

Aus der Klinik für Neurochirurgie  
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg / Saar  
Direktor: Prof. Dr. med. J. Oertel

# **Axiale Rotation im Atlantoaxialen Gelenk nach Segmentfreigabe**

Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der Medizinischen Fakultät

der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2013

vorgelegt von: Salman Erbay

geboren am: 08.10.1974 in Kaman (Türkei)

# INHALTSVERZEICHNIS

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1.   | ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY  | 1  |
| 2.   | EINLEITUNG   | 5  |
| 2.1. | C-2-Fraktur als Ursache einer atlanto-axialen Instabilität   | 5  |
| 2.2. | Operative Versorgung der Dens-Fraktur Typ 2 nach Anderson  | 7  |
| 2.3. | Operation nach Magerl/ Seemann 1983  | 8  |
| 2.4. | Alternative nach Goel/ Harms   | 9  |
| 2.5. | Arbeitshypothese   | 11 |
| 3.   | MATERIAL UND METHODIK  | 12 |
| 4.   | ERGEBNISSE   | 18 |
| 4.1. | Ausmaß der atlanto-axialen Rotation nach Entfernung der Instrumentation                                  | 18 |
| 4.2. | Unterschiede der atlanto-axialen Rotation zwischen Frauen und Männer nach Entfernung der Instrumentation | 19 |
| 4.3. | Korrelation der atlanto-axialen Rotation nach Entfernung der Instrumentation zum Patientenalter          | 20 |
| 4.4. | Korrelation der atlanto-axialen Rotation nach Entfernung der Instrumentation zur „Implant-in-body-time“  | 21 |
| 4.5. | Klinische Ergebnisse   | 22 |
| 5.   | DISKUSSION   | 23 |
| 5.1. | Ergebnisse der eigenen Arbeit  | 23 |
| 5.2. | Vergleich der eigenen Ergebnisse mit anderen Studien   | 24 |
| 5.3. | Grenzen der eigenen Studie   | 26 |
| 5.4. | Klinische Relevanz   | 27 |
| 5.5. | Schlussfolgerung   | 28 |
| 6.   | LITERATUR  | 29 |
| 7.   | PUBLIKATIONEN/DANKSAGUNG   | 32 |
| 8.   | LEBENS LAUF  | 34 |

# 1. ZUSAMMENFASSUNG

Das atlantoaxiale Gelenk der menschlichen Halswirbelsäule ist extrem wichtig für die Links-Rechtsrotation. Die Stabilisierung nach Magerl war seit 1983 das Standardverfahren, um dieses Gelenk unter anderem bei traumatischer Instabilität zu stabilisieren – verbunden mit dem Nachteil der kompletten, dauerhaften Aufhebung der Rotation. Die dorsale Instrumentation nach Goel wiederbeschrieben durch Harms ist – zumindest theoretisch – dazu geeignet, den Bewegungsumfang zu erhalten, wenn man das fixierende Implantat nach Ausheilung entfernt. Andererseits ist bekannt, dass zervikale Gelenke schnell arthrodesieren, wenn eine Instrumentation erfolgt ist.

Ziel dieser Studie war es deshalb, zu untersuchen, ob nach Freigabe des Gelenkes C1-C2 wieder eine Restbeweglichkeit in diesem Segment vorhanden ist. Folgende Fragen sollten beantwortet werden:

1. Gibt es eine Links-Rechts Rotation in C1-2 nach Entfernung der Instrumentation?
2. Gibt es einen geschlechtsspezifischen Unterschied?
3. Gibt es eine Korrelation zum Alter des Patienten?
4. Korreliert der Bewegungsumfang zur „Implant-in-Body-Time „?
5. Welchen Einfluss hat die dorsale C1/2-Instrumentation nach Goel bzw. Harms auf Nackenschmerzen?

Dies ist eine retrospektive Studie an 10 Patienten mit traumatischer atlantoaxialer Instabilität im Zustand nach dorsaler Stabilisierung C1-2 nach Harms. Die Entfernung der Instrumentation erfolgte nach im Mittel 128 Tagen. Mittels atlantoaxialer Computertomographie in Links-Rechtsrotation nach Dvorak erfolgte die Messung der C1 -2 Links-Rechts Rotation. Die Daten wurden statistisch aufgearbeitet.

1. Die mittlere Links-Rechts Rotation im C1-C2 Gelenk liegt nach Entfernung der Instrumentation bei 17 °.
2. Es gibt keinen statistisch signifikanten Unterschied (Mann-Whitney-U-Test,  $p = 0,595$ ) zwischen Frauen (Mittelwert: 14,8 °) und Männern (Mittelwert: 20 °).
3. Die nach Entfernung der Instrumentation erreichte ROM (Range of motion) ist umgekehrt proportional zum Alter des Patienten ( $r = - 0,646$ ,  $p = 0,043$ )
4. Die „Implant-in-Body-Time“ hat keinen Einfluss auf die erzielte ROM, sofern die Entfernung der Instrumentation in einem Intervall von etwa 90 – 180 Tagen erfolgt ( $r = 0,04$ ,  $p = 0,907$ ).
5. Der Nackenschmerz gemessen mit der Visuellen Analogskala (VAS) ist von präoperativ 7,9 (+/- 1,1) auf postoperativ nach Implantatentfernung 3,6 (+/- 1,2) signifikant gesunken ( $p = 0,002$ ).

Die Entfernung des Osteosynthesematerials nach 3 – 6 Monaten im Zustand nach dorsaler atlantoaxialer Instrumentation nach Harms ist – sofern keine Fusion angelegt wurde – sinnvoll, da eine atlantoaxiale Restbeweglichkeit in C1-2 gemessen werden kann. Diese ist abhängig vom Alter des Patienten.

## SUMMARY

Within the human spine the atlantoaxial joint is the most mobile one, especially important for left-right axial rotation around the axis given by the odontoid process. Within the surgical armamentarium, the procedure according to F. Magerl was the standard procedure to fix the joint following for example atlantoaxial injuries. Unfortunately, this procedure completely stops motility within the joint permanently. The posterior fixation according to Goel later described by Harms could be beneficial, because the screws do not cross the joint and – if there are removed – the joint still may be mobile. This, however, must not necessarily be true, especially if we notice that cervical joints have a tendency for rapid fusion after surgery.

