Verlängerung von weiteren 10 min. Zeit gewonnen wird auf der anderen Seite durch schnelleres Arbeiten wegen der höheren Sicherheit und weil unter der Operation das Röntgen mit entsprechendem Herein- und Herausfahren des C-Bogens wegfällt.

Betrachtet man die Kosten, ist die Investition eines Navigationsgeräts mit 200.000–250.000 € zu veranschlagen. Ein Planungs-CT kostet zwischen 268 € und 553 €, an Verbrauchsmaterialien pro Operation sind etwa 250 € zu veranschlagen.

Der Gesamtzeitbedarf der Navigation beträgt bei guter Logistik etwa 20 min. Insgesamt ergibt sich bei ausschließlich dorsaler Instrumentation eine Verlängerung der Operationszeit von etwa 15 min, bei ausschließlich ventraler Instrumentation von etwa 10 min. Bei simultan dorsoventralem Vorgehen lässt sich durch die Synergieeffekte der Navigation eine Verkürzung der Operationszeit von etwa 10 min erreichen.

Zusammenfassung · Abstract

Trauma Berufskrankh 2004 · 6 [Suppl 2] : S197–S201
DOI 10.1007/s10039-004-0853-1
© Springer-Verlag 2004

A. P. Verheyden · A. Hölzl

Erfahrungen zu Kosten und Nutzen in der Wirbelsäulenchirurgie

Zusammenfassung

Insbesondere in der Wirbelsäulenchirurgie hat die Navigation in den letzten 2 Jahren eine erhebliche Verbreitung gefunden. Es kann entweder fluoroskopisch oder CT-unterstützt navigiert werden. Bei letzterem Verfahren sind Oberflächenmatching sowie CT-Fluoromatching möglich. Die Instrumente werden mit Hilfe von passiven optischen Markern anhand der Patientendaten kalibriert. Die Planung des Eingriffs ist bereits präoperativ möglich, Schrauben können exakt positioniert werden. Ein besonderer Vorteil der Navigation in Bauchlage ist, dass simultan dorsoventral navigiert werden kann. Gefahren der Na-

vigation sind darin zu sehen, dass eine virtuelle Welt dargestellt wird, die mit der Realität nicht in Übereinstimmung sein muss (z. B. beim Verrutschen von Referenzklemmen). Deshalb ist gerade auch bei Verwendung eines Navigationssystems ein erfahrener Operateur gefragt. Gut geeignet ist die Navigation für Forschung und Lehre.

Schlüsselwörter

Wirbelsäulenchirurgie · Fluoroskopische Navigation · CT-unterstützte Navigation · Simultan dorsoventrale Navigation

Experience of cost and benefit in spinal surgery

Abstract

In the last 2 years, the use of navigation systems has become very widespread, especially in spinal surgery. Fluoroscopy- or CT-assisted navigation is possible. With the CT-assisted technique both surface and CT-fluoro-matching are possible. The instruments are calibrated with the aid of passive optical markers and with reference to the patient data. The intervention can be planned preoperatively with accurate positioning of the screws. A particular advantage of navigation when the patient is in prone position is that dorsoventral navigation is possible at the same time. Dangers

of navigation must be seen in the fact that a virtual world is presented that is not sure to correspond to reality (e.g. if the reference clamps slip). For this reason an experienced surgeon is needed even when a navigation system is used. Navigation is very useful for research and teaching purposes.

Keywords

Spinal surgery · Fluoroscopic navigation · CT-assisted navigation · Simultaneous posterior-anterior navigation

Abb. 3 ◀ Platzierung von Schrauben durch Echtzeitnavigation (hier anteriore Instrumentation)

Abb. 4 ◀ Präoperative Planung der idealen Schraubenlage, Prüfung mit Hilfe des Navigationssystems

Abb. 5 ▲ Entfernung einer Wirbelkörpermetastase LWK 3

Resümee

Fasst man die eingangs genannten Kriterien zur Verwendung der Navigation zusammen, stellt sich Folgendes heraus:

1. Die Orientierung ist mit Hilfe der Navigation wesentlich verbessert. Dies macht sich sowohl beim ausschließlich dorsalen Vorgehen bemerkbar als auch insbesondere beim ventralen und kombinierten Vorgehen.
2. Die Planung einer Instrumentation lässt sich durch die Navigationssoftware wesentlich verbessern und exakter gestalten.

Zwiespältig zu sehen ist der Aspekt der höheren Sicherheit. Grundsätzlich ist mit einer exakt funktionierenden Navigation die Sicherheit erheblich verbessert. Ein Risiko dabei ist jedoch, dass es z. B. durch unbemerktes Verrutschen der Referenzklemme zu einer Falschinformation kommen kann, wodurch dann eine höhere Sicherheit vorgetäuscht, in Wirklichkeit der Operateur aber in die Irre geleitet wird. Man muss sich jederzeit bewusst bleiben, dass das, was man auf dem Bildschirm des Navigationssystems sieht, keine realen Bilder sind, sondern lediglich eine virtuelle Welt darstellt, die mit der Realität nicht in Übereinstimmung sein muss. Deshalb ist gerade auch bei Verwendung eines Navi-

gationssystems ein erfahrener Operateur gefragt, welcher durch seine Erfahrung Diskrepanzen zwischen der virtuellen und der realen Welt rechtzeitig erkennen kann.

Eine Erweiterung des Indikationspektrums nach Anschaffen eines Navigationssystems ist aus diesen Gründen sehr kritisch zu betrachten und sollte nicht durchgeführt werden. Auch das Verwenden des Navigationssystems als Werbemittel zur Patientenakquisition ist kritisch zu sehen.

Sehr gut geeignet ist das Navigationssystem für Ausbildung und Lehre. Es ermöglicht den Auszubildenden eine wesentlich bessere Orientierung, außerdem können jüngere Assistenten einen Eingriff mit der Software schon anhand des präoperativen CT-Datensatzes exakt planen. Insbesondere bei den kombiniert dorso-ventralen Eingriffen ergeben sich Möglichkeiten der kontrollierten Ausbildung, indem z. B. der Assistent mit Hilfe des Navigationssystems die Pedikelschrauben setzt, während gleichzeitig der erfahrene Operateur den vorderen Zugang bewerkstelligt.

Auch Studenten ist es mit Hilfe des Navigationssystems bereits möglich, komplexe anatomische Strukturen an der Wirbelsäule gut zu erkennen und gerade den engen räumlichen Zusammenhang verschiedener anatomischer Strukturen nachzuvollziehen.

Für die Forschung bietet das Navigationssystem viele neue Ansatzpunkte.

Fazit

Mit Hilfe eines Navigationssystems lässt sich eine hochsignifikante Einsparung von Röntgenzeit erzielen. Bei lediglich dorsaler Instrumentation von Frakturen gibt es sonst keinen wesentlichen Vorteil.

Bei der minimalinvasiven anterioren Wirbelsäulenchirurgie hat sich das Navigationssystem aus unserer Sicht sehr gut bewährt. Bei simultan dorsal ventral navigierter Operationstechnik resultiert eine Zeitersparnis. Der größte Nutzen der Navigation ist bei Tumoroperationen sowie bei weiteren komplexen Operationen der Wirbelsäule zu sehen.

Korrespondierender Autor

Priv.-Doz.Dr. A.P. Verheyden

Klinik für Unfall-, Wiederherstellungs- und Wirbelsäulenchirurgie, Krankenhaus Nordwest, Steinbacher Hohl 2–26, 60488 Frankfurt, E-Mail: verheyden.akhil@khnw.de

Interessenkonflikt: Keine Angaben