

11-08-2023

Möglichkeiten und Limitationen der computergesteuerten Navigation in der Chirurgie

Die ersten Versuche der genauen intraoperativen Lokalisation anatomischer Strukturen gehen auf das 19. Jahrhundert zurück. Schon damals war das Ziel die gezielte minimal-invasive Bestimmung der Anatomie mit möglichst schonenden Zugängen. Dies wurde Realität mit der Entwicklung und Verbesserung der diagnostischen Möglichkeiten. Hierbei wurde vor allem durch den Ausbau der Computerverarbeitungskapazität die präzise Erfassung der anatomischen Strukturen möglich¹.



Dr. med. Jan Hambrecht



Prof. Dr. med. Roman Pfeifer

Der Beginn der computerassistierten Systeme in der Chirurgie erfolgte in der Neurochirurgie. Hier zeigte sich erstmals eine Reduktion iatrogenen Verletzungen, weshalb die chirurgische Navigation stets weiterentwickelt wurde.

Das Prinzip liegt hierbei in der Anfertigung eines präoperativen Computertomogramms, welches mit dem intraoperativen Befund abgeglichen werden kann. So können die Platzierung möglicher Instrumente und Stabilisierungen verbessert werden. Das „Matching“ basiert hierbei auf Referenzmarkern, welche am Knochen befestigt werden. In der Orthopädie und Traumatologie wurde die Navigation zu Beginn in der Wirbelsäulenchirurgie eingesetzt. Dabei lag der Fokus auf der Platzierung und Optimierung von Schrauben, welche zur Stabilisierung der Wirbelsäule beitragen sowie der Vermeidung iatrogenen Schäden². In der heutigen Beckenchirurgie ist die navigierte, perkutane Verschraubung ebenfalls ein Standardverfahren. Hierbei müssen stets die anatomischen Varianten berücksichtigt sowie ein hohes Mass an Präzision geleistet werden, um Implantatfehlstellungen zu vermeiden. Dies kann durch morphologische Variationen wie Osteoporose, Adipositas oder übermäßige Darmgase erschwert werden. Um diese Verfahren sicherer und zuverlässiger zu gestalten, wurde die computergesteuerte Navigation stets weiterentwickelt⁵. In den letzten Jahren konnte die computergesteuerte Chirurgie bei einer Vielzahl chirurgisch-orthopädischer Anwendungen genutzt werden, wie beispielsweise bei der Hüft- und Knieendoprothetik, der gezielten Knochendurchtrennung (Osteotomie) sowie dem Ersatz des vorderen Kreuzbandes².

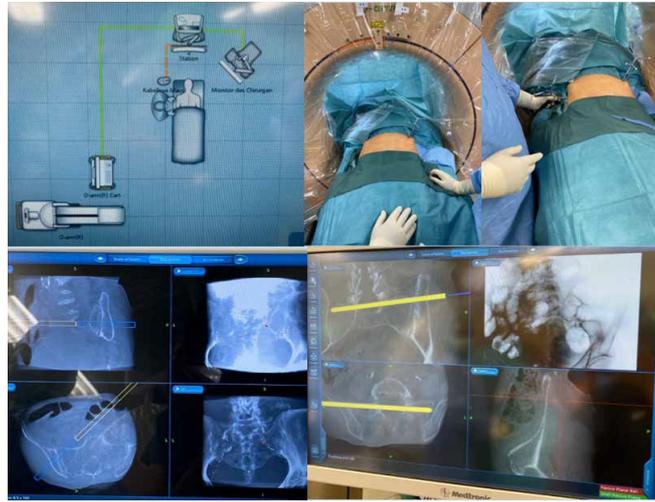
Vorteile

Bereits in der Vergangenheit durchgeführte Studien deuteten darauf hin, dass die navigierte Chirurgie zu einer Erhöhung der Genauigkeit in der Schraubenplatzierung sowie einer Reduktion der Operationsdauer, Durchleuchtungszeit und der Strahlenbelastung führen kann. Aktuelle Studien zeigen, dass die Durchleuchtungszeit durch die navigierte Chirurgie um mehr als 60% gesenkt werden kann. Dies führt wiederum zu einer Reduktion der Strahlenexposition des Operationspersonals um mehr als 50%. Ebenfalls ist die Infektionsrate bei den navigiert durchgeführten Operationen reduziert⁴. Bezüglich der Schraubenlage ergaben sich in dieser Studie keine signifikanten Unterschiede zwischen dem offenen und navigierten Vorgehen.

