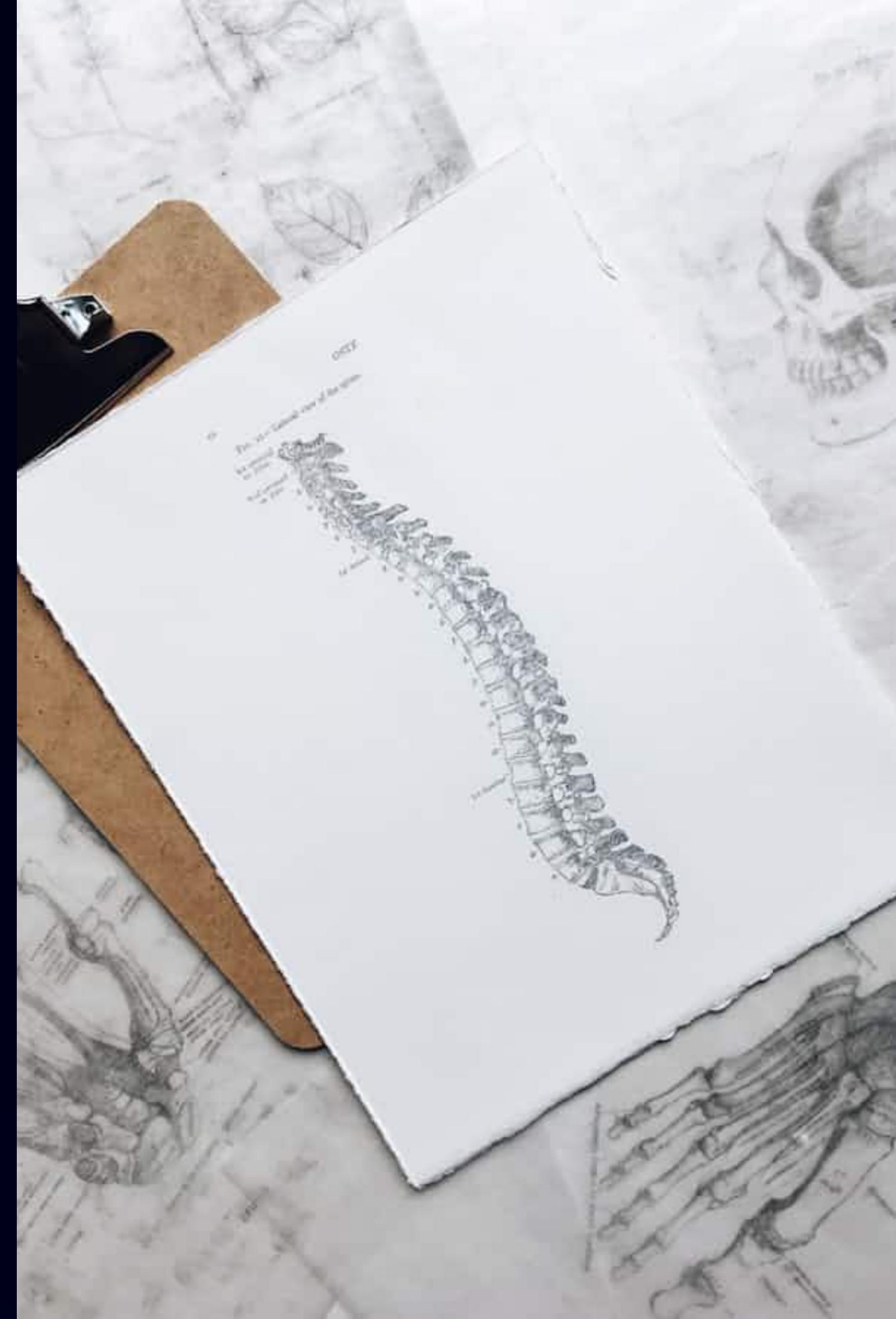


Ergebnisse nach Patient:innen-spezifischer Wirbelsäulenchirurgie

Dr. med. Itai Mendelowitsch

Facharzt Neurochirurgie, Kantonsspital Baden AG



Überblick

01

Entwicklung der Operationstechnik

Von offener Freihand-Chirurgie zur minimal-invasiven Präzision

03

Klinische Resultate

Evaluierung von 335 platzierten CBT-Schrauben

05

Wohin geht die Reise?