The objective of this study was to analyse:

1. left-right axial rotation following implant removal
2. a difference in motility depending on gender
3. a correlation of motility to age
4. a correlation of motility to the “implant-in-body-time” in patients having received a C1-C2 fixation according to Goel/Harms after implant removal.
5. whether neck pain improved by this surgical treatment

This is a retrospective study in 10 patients, having received atlantoaxial fixation according to Harms following atlantoaxial injury. Implants were removed after a mean time of 128 days, followed by functional atlantoaxial computer tomography in left-right rotation as described by Dvorak. Statistical analysis using SPSS software package, significance assumed for  $p < 0,05$ .

1. Left-right axial rotation within the atlantoaxial joint was measured to be  $17^\circ$  (mean value) following implant removal.
2. There is no significant difference between women (mean value:  $14.8^\circ$ ) and men (mean value:  $20^\circ$ ), Mann-Whitney-U-test:  $p = 0.595$ .
3. Left-right axial rotation negatively correlates to the age of the patient ( $r = -0.646$ ,  $p = 0.043$ )

4. „Implant-in-Body-Time“ does not influence left-right axial rotation ( $r = 0.04$ ,  $p = 0.907$ ) if the implants are removed within 90 – 180 days after surgery.
5. Neck pain as assessed on Visual Analog Scale (VAS) by the patients themselves was 7.9 ( $\pm 1.1$ ) preoperative and 3.6 ( $\pm 1.2$ ) after implant removal ( $p = 0.002$ ).

Removal of the implants 3 - 6 months after posterior atlantoaxial fixation according to Harms is beneficial for obtaining some axial rotation within the atlantoaxial joint. The range of motion preserved depends on the age of the patient.

## **2. EINLEITUNG**

### **2.1. C-2-Fraktur als Ursache einer atlanto-axialen Instabilität**

Bei Verletzungen, angeborenen Fehlbildungen, Entzündungen wie der rheumatoiden Arthritis können ligamentäre als auch knöchernen Destruktionen zu einer vermehrten Mobilität zwischen Atlas und Axis führen. Diese atlantoaxiale Instabilität kann von Nackenschmerzen bis zur Querschnittslähmung eine Vielzahl von Symptomen hervorrufen.

Etwa 20% der Verletzungen an der Halswirbelsäule sind im atlantoaxialen Gelenk lokalisiert (BOHLMANN et al., 1979; HADLEY et al., 1985). Dabei spielt die Fraktur des Os odontoideum zahlenmäßig eine wesentliche Rolle: Frakturen des Os odontoideum zählen mit einem Anteil von 50 % zu den häufigsten Verletzungen der Halswirbelsäule bei Patienten älter als 70 Jahre (RYAN et al, 1992).

Die Verletzung des Os odontoideums wurde von ANDERSON und D'ALONZO (1974) in 3 Subtypen gegliedert, je nach Verlauf der Frakturlinie innerhalb des 2. Halswirbels (Abbildung 1). Während bei Frakturen durch die Densspitze (Subtyp 1) bzw. durch den Wirbelkörper des 2. Halswirbels (Subtyp 3) auch ohne operatives Vorgehen eine hohe Fusionsrate zu beobachten war, führte die konservative Therapie von Frakturen am Übergang Dens zu 2. Halswirbelkörper (Subtyp 2) zu Pseudoarthrosenraten von ca. 40% (CLARK, 1985).

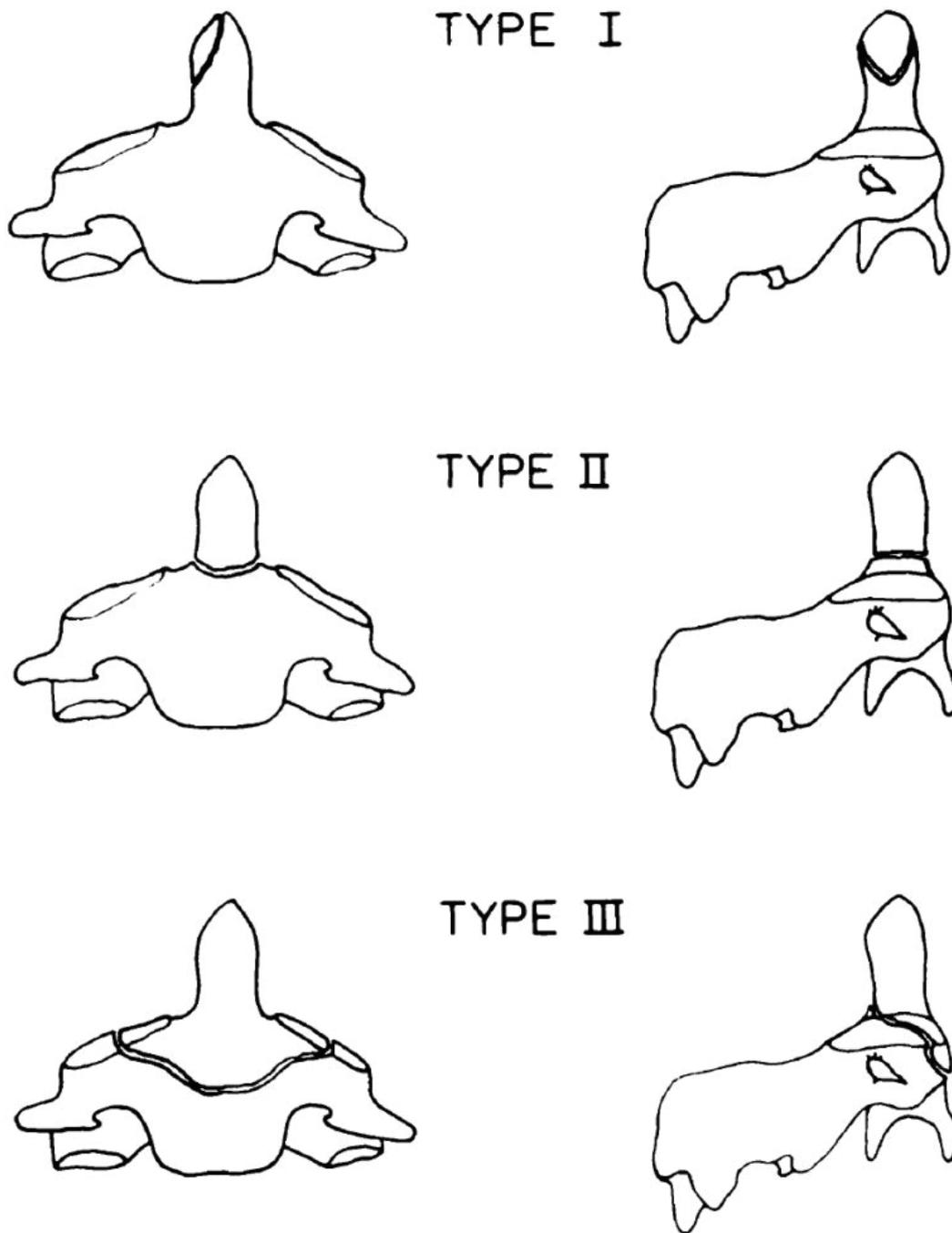


Abbildung 1:  
Einteilung der C2-Frakturen nach ANDERSON und D'ALONZO (1974)

