

Mobil durch Verteilung – Altes und Neues aus der Wirbelsäulenchirurgie

PD Dr. med. MICHAEL BETZ^a

Rev Med Suisse 2019; 15: 268-9

EIN WENIG GESCHICHTE

Die ersten erfolgreichen Laminektomien wurden durch den griechischen Arzt Paulus von Aegina im 7. Jahrhundert nach Christus durchgeführt.¹ Während der folgenden Jahrhunderte und während des Mittelalters gab es keine nennenswerten Fortschritte auf dem Gebiet der Wirbelsäulenchirurgie. Erst die Renaissance verhalf der medizinischen Wissenschaft und insbesondere der Anatomie durch die Arbeiten von Andreas Vesalius, Leonardo da Vinci und Gerard Blasius zu neuem Auftrieb.

So begann der französische Chirurg Ambroise Parré im 16. Jahrhundert erneut mit der chirurgischen Behandlung von Wirbelsäulenverletzungen.² Smith gelang zu Beginn des 19. Jahrhunderts in den Etats-Unis eine Laminektomie.³ Insgesamt machte die Wirbelsäulenchirurgie jedoch nur sehr langsame Fortschritte vor allem aufgrund des hohen Infektionsrisikos und der ungeheuren Operationsschmerzen.

Im Laufe des 19. Jahrhunderts wurde durch Entdeckungen im Bereich der Anästhesie, Asepsis und Radiologie die Grundlage für eine erfolgreiche Wirbelsäulenchirurgie gelegt. Wilkins (Etats-Unis) gelang im 19. Jahrhundert erstmals die Stabilisierung einer Th12/L1 Fraktur mit Silberdraht. Einige Jahre später versorgte Hadra (Etats-Unis) eine dislozierte Halswirbelkörperfraktur mit einer ähnlichen Technik.⁴

Bahnbrechend für die Wirbelsäulenchirurgie war die Einführung der Pedikelschraube durch den französischen Chirurgen Roy-Camille (1963).^{5,6} Ein weiterer Pionier der operativen Stabilisierung der Wirbelsäule ist der österreichische Chirurg Magerl, der im Kantonsspital St. Gallen praktizierte. Er entwickelte einerseits Fixationstechniken für die zervikale Halswirbelsäule, andererseits ein externes Fixationssystem für thorakolumbale Verletzungen.^{7,8}

Die Fixationssysteme für die Wirbelsäule wurden während der letzten Jahrzehnte weiter verbessert. Heute stehen den Wirbelsäulenchirurgen mannigfaltige Implantate zur Verfügung. Die Versteifung von Wirbelsäulensegmenten ist heute ein sicheres und anerkanntes Standardverfahren, welches, falls richtig indiziert, dem Patienten eine verbesserte Lebensqualität ermöglicht.

RE-OPERATIONEN VERMEIDEN

Auch nach korrekter Indikationsstellung können Revisionsoperationen erforderlich werden. Nach Spondylodesen ergeben sich im Langzeitverlauf Revisionsraten von bis zu 20%.^{9,10} Die häufigste Ursache für Revisionsoperationen nach Spondylodesen ist die Anschlusssegmenterkrankung, deren Pathogenese nicht hinreichend bekannt ist.

Aktuelle Forschungsschwerpunkte liegen auf der Untersuchung von biomechanischen Zusammenhängen in Bezug auf solche postinterventionellen Sekundärpathologien.¹¹⁻¹³ Eine stärkere Berücksichtigung der individuellen Anatomie und Pathologie des Patienten scheint unumgänglich, um Re-Operationen zu vermeiden. Insbesondere die Wirbelsäulen-anatomie und deren Bewegungscharakteristik (Kinematik) spielt dabei eine zentrale Rolle.

In den letzten Jahren haben numerische muskuloskeletale Modelle bereits in der Forschung ihre Nützlichkeit erwiesen. Die aus der klinischen, vorwiegend radiologischen, Patientenerfassung gewonnenen Daten werden benutzt, um ein detailliertes Computermodell des Patienten zu erstellen. Das digitale Modell vereint den Vorteil, eine beliebige Anzahl von Eingriffsparametern zu simulieren, während die aktive Kontribution der Muskulatur nicht vernachlässigt wird. Dies erlaubt Prognosen des funktionellen Ausgangs verschiedener Operationsmethoden zu machen und Risikofaktoren eines Eingriffs frühzeitig zu erkennen. Für den Chirurgen, der bereits in Planungsphase auf dieses Werkzeug zurückgreifen kann, bietet dies eine zusätzliche auf den Patienten massgeschneiderte Entscheidungsgrundlage zur Festlegung der optimalen Behandlungsstrategie. Dabei werden nicht nur statische anatomische Gegebenheiten, sondern vor allem auch das kinematische Verhalten und die damit zusammenhängende muskuläre Kraftentwicklung in die Entscheidung miteinbezogen. Wir sind der Überzeugung, dass eine solche individuelle biomechanische Analyse in Zukunft zu überlegenen orthopädischen Behandlungen führen wird.