Weiterentwicklung der minimalinvasiven Operationen und der Implantate

02

3D-gedruckte Patient:innen-spezifische Schablonen

Patient:innen-spezifische Präzisionsimplantate für CBT-Schrauben

04

Operative Vorteile

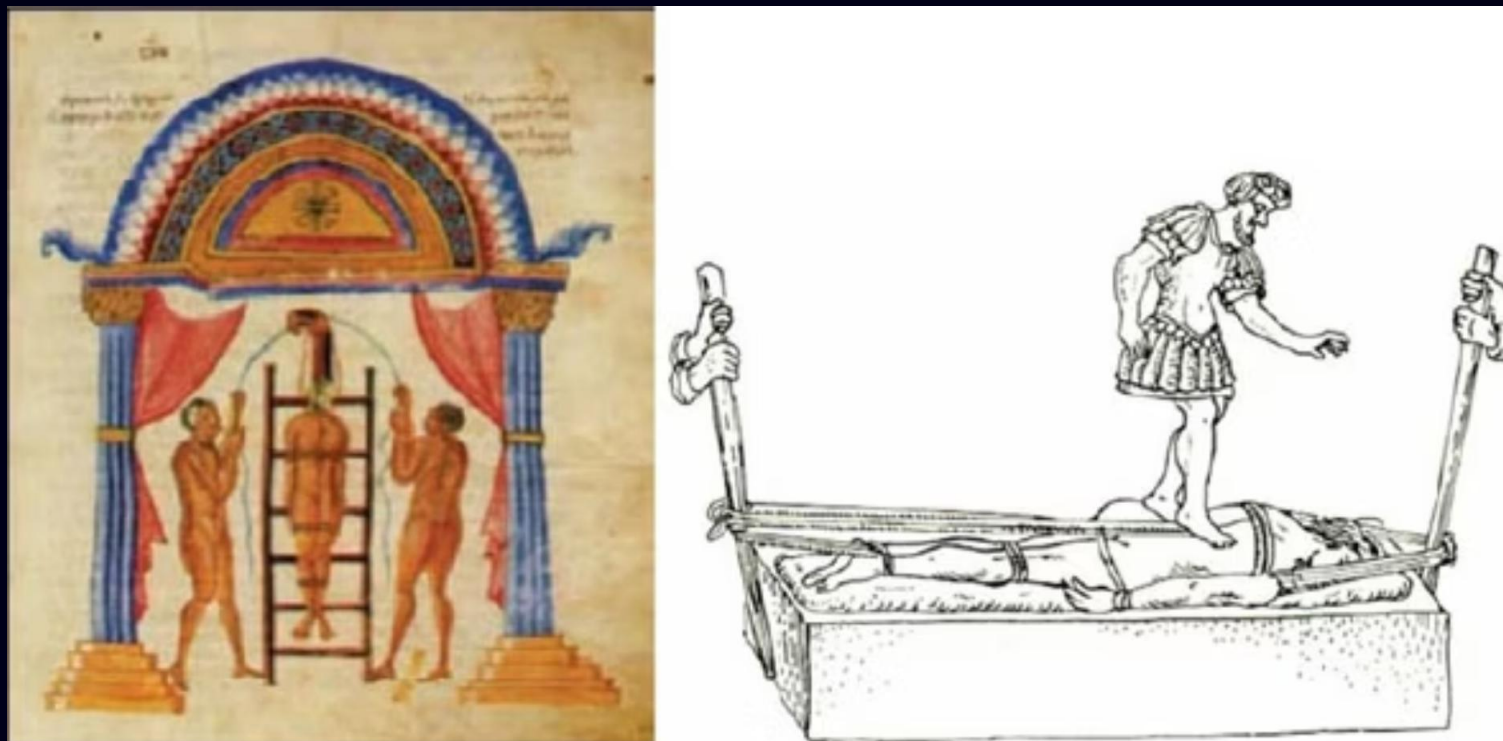
Reduktion von Blutverlust, Strahlenexposition und kleineren Wunden

06

Schlusswort

Evolution der Wirbelsäulenchirurgie

Die Wirbelsäulenchirurgie hat in den letzten Jahrzehnten einen grundlegenden Wandel erlebt. Moderne Technologien ermöglichen heute eine Präzision, die mit traditionellen Methoden nicht erreichbar war.