## 2.2. Operative Versorgung der Dens-Fraktur Typ 2 nach Anderson

Eine Vielzahl operativer Verfahren zur Versorgung dieser Fraktur sind beschrieben worden. Allgemein lassen sich diese Verfahren in Operationstechniken mit einem ventralen Zugang und Operationstechniken mit einem dorsalen Zugang gliedern.

Als gängige Operationsmethode, die den ventralen Zugang nutzt ist die von BÖHLER (1982) beschriebene transaxiale Densverschraubung. Da bei dieser Methode das atlantoaxiale Gelenk nicht fixiert wird, ist weiterhin eine Rotation von Atlas zu Axis möglich. Studien zeigen, dass bei Anwendung dieses Verfahrens, insbesondere bei älteren Patienten, Pseudoarthrosen zu beobachten sind (ANDERSSON et al. 2000, PLATZER et al. 2007) (Abbildung 2).

Darüberhinaus ist die enge Indikationsstellung ein weiteres Problem:

Der Frakturverlauf bei Hyperflexionstraumata verläuft von kranial-posterior nach kaudal-anterior und entspricht dem Verlauf der Densschraube, was eine Reposition mit dieser Methodik nicht erlaubt. Somit ist die transaxiale Densverschraubung den Frakturen mit horizontalem Verlauf - Hyperextensionsfrakturen - vorbehalten..

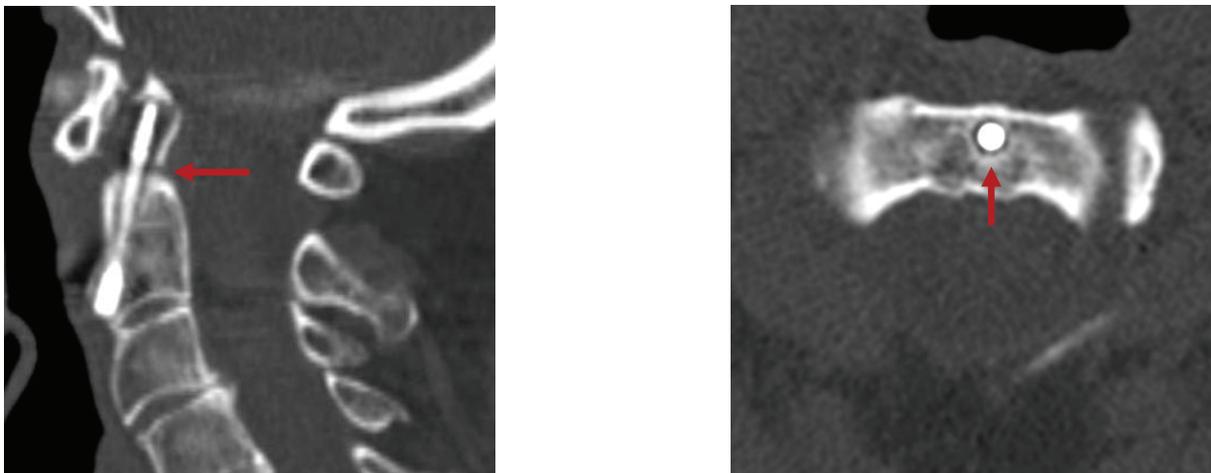


Abbildung 2:

Links: CT-HWS Reformation sagittal: roter Pfeil zeigt auf Pseudoarthrose nach ventraler Densverschraubung;

Rechts: CT-HWS axial durch C2-Basis: roter Pfeil zeigt dorsal der Schraube einen deutlich sichtbaren Sklerosesaum sowie einen Lysespalt als Zeichen der Lockerung.

(Radiologie, SRH-Klinikum, Karlsbad)

### 2.3. Operation nach Magerl/ Seemann

Als Standardverfahren über den dorsalen Zugang gilt die operative C1/C2-Schraubeninstrumentation nach MAGERL (1987), (JEANNERET et al, 1992). Bei dieser Operationstechnik wird auf jeder Seite eine Schraube durch das jeweils vorhandene atlanto-axiale Gelenk geführt (Abbildung 3). Eine Rotation von Atlas zu Axis ist dann nicht mehr möglich. Da dieses Gelenk einen entscheidenden Anteil an der Gesamtrotation des Kopfes hat (DVORAK et al. 1986, 1988, 1991; ROCHE et al., 2002; YOUDAS et al., 1992), führt der Bewegungsverlust zu einer Einschränkung der Lebensqualität. Der Vorteil dieser Methodik liegt in der deutlich erhöhten Fusionsrate des Os odontoideum (GROB et al., 1992) im Vergleich zur ventralen Densverschraubung. Auf Grund des Schraubenverlaufes kann es insbesondere bei atypischem Verlauf der Arteria vertebralis („high riding vertebral artery“) zu einer Verletzung der Arterie kommen. (MADAWI et al., 1997; NEO et al., 2003; SONG et al., 1997).