INSTRUMENTIERUNG

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt im Bereich der Wirbelsäulenchirurgie stellt die patientenspezifische Instrumentierung (PSI) dar. Gemäss Literatur gelingt die korrekte Platzierung der Pedikelschrauben in nur etwa 80% der Fälle.¹⁴ Wird eine Pedikelschraube falsch platziert, so führt dies in etwa 10% der Fälle zu einer klinischen Symptomatik im Sinne einer schmerzhaften Radikulopathie oder sogar sensomotorischen Ausfällen.^{15,16}

^a Leitender Arzt Wirbelsäulenchirurgie, Universitätsklinik Balgrist, Forchstrasse 340, 8008 Zürich
michael.betz@balgrist.ch

Patientenspezifische Bohrschablonen bieten eine Möglichkeit die Platzierung von Pedikelschrauben zu verbessern. In einer Kadaverstudie konnte für thorakal und lumbal eingebrachte Pedikelschrauben eine Präzision von 97% erreicht werden.¹⁷

Sehr grosses Potential für die patientenspezifische Instrumentierung ergibt sich auch mit der augmentierten Realität (AR), also mit Hilfe einer computergestützten Erweiterung

der Realitätswahrnehmung.^{18,19} Diese Technologie erlaubt das Verschmelzen oder Überprojizieren eines computerentwickelten Hologramms auf die Realität. Dem Chirurgen kann während der Operation zusätzlich zu Patienteninformationen auch die nicht präparierte Anatomie auf Basis präoperativer oder intraoperativer Bildgebung (erweitertes Sehen) eingespielt werden.²⁰ Die Einführung von AR in der Wirbelsäulenchirurgie bedarf jedoch noch einiger Forschungs- und Entwicklungsarbeit.

1 Paulus of Aegina (1844-1847). Seven Books of Paulus of Aegina translated by Adams F. London : Sydenham Society.
 2 Malgaigne JF. Oeuvres completes d'Ambroise Paré. Paris : Baillière, 1840.
 3 Smith AG. Account of a case in which portions of three dorsal vertebrae were removed for the relief of paralysis from fracture, with partial success. N Am Med Surg 1829;8:94-7.
 4 Hadra BE. Wiring of the vertebrae as a means of immobilization in fracture and Potts' disease. 1891. Clin Orthop Relat Res 2007;460:11-3.
 5 Roy-Camille R, Roy-Camille M, Demeulenaere C. Osteosynthesis of dorsal, lumbar, and lumbosacral spine with metallic plates screwed into vertebral pedicles and articular apophyses. Presse Med 1970;78:1447-8.
 6 Roy-Camille R, Saillant G, Mazel C. Internal fixation of the lumbar spine with pedicle screw plating. Clin Orthop Relat Res 1986;7-17.
 7 Jeanneret B, Magerl F. Primary posterior fusion C1/2 in odontoid

fractures: indications, technique, and results of transarticular screw fixation. J Spinal Disord 1992;5:464-75.
 8 Magerl FP. Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation. Clin Orthop Relat Res 1984;125-41.
 9 Greiner-Perth R, Boehm H, Allam Y, Elsaghir H, Franke J. Reoperation rate after instrumented posterior lumbar interbody fusion : a report on 1680 cases. Spine (Phila Pa 1976) 2004;29:2516-20.
 10 Martin BI, Mirza SK, Comstock BA, et al. Reoperation rates following lumbar spine surgery and the influence of spinal fusion procedures. Spine (Phila Pa 1976) 2007;32:382-7.
 11 Senteler M, Aiyangar A, Weisse B, Farshad M, Snedeker JG. Sensitivity of intervertebral joint forces to center of rotation location and trends along its migration path. J Biomech 2018;70:140-8.
 12 Senteler M, Weisse B, Rothenfluh DA, Farshad MT, Snedeker JG. Fusion angle affects intervertebral adjacent spinal segment joint forces-Model-based

analysis of patient specific alignment. J Orthop Res 2017;35:131-9.
 13 Senteler M, Weisse B, Rothenfluh DA, Snedeker JG. Intervertebral reaction force prediction using an enhanced assembly of OpenSim models. Comput Methods Biomech Biomed Engin 2016;19:538-48.
 14 Gelalis ID, Paschos NK, Pakos EE, et al. Accuracy of pedicle screw placement : a systematic review of prospective in vivo studies comparing free hand, fluoroscopy guidance and navigation techniques. Eur Spine J 2012;21:247-55.
 15 Nevzati E, Marbacher S, Soleman J, et al. Accuracy of pedicle screw placement in the thoracic and lumbosacral spine using a conventional intraoperative fluoroscopy-guided technique : a national neurosurgical education and training center analysis of 1236 consecutive screws. World Neurosurg 2014;82:866-71 e1-2.
 16 Schizas C, Theumann N, Kosmopoulos V. Inserting pedicle screws in the upper thoracic spine without the use of

fluoroscopy or image guidance. Is it safe ? Eur Spine J 2007;16:625-9.
 17 Farshad M, Betz M, Farshad-Amacker NA, Moser M. Accuracy of patient-specific template-guided vs. free-hand fluoroscopically controlled pedicle screw placement in the thoracic and lumbar spine : a randomized cadaveric study. Eur Spine J 2017;26:738-49.
 18 Ma L, Fan Z, Ning G, Zhang X, Liao H. 3D Visualization and augmented reality for orthopedics. Adv Exp Med Biol 2018;1093:193-205.
 19 Agten CA, Dennler C, Roszkopf AB, et al. Augmented reality-guided lumbar facet joint injections. Invest Radiol 2018;53:495-8.
 20 Terander AE, Burstrom G, Nachabe R, et al. Pedicle screw placement using augmented reality surgical navigation with intraoperative 3D imaging : a first in-human prospective cohort study. Spine (Phila Pa 1976) 2018; epub ahead of print.