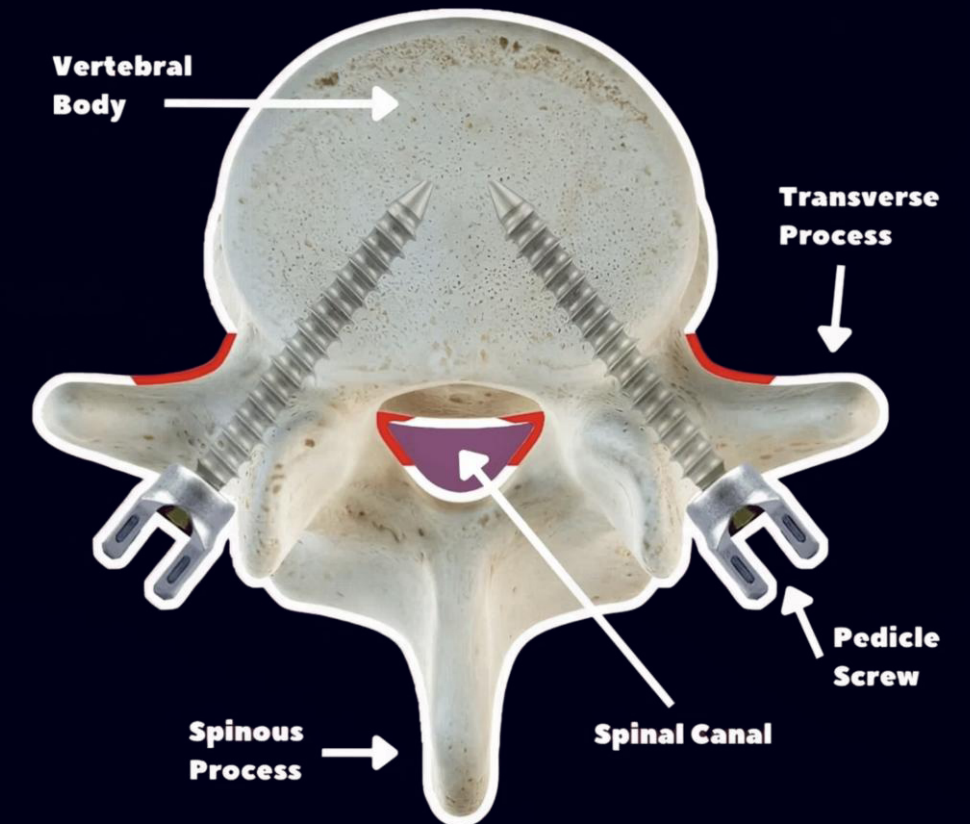
Klassische offene Wirbelsäulenchirurgie mit anatomischer Schraubenplatzierung

Merkmale

- Grössere Hautinzisionen
- Extensive Weichteilpräparation
- Anatomische Landmarken-Navigation

Herausforderungen

- Erhöhter Blutverlust
- Höheres Infektrisiko als bei minimalinvasiven Techniken
- Korrekte Schraubenplatzierung
- Verlängerte Rekonvaleszenz



Limitationen der Freihand-Technik

Variabilität der Platzierung

Abhängigkeit von der chirurgischen Erfahrung und anatomischen Variationen

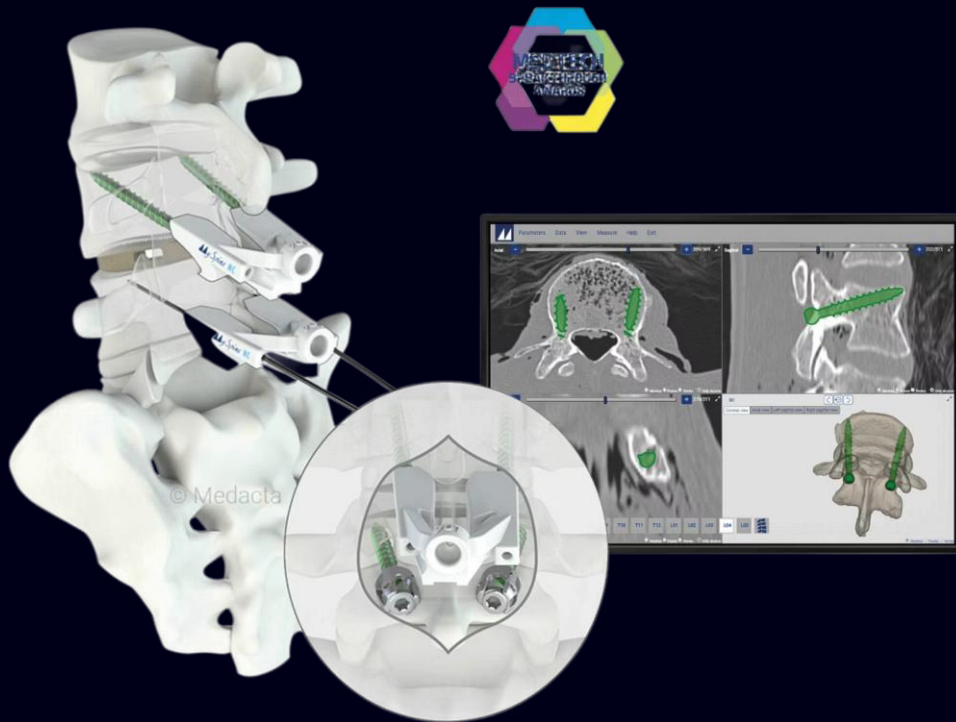
Strahlenexposition

Mehrfache intraoperative Durchleuchtungen für Team und Patient:innen erforderlich