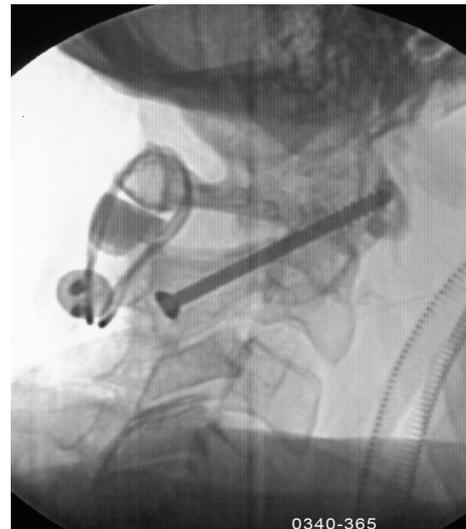
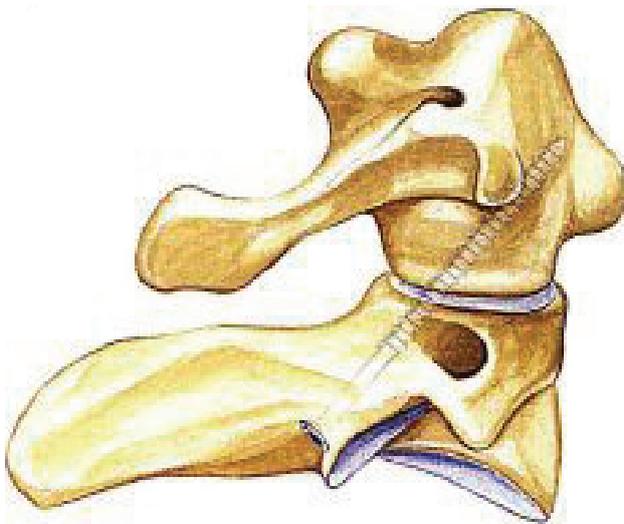


Abbildung 3:

Links: schematische Darstellung der transartikulären C1-C2 Instrumentation aus „Winking M (2012) Posterior transarticular C1/C2 screw technique: In Vieweg U, Grochulla F (eds.) Manual of Spine Surgery“;

Rechts: Rö-HWS lateral: Versorgung einer HWK-2-Fraktur Typ 2 nach Anderson über transartikuläre C1-C2 Verschraubung (und zusätzlich dorsaler Knochenspaninterposition über Drahtcerclage der Lamina C1/C2 . (Radiologie Universitätsklinikum des Saarlandes ).

## 2.4. Alternative nach Goel/ Harms

GOEL (1994) beschrieb in den 1990-er ein dorsales Instrumentationsverfahren, bei dem das Risiko für eine Verletzung der Arteria vertebralis geringer ist. Bei diesem Verfahren werden insgesamt 4 Schrauben eingebracht, 2 Schrauben in die Massa laterales des Atlas, 2 Schrauben durch die Bogenwurzel, bzw. durch den Isthmus des Axis (Abbildungen 4, 5). Auf beiden Seiten werden die C1/C2 Schrauben jeweils über einen Stab verbunden. Bei dieser Operationstechnik, welche auch als C1/C2-Verschraubung nach HARMS (2001) bekannt ist, besteht wie bei der C1/C2-Instrumentation nach Magerl eine im Vergleich zum ventralen Verfahren erhöhte Fusionsrate des Os odontoideum.

Die Besonderheit bei diesem Verfahren ist die Erhaltung des atlanto-axialen Gelenkes, obgleich die Instrumentation eine Rotation von Axis zu Atlas verhindert.

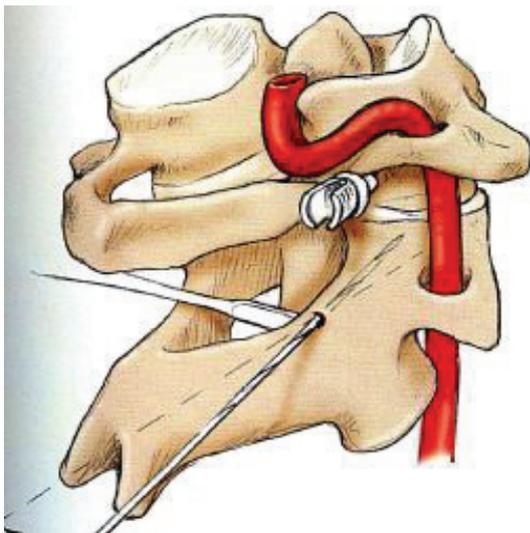


Abbildung 4:

Schematische Darstellung der C1-C2 Verschraubung nach Goel/Harms aus „Melcher RP, Harms J (2004) C1-C2 posterior screw-rod fixation. In Bradford DS., Zdeblick T A (eds.) The spine“

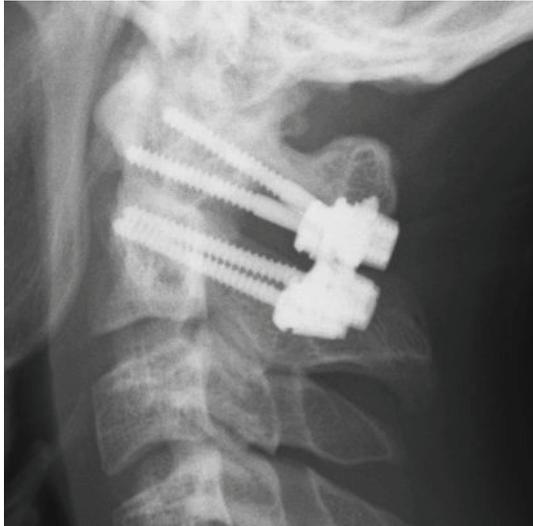


Abbildung 5:

Links: Rö-HWS lateral: C1-C2 Instrumentation nach Goel/Harms bei Patienten ohne Anlage einer knöchernen Fusion bei einer HWK-2-Fraktur Typ 2 nach Anderson;  
Rechts: Rö-HWS Densaufnahme des gleichen Patienten.

(Radiologie, SRH-Klinikum, Karlsbad)

## 2.5. Arbeitshypothese

Der Erhalt des atlanto-axialen Gelenkes nach C1/C2-Instrumentation nach Goel bzw. Harms sollte eine erneute Rotation in diesem Segment möglich machen, wenn nach knöcherner Konsolidierung des frakturierten Dens die dorsale Instrumentation C1/C2 entfernt wird.

Die Überprüfung dieser Hypothese war Ziel der vorliegenden Arbeit.

Dabei waren folgende Fragen von Interesse:

1. Wie groß ist die atlanto-axiale Rotation nach Entfernung der Instrumentation?
2. Gibt es Unterschiede der atlanto-axialen Rotation zwischen Frauen und Männern nach Entfernung der Instrumentation?
3. Gibt es eine Korrelation der atlanto-axialen Rotation nach Entfernung der Instrumentation zum Patientenalter?
4. Gibt es eine Korrelation der atlanto-axialen Rotation nach Entfernung der Instrumentation zur „Implant-in-body-time“ ( Zeitspanne während der das Instrumentarium implantiert war)?
5. Welchen Einfluss hat die dorsale C1/2-Instrumentation nach Goel bzw. Harms auf Nackenschmerzen?