Es sollte jedoch betont werden, dass die Definition der idealen Schraubenlage nach wie vor diskutiert wird. So zeigen andere Studien durchaus eine korrekte Schraubenlage bei 81% der navigierten Operationen zu 42% bei nicht-navigierten Operationen⁵. Ebenfalls zeigen andere Studien eine Schrauben-Luxationsrate von 0,1% in den navigierten Verfahren⁶. Revisionseingriffe fanden in der gleichen Studie ebenfalls in deutlich geringerer Ausprägung bei den navigierten Verfahren statt. So sahen wir in den konventionellen Versorgungen eine Revisionsrate von 13% bei lediglich 0,3% bei den navigierten Operationen. Gründe hierfür waren hauptsächlich Fehlstellungen, Schraubenlockerungen und Schmerzen³. Darüber hinaus steigt auch die Strahlenbelastung des Patienten nicht an und kann sogar abnehmen, da die Anzahl an irrelevanten und wiederholten Durchleuchtungen vermieden werden können⁶.

Nachteile

Zu den grössten Nachteilen der navigierten Versorgung der Beckenringfrakturen gehört die finanzielle Belastung. So ist aktuell von einem Investment von 700 000–1 000 000 CHF bei der Beschaffung eines intraoperativen 2D- oder 3D-Bildgebungssystem auszugehen. Dies ist für den Grossteil der regionalen Spitäler nicht realisierbar. Ebenfalls zeigt der Bildwandler, mit der Möglichkeit eines Röntgen in Echtzeit, hier eine freie Verfügbarkeit auch in der Peripherie. Oftmals wird eine längere Einstelldauer beschrieben, wobei die Gesamtbetriebsdauer vergleichbar mit der im konventionellen Prozedere ist. Das System kann abhängig vom Operationssaal als „sperrig“ betrachtet werden. Ebenfalls benötigt die Steuerung einen zusätzlichen Bediener und daher zusätzliches Personal.



Die Patienten befinden sich je nach Präferenz des Operateurs in Bauch- oder Rückenlage auf einem Carbondisch. Beispielsweise auf dem Beckenkamm wird ipsilateral ein Referenzmarker positioniert. Zur Planung wird ein O-Arm-Scan (intraoperatives 2D/3D-Bildgebungssystem) durchgeführt. Die markierten Instrumente können nachfolgend für die Platzierung von Schrauben genutzt werden. Somit ist eine adäquate, minimal-invasive Stabilisierung von Beckenringverletzungen ohne Probleme möglich.

AUTOREN



Dr. med. Jan Hambrecht
jan.hambrecht@usz.ch



Prof. Dr. med. Roman Pfeifer
roman.pfeifer@usz.ch

REFERENZEN

Quellenverzeichnis

1. Mezger U, Jendrewski C, Bartels M. Navigation in surgery. Langenbecks Arch Surg. April 2013;398(4):501–14
2. Jenny JY. [The history and development of computer assisted orthopaedic surgery]. Orthopade. Oktober 2006;35(10):1038–42
3. Takao M, Hamada H, Sakai T, Sugano N. Clinical Application of Navigation in the Surgical Treatment of a Pelvic Ring Injury and Acetabular Fracture. Adv Exp Med Biol. 2018;1093:289–305
4. Yuan BM, Huang G, Zheng S, Yu T, Zhao JW. A screw view model of navigation guided minimal invasive percutaneous pelvic screws insertion for lateral compression pelvic ring injuries: A case report. Medicine (Baltimore). 2. Oktober 2020;99(40):e21755
5. Berger-Groch J, Lueers M, Rueger JM, Lehmann W, Thiesen D, Kolb JP, u. a. Accuracy of navigated and conventional iliosacral screw placement in B- and C-type pelvic ring fractures. Eur J Trauma Emerg Surg. Februar 2020;46(1):107–13

6. Hoffmann MF, Yilmaz E, Norvel DC, Schildhauer TA. Navigated iliac screw placement may reduce radiation and OR time in lumbopelvic fixation of unstable complex sacral fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. Oktober 2021;31(7):1427–33
7. Zwingmann J, Konrad G, Mehlhorn AT, Südkamp NP, Oberst M. Percutaneous iliosacral screw insertion: malpositioning and revision rate of screws with regards to application technique (navigated vs. Conventional). *J Trauma*. Dezember 2010;69(6):1501–6
8. Yu T, Cheng XL, Qu Y, Dong RP, Kang MY, Zhao JW. Computer navigation-assisted minimally invasive percutaneous screw placement for pelvic fractures. *World J Clin Cases*. 26. Juni 2020;8(12):2464–72