Fehlplatzierungsrisiko

5-15% Fehlpositionierung mit potenziellen neurologischen Komplikationen

Minimalinvasive Techniken



Kleinere Zugänge

Reduzierte Gewebetraumatisierung durch perkutane Techniken



Navigation

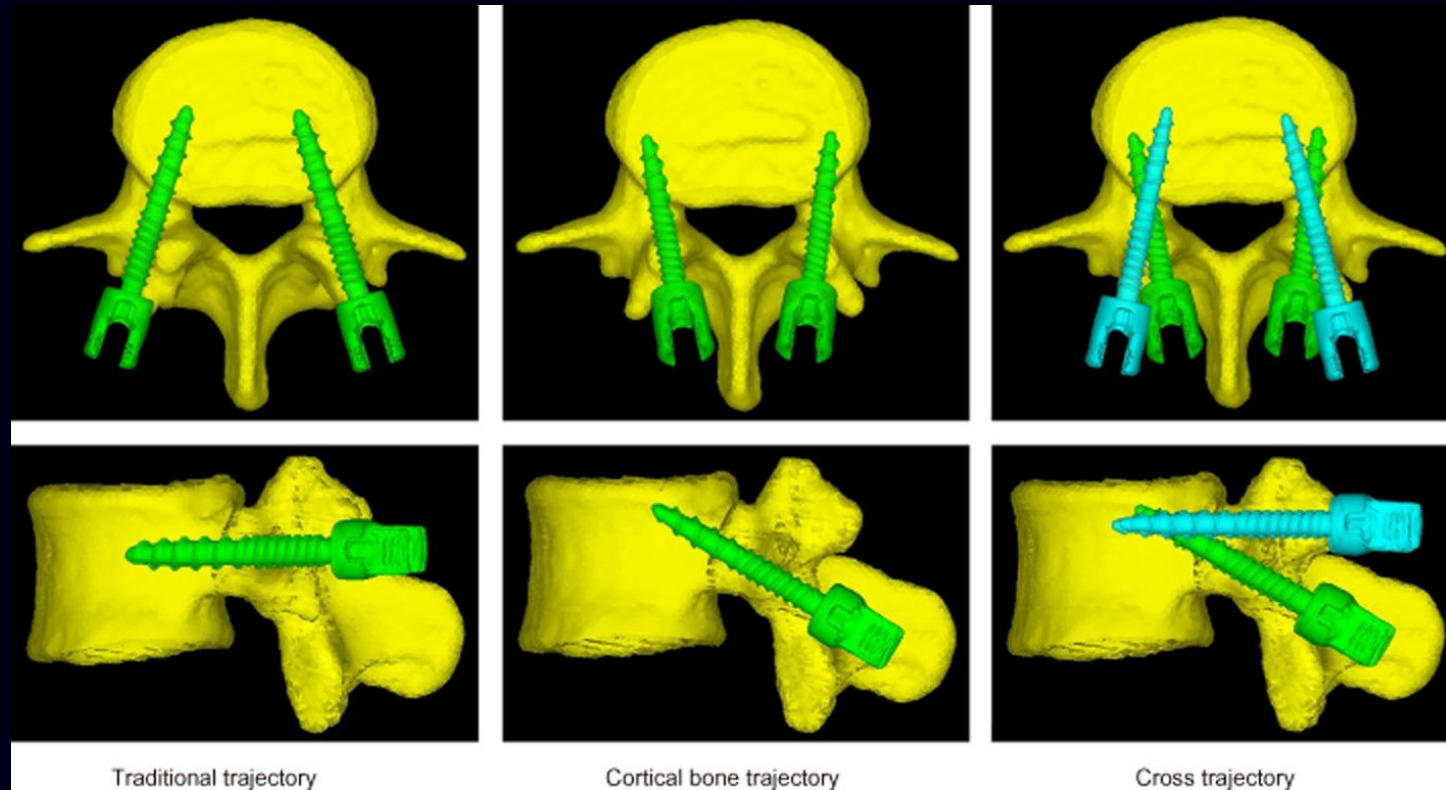
CT-basierte oder fluoroskopische Navigationssysteme



Präzision

Verbesserte Genauigkeit bei der Implantatplatzierung

Cortical Bone Trajectory (CBT) Schrauben



Biomechanische Vorteile

- Mediolateral und kranio-kaudal ausgerichtete Trajektorie
- Maximaler Kontakt mit kortikalem Knochen
- Höhere Ausreissfestigkeit als traditionelle Pedikelschrauben
- Medialer Eintrittspunkt ermöglicht eine reduzierte Invasivität

Herausforderungen bei der CBT-Schraubenplatzierung

Präzise Eintrittswinkel

Abweichungen von wenigen Grad können zu Fehlplatzierungen führen.

Anatomische Variabilität

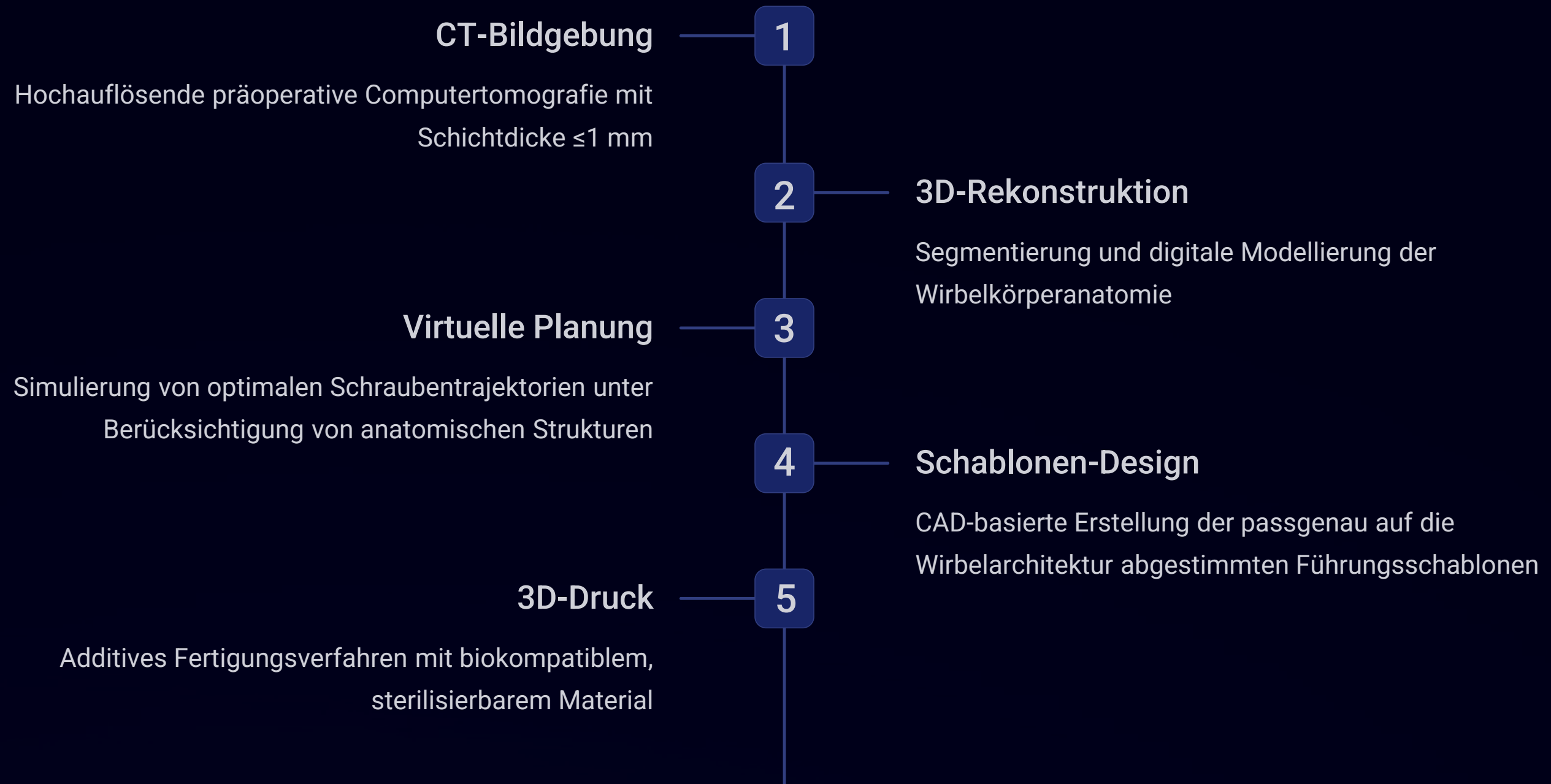
Individuelle Unterschiede in der Wirbelkörpermorphologie benötigen eine Anpassung.