### 3. MATERIAL UND METHODIK

Es handelt sich um eine retrospektive Studie. 10 Patienten mit einer C2-Fraktur Typ 2 nach Anderson und D'Alonzo (Abbildungen 6, 7) wurden mit einer C1/C2-Instrumentation nach Goel bzw. Harms stabilisiert (Abbildungen 8, 9).

Es erfolgte nach 3 – 6 Monaten eine Dünnschichtcomputertomographie (Siemens Sensation 16: Scan: 2.0 mm, Pitch: 0,75, Akq. 16 x 0,75 mm; als Rekonstruktion: Schicht x Inkrement 1.0 mm x 0.7 mm). Zeigte diese eine knöcherne Durchbauung (McAFEE et al., 2001) (Abbildung 10) wurde die Indikation zur Entfernung der Instrumentation gestellt

Außerdem wurden die Patienten mit Instrumentation und 6 Wochen nach Entfernung der Instrumentation befragt, wie ausgeprägt ihre Nackenschmerzen seien. Dazu wurde die Visuelle Analog Skala (VAS) verwendet. Dabei entspricht 0 der Schmerzfreiheit und 10 dem maximal vorstellbaren Schmerz. (HAYES, PATERSON, 1921).

5 – 10 Tage nach Entfernung der Instrumentation wurde die atlanto-axiale Rotation mittels funktioneller Computertomographie nach DVORAK et al. (1988) gemessen. Der Patient wird in Rückenlage positioniert, der Kopf supiniert und mit Klebeband eine unwillkürliche Rotation des Kopfes vermieden, ebenso werden die Schultern sicher fixiert um eine Mitbewegung bei anschließender Rotation des Kopfes nach links und rechts zu vermeiden. Der Kopf wird solange rotiert bis der Patient über Schmerzen klagt, bzw. das jeweilige Ohr anliegt. Auch in diesen jeweiligen Endpositionen wird der Kopf mit Klebeband fixiert. Sowohl in der Neutralposition als auch in den jeweiligen Endpositionen wird eine Computertomographie von Höhe Foramen magnum bis Oberkante C3 gefahren.

Durch die Foraminae transversariae des Atlas wird in einem axialen Schichtbild eine Linie durchgezogen, die als Referenzlinie gilt. Ebenso wird auf Höhe des Axis verfahren. Es wird die Referenzlinie des Atlas in die axiale Bildebene des Axis

eingezeichnet. Der Winkel zwischen der Referenzlinie im Bild des Axis und der des Atlas ist die Rotation von C1-C2 (Abbildung 11).

Die statistische Auswertung erfolgte über ein unabhängiges Institut (Nele Borm, Frictionless, Kiel, Deutschland) unter Verwendung des SPSS-Software-Pakets. Als signifikant galt  $p < 0,05$ .

Die Abbildungen 6 - 13 demonstrieren chronologisch an Hand radiologischer Abbildungen den Krankheitsverlauf eines Patienten beginnend mit der Fraktur, deren operativer Versorgung nach Goel/Harms, die Entfernung der Instrumentation und die Messung der Rotation C1 zu C2 nach der Methode von Dvorak bis zur postoperativen Kontrolle nach mehreren Monaten mit Darstellung der knöchern ausgeheilten Fraktur (Abbildungen 12, 13).

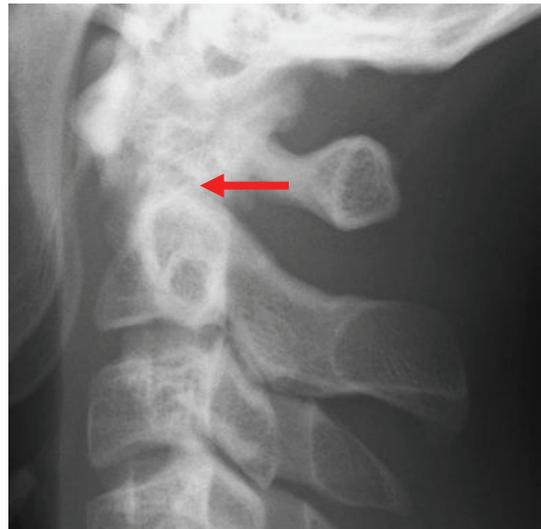


Abbildung 6:

Patient mit HWK-2-Fraktur Typ 2 nach Anderson (roter Pfeil zeigt auf Frakturspalt);

Links: CT-HWS-Reformation sagittal median C0-C3;

Rechts: Rö-HWS lateral C0-C4. (Radiologie, SRH-Klinikum, Karlsbad)

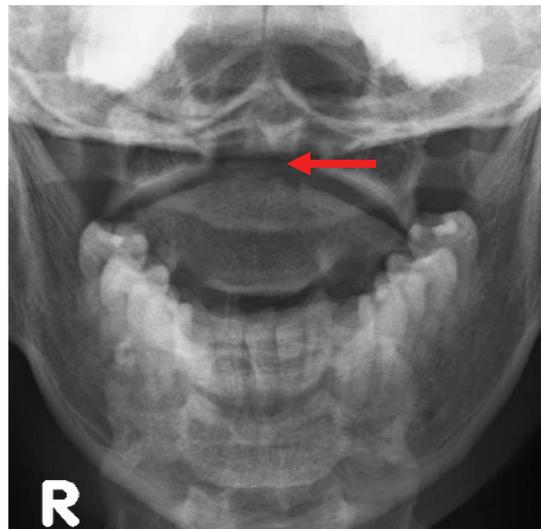
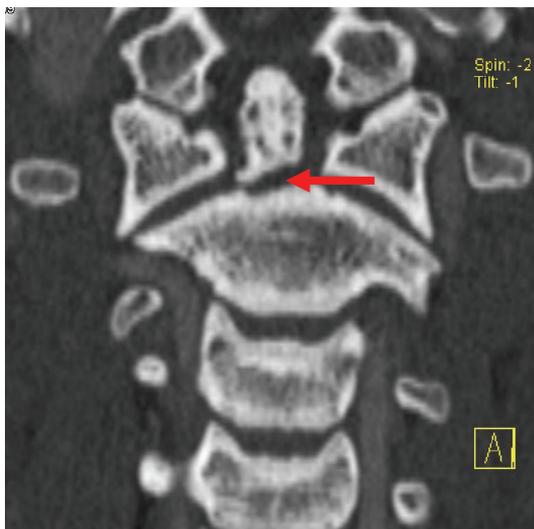