Patient:innen-spezifische 3D-Schablonen

Die Integration von präoperativer Bildgebung, computergestützter Planung und 3D-Drucktechnologie verbessert massgeblich die Wirbelsäulenchirurgie durch massgeschneiderte Implantationshilfen.

Workflow der 3D-Schablonenherstellung





SAGITTAL PLANE		TRANSVERSAL PLANE		CORONAL PLANE	
	R		L		R
SAL: -15 deg	SAR: -15 deg	TAL: -5 deg	TAR: -5 deg	HDL: 19.5 mm VDL: -1.5 mm	HDR: 17.1 mm VDR: -1.8 mm
SCREW LENGTH (cross-section in the screw plane)		3D VIEW		SCREW DIAMETER (min cross-section of the pedicle)	
	R		L		R
Length: 40 mm Cortical gap: 7 mm	Length: 40 mm Cortical gap: 11 mm			Diameter: 7 mm	Diameter: 7 mm



Funktionsprinzip der Schablone

Präzisionsmechanismus

Die Schablone liegt passgenau auf den Dornfortsätzen und Laminae des Zielwirbels auf. Vorgegebene Bohrkanäle definieren exakt Eintrittswinkel und -punkt für jede CBT-Schraube.

Vorteil

- Reproduzierbare Platzierungsgenauigkeit
- Eliminierung der Freihand-Variabilität
- Reduzierte intraoperative Strahlenbelastung bei vorgeplanter Schraubenlage

Klinische Umsetzung



Präoperative Phase

CT-Akquisition, Planungsgespräch,
Schablonenproduktion (7-10 Tage),
Sterilisation



Intraoperative Anwendung

Limitierter Zugang,
Schablonenpositionierung,
Bohrungen durch die
Führungskanäle,
Schraubeneinbringung



Qualitätskontrolle

Einzelne postoperative
Röntgenkontrolle zur
Lageverifikation

Limitierungen und Überlegungen



Planungsvorlauf

7-10 Tage zwischen dem CT und der Operation notwendig – noch nicht für Notfalleingriffe geeignet



Anatomische Eignung

Bei schweren Deformitäten oder nach Voroperationen kann die Schablonenplatzierung erschwert sein



Einarbeitungsphase

Chirurgische Lernkurve von ca. 10-15 Fällen für optimale Workflow-Integration

Wie können wir den Planungsvorlauf verringern?

- in-house 3D-Drucker?
- 3D Schnelldruck?
- Gibt es Standard-Winkel zur vereinfachten Planung der CBT-Schrauben?

Studienpopulation und Methodik

335

CBT-Schrauben

Gesamtzahl platzierter Schrauben mit 3D-Schablonen

61

Patient:innen

Konsequente Fälle mit degenerativen Wirbelsäulenerkrankungen

2-6

Fusionslevel

Spektrum der instrumentierten Wirbelsäulensegmente

Prospektive Kohortenstudie mit standardisiertem Erfassungsprotokoll für operative Parameter und radiologische Evaluation