Abbildung 7:

HWK-2-Fraktur Typ 2 nach Anderson (roter Pfeil zeigt auf Frakturspalt);

Links: CT-HWS-Reformation coronar C0-C4;

Rechts: Rö-HWS Densaufnahme. (Radiologie, SRH-Klinikum, Karlsbad)

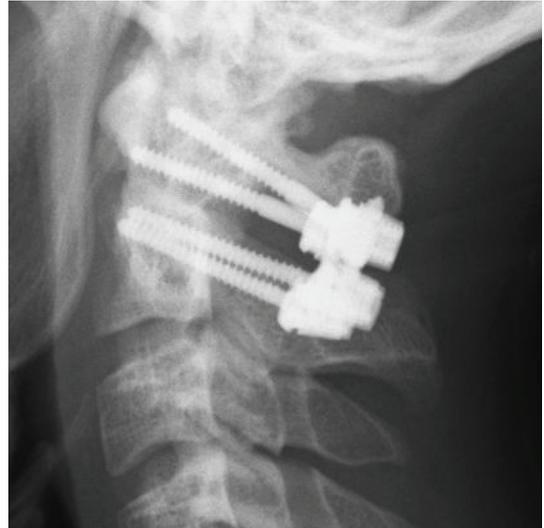
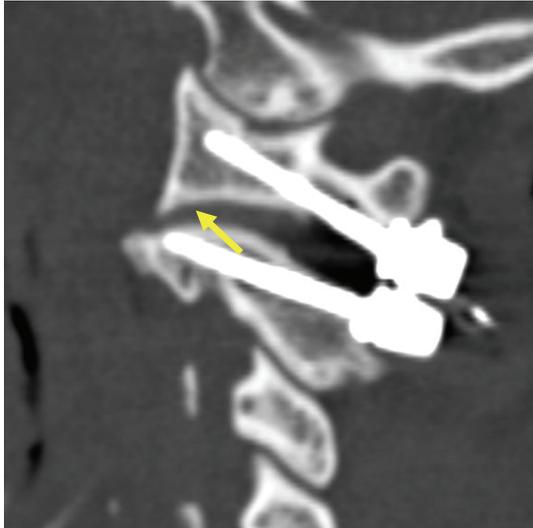


Abbildung 8:

HWK-2-Fraktur Typ 2 nach Anderson nach operativer Versorgung mit Instrumentation nach Goel/Harms.

Links: CT-HWS-Reformation sagittal durch Gelenkebene C0-C4 rechts (gelber Pfeil zeigt auf Gelenkspalt C1/2).

Rechts: Rö-HWS lateral C0-C4. (Radiologie, SRH-Klinikum, Karlsbad)

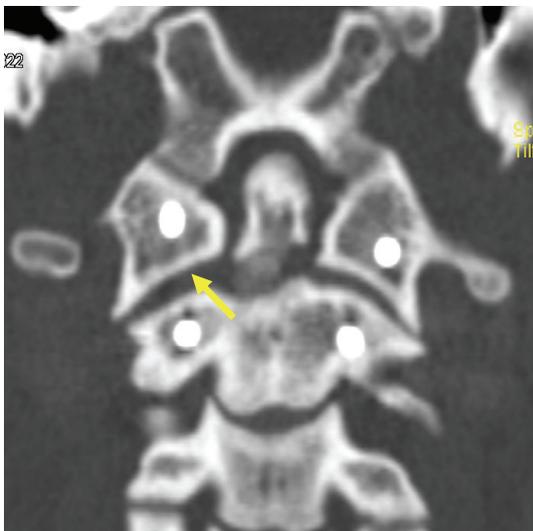


Abbildung 9:

Links: CT-HWS-Reformation coronar durch Gelenkebene C0-C3 (gelber Pfeil zeigt auf rechten Gelenkspalt C1/2).

Rechts: Rö-HWS Densaufnahme. (Radiologie, SRH-Klinikum, Karlsbad)



Abbildung 10:

beginnende knöcherne Konsolidierung der Fraktur (roter Pfeil) vor Entfernung der Instrumentation;

Links: CT-HWS-Reformation sagittal median C0-C3 (Aufhärungsartefakt als Zeichen noch vorhandener Instrumentation).

Rechts CT-HWS-Reformation koronar C0-C3. (Radiologie, SRH-Klinikum, Karlsbad)

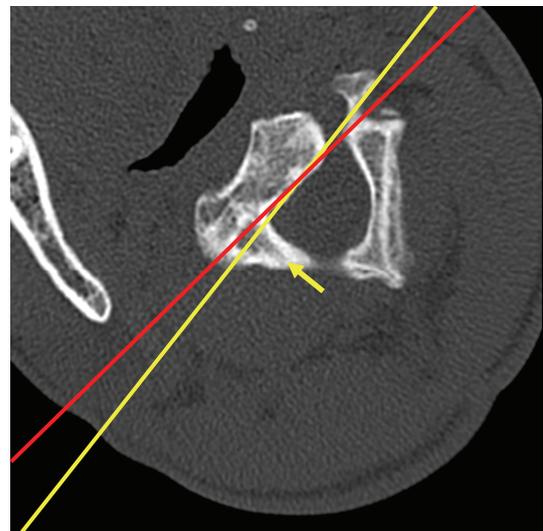
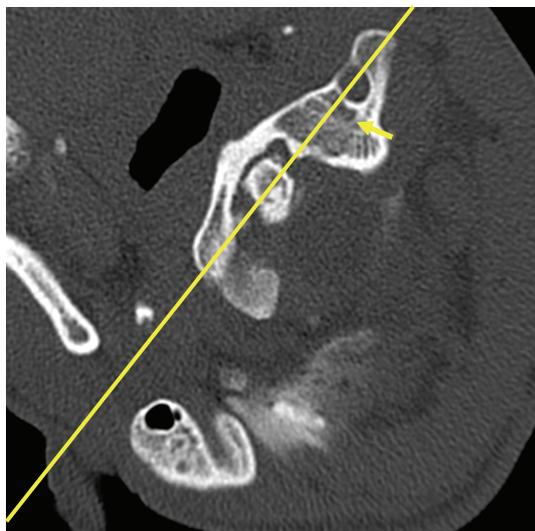


Abbildung 11: CT nach Dvorak

CT mit axialer Schicht durch C1 (links), C2 (rechts): transversale Achse von C1 (gelbe Linie), transversale Achse von C2 (rote Linie). Der Winkel zwischen roter und gelber Linie entspricht der Rotation nach einer Seite (hier nach rechts:  $8,5^\circ$ ).