Primärer Endpunkt

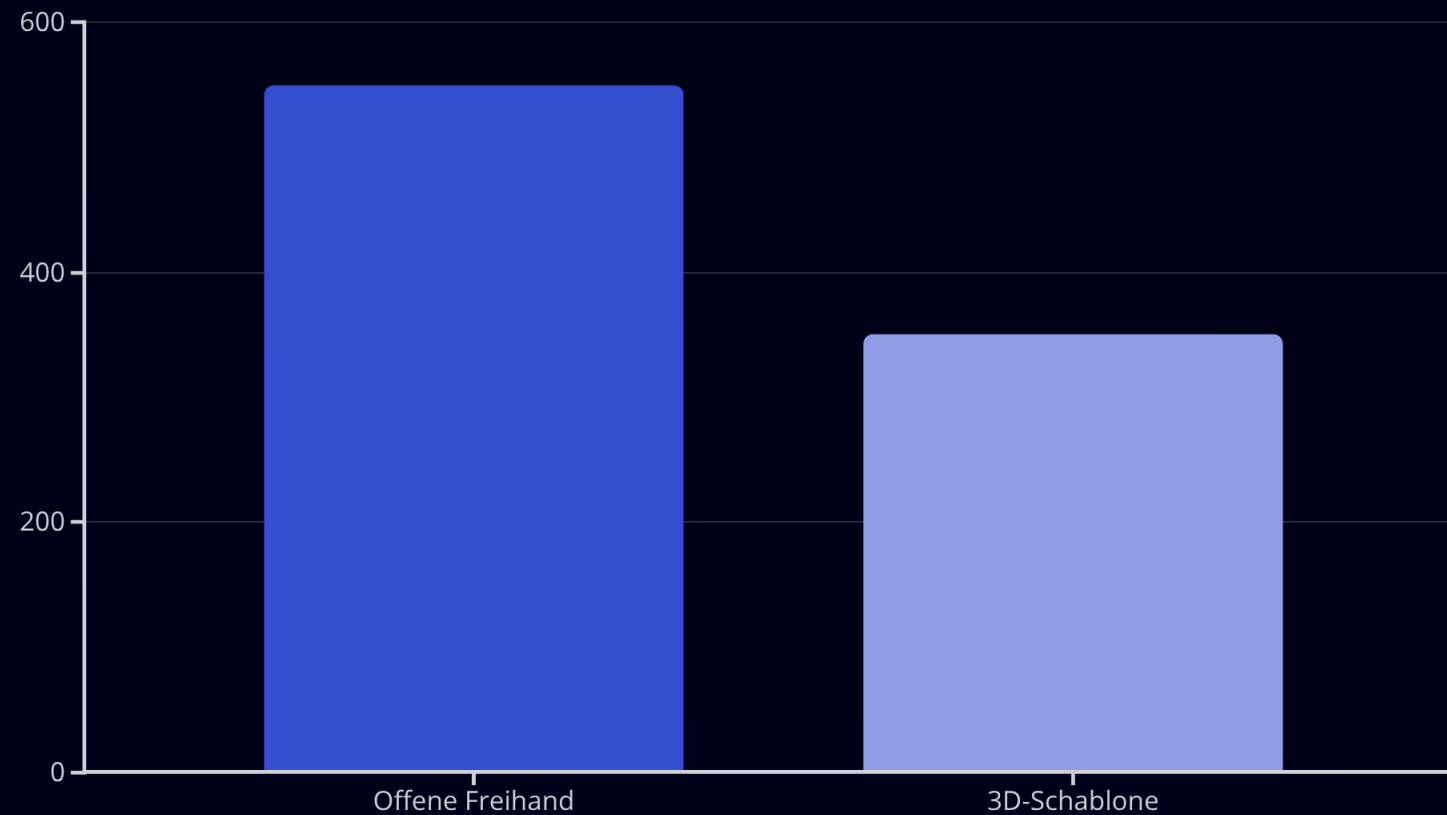
Schraubenwinkel

Sekundäre Endpunkte

Strahlenbelastung

Intraoperativer Blutverlust

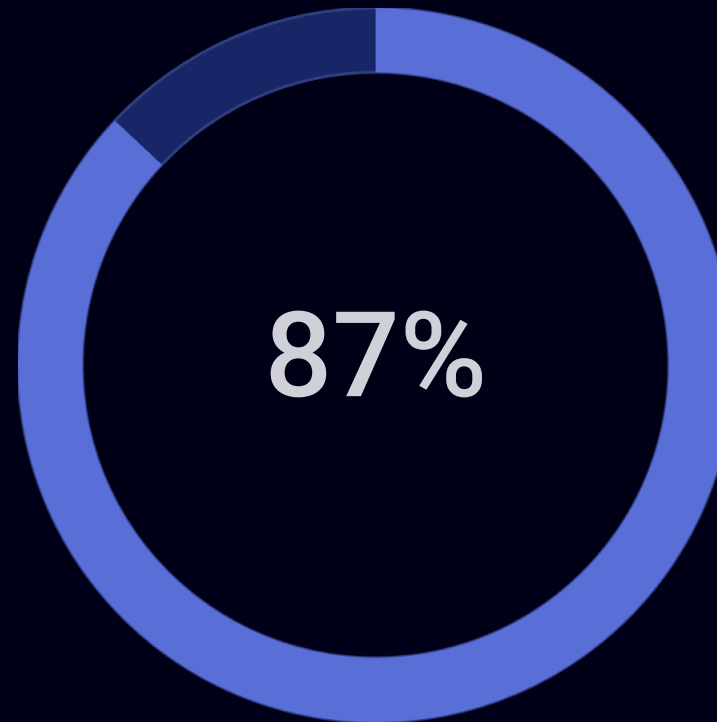
Resultat: Reduktion des Blutverlusts



Deutliche Reduktion

Der mittlere Blutverlust bei 3D-schablonengestützten Eingriffen betrug **350 ml** – eine Reduktion um ca. 40% gegenüber der offenen Freihand-Technik.