Der gelbe Pfeil zeigt die „Schraubenkanäle“ nach Entfernung der Instrumentation. (Radiologie, SRH-Klinikum, Karlsbad)



Abbildung 12:

HWK-2-Fraktur Typ 2 nach Anderson nach knöcherner Ausheilung der Fraktur und I Entfernung der Instrumentation.

Links: CT-HWS-Reformation sagittal C0-C3 median.

Rechts: Rö-HWS lateral C0-C3. (Radiologie, SRH-Klinikum, Karlsbad)

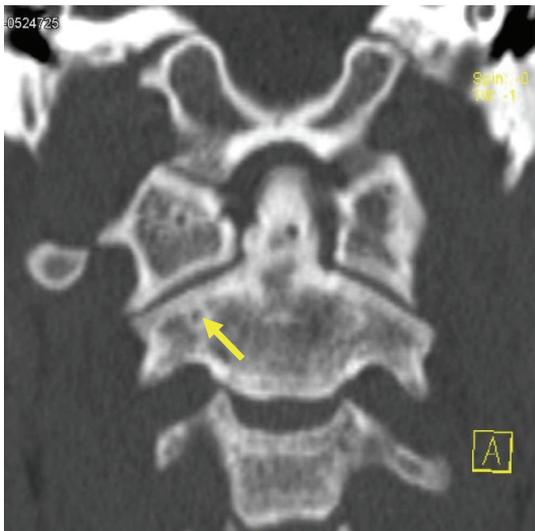


Abbildung 13:

HWK-2-Fraktur Typ 2 nach Anderson nach knöcherner Konsolidierung der Fraktur und Entfernung der Instrumentation (gelber Pfeil zeigt auf eines der ehemaligen „Schraubenkanäle“).

Links: CT-HWS-Reformation coronar C0-C3

Rechts: Rö-HWS lateral C0-C3. (Radiologie, SRH-Klinikum, Karlsbad)

## 4. ERGEBNISSE

### 4.1. Ausmaß der atlanto-axialen Rotation nach Entfernung der Instrumentation

Nach Entfernung der Instrumentation wurde mittels funktioneller Computertomographie nach Dvorak eine C1-C2-Rotation von durchschnittlich  $17^\circ$  gemessen mit einer Standardabweichung von  $\pm 10^\circ$ . Der kleinste gemessene Wert war  $0^\circ$ , der größte gemessene Wert betrug  $31^\circ$  (Abbildung 14).

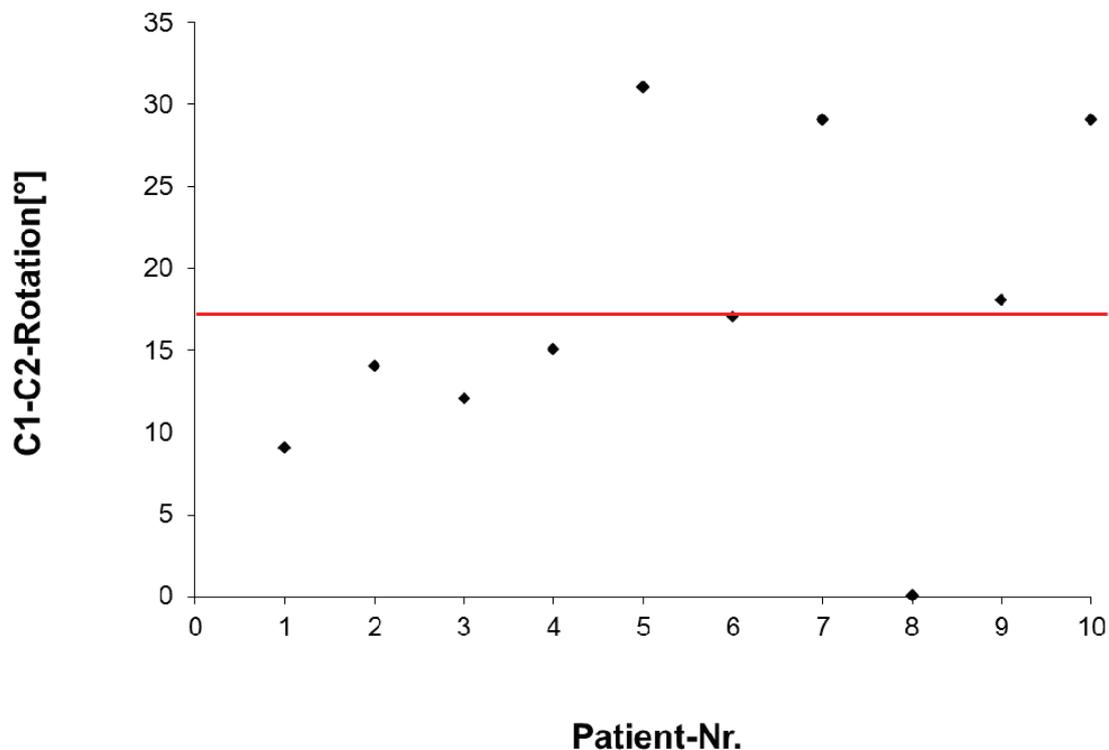


Abbildung 14 zeigt für jeden Patienten (X-Achse) den gemessenen Bewegungsumfang C1-C2 nach Entfernung der Instrumentation (Y-Achse). Die rote Linie entspricht dabei dem Mittelwert aller 10 Messungen.