Resultat: Minimierung der Strahlenexposition



Weniger Röntgenbilder

Durchschnittlich 2 statt im Schnitt 15 intraoperative Aufnahmen

Die präzise Schablonenführung verhindert repetitive Durchleuchtung zur Lagekontrolle während der Schraubeneinbringung – ein bedeutender Vorteil für Patient:innen und das OP-Team.

Resultat: Verkürzung der Operationsdauer

Klinische Implikationen

- Kürzere Anästhesiedauer reduziert die kardiopulmonale Belastung
- Geringere Gewebeexposition minimiert das Infektionsrisiko
- Weniger Weichteilschaden erleichtert die postoperative Mobilisation
- Geringere Schmerzen und weniger Bedarf an WHO III Analgetika



Platzierungsgenauigkeit



99% korrekte Lage



0% neurologische
Komplikationen

Keine schraubenassoziierte
Verletzung von Nervenwurzeln
oder Duralschlauch

Vergleich mit Navigationssystemen

CT-Navigation

- Hohe Genauigkeit (95-98%)
- Echtzeitverfolgung
- Flexibilität bei intraoperativen Änderungen

Nachteil

- Hohe Investitionskosten
- Längere Set-up-Zeit
- Strahlenexposition für Referenz-Scan

3D-Schablone

- Vergleichbare Genauigkeit (99%)
- Minimale Strahlung
- Kurze intraoperative Anwendung

Nachteil

- Vorausplanung notwendig
- Limitierte Flexibilität
- Pro-Fall-Kosten für Schablonen

Praktische Umsetzung im klinischen Alltag

Strukturelle Voraussetzungen

Kooperation mit zertifiziertem 3D-Drucklabor oder In-house-Kapazität

Patientenselektion

Elektive Fusions-Eingriffe ab 2 Segmenten, adipöse Patient:innen

Workflow-Integration

Digitales Planungssystem, Schulung des OP-Teams, Logistik für die Schablonenbereitstellung am OP-Tag

Zukunftsmusik

Die minimalinvasive Wirbelsäulenchirurgie entwickelt sich rasant weiter. Hier zwei vielversprechende Ansätze, die die Zukunft der spinalen Interventionen für Ärzte massgeblich prägen werden.

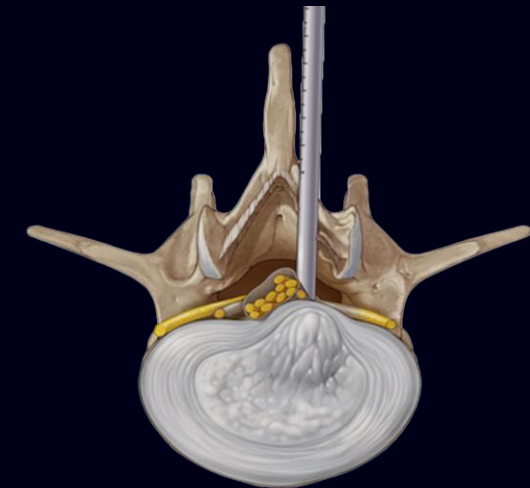
3D-gedruckte Implantate

Individualisierte, patient:innen-spezifische Implantate aus dem 3D-Drucker bieten eine optimale Anpassung an die Anatomie und können die Ossifikationsraten verbessern.



Endoskopische Wirbelsäuleneingriffe

Diese Technik ermöglicht eine schonendere Nervenbefreiung oder Bandscheibenentfernung durch kleine Zugänge. Dies führt zu weniger Gewebetrauma und einer schnelleren Genesung der Patienten. Eine essentielle Technik für die ambulante Wirbelsäulenchirurgie



Schlussfolgerungen



Präzision und Sicherheit

Patient:innen-spezifische 3D-Schablonen ermöglichen hochpräzise Schraubenplatzierung.



Patient:innen-Outcome

Verbesserte postoperative Erholung mit kürzerem Spitalaufenthalt und schnellerer Rückkehr zur funktionellen Aktivität.



Zukunftsperspektive

Die Technologie stellt einen wesentlichen Schritt in Richtung personalisierter Wirbelsäulenchirurgie dar und sollte bei geeigneten Indikationen in Betracht gezogen werden.

**Herzlichen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**