## 4.2. Unterschiede der atlanto-axialen Rotation zwischen Frauen und Männern nach Entfernung der Instrumentation

Es wurden jeweils 5 Frauen und 5 Männer untersucht. In der funktionellen Computertomographie gab es keinen signifikanten Unterschied ( $p = 0,595$ ; Mann-Whitney-U-Test) der gemessenen C1-C2-Rotation nach Entfernung der Instrumentation. Der durchschnittliche Wert bei den Frauen betrug  $15^\circ$  und bei den Männern  $20^\circ$ . Die einzelnen Werte sind in folgender Tabelle zusammengefasst (einschließlich der VAS mit Instrumentation und 6 Wochen nach Entfernung der Instrumentation).

| Patient                         | Alter       | Geschlecht<br>(M: Mann,<br>F: Frau) | „Implant-<br>in-body-<br>time“<br>[Tage] | Segmentale<br>C1-C2-<br>Rotation nach<br>Materialent-<br>fernung [°] | VAS unter<br>Instru-<br>mentation | VAS nach<br>Instru-<br>mentations-<br>entfernung |
|---------------------------------|-------------|-------------------------------------|--|--|-----------------------------------|--|
| 1                               | 48          | M                                   | 104                                      | 9  | 9                                 | 3  |
| 2                               | 50          | M                                   | 135                                      | 14   | 7                                 | 4  |
| 3                               | 61          | F                                   | 115                                      | 12   | 6                                 | 4  |
| 4                               | 9           | F                                   | 86                                       | 15   | 8                                 | 2  |
| 5                               | 17          | M                                   | 103                                      | 31   | 9                                 | 4  |
| 6                               | 19          | M                                   | 138                                      | 17   | 7                                 | 4  |
| 7                               | 24          | F                                   | 170                                      | 29   | 8                                 | 6  |
| 8                               | 50          | F                                   | 141                                      | 0  | 7                                 | 4  |
| 9                               | 22          | F                                   | 178                                      | 18   | 9                                 | 2  |
| 10                              | 21          | M                                   | 116                                      | 29   | 9                                 | 3  |
| <b>Mittelwert</b>               | <b>32,1</b> |                                     | <b>128,6</b>                             | <b>17,4</b>  | <b>7,9</b>                        | <b>3,6</b>                                       |
| <b>Standardab-<br/>weichung</b> | <b>18</b>   |                                     | <b>30</b>                                | <b>10</b>  | <b>1,1</b>                        | <b>1,2</b>                                       |

Tabelle: Patientenliste mit Auflistung von Alter, Geschlecht, „Implant-in-body-time“ (Zeitspanne der Implantation in Tagen), der Links-Rechts-Rotation im C1/C2-Gelenk nach Instrumentationsentfernung in  $^\circ$ , der Nackenschmerzen quantifiziert über die Visuelle Analogskale (VAS) vor und nach Entfernung der C1-C2-Instrumentation nach Goel bzw. Harms.

### 4.3. Korrelation der atlanto-axialen Rotation nach Entfernung der Instrumentation zum Patientenalter

Je älter der Patient desto geringer ist die wieder gewonnene atlanto-axiale Rotation nach Entfernung der Instrumentation. Diese negative Korrelation ist signifikant ( $r = -0,646$ ,  $p = 0,043$ , Spearman's Rho) (Abbildung 15).

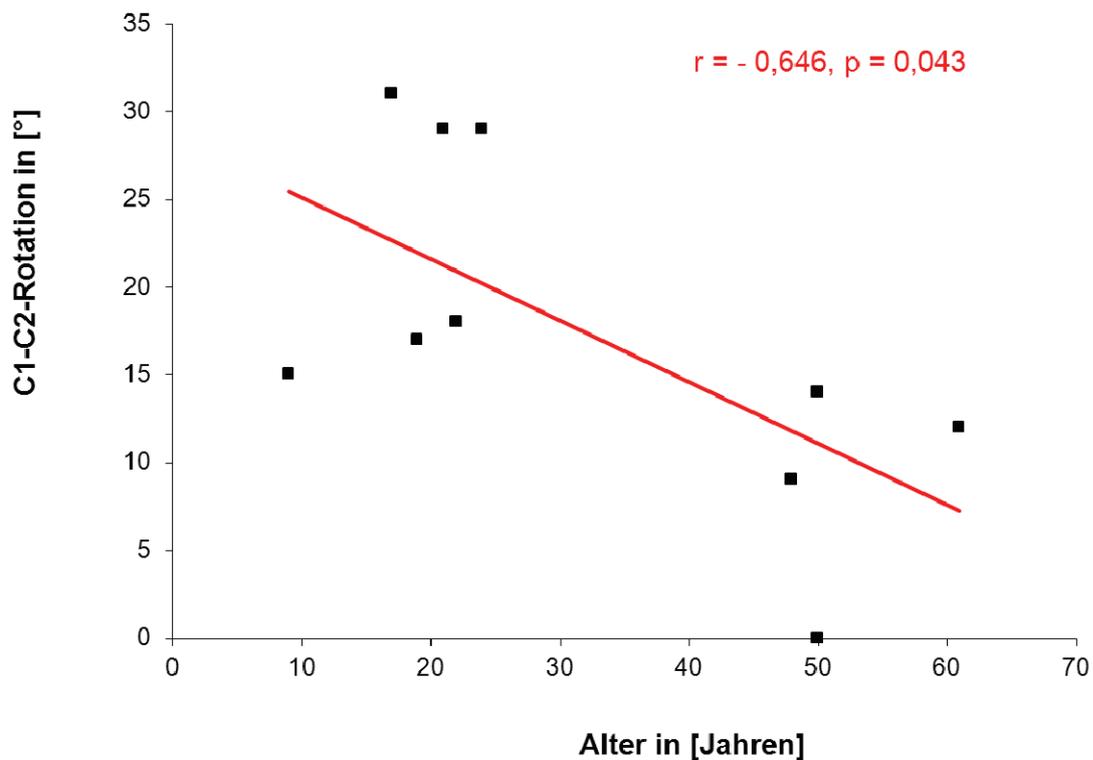


Abbildung 15 zeigt die C1-C2-Rotation in [°] nach Entfernung der Instrumentation (Y-Achse) in Abhängigkeit zum Alter (X-Achse). Die rote Linie entspricht dabei der Korrelation aller 10 Messungen.

#### 4.4. Korrelation der atlanto-axialen Rotation nach Entfernung der Instrumentation zur „Implant-in-body-time“

Wird das Instrumentarium 3 – 6 Monate nach Implantation entfernt, besteht keine statistisch signifikante Korrelation zur gemessenen C1-C2-Rotation ( $r = 0,04$ ,  $p = 0,907$ , Spearman's Rho). Dies wird in Abbildung 16 veranschaulicht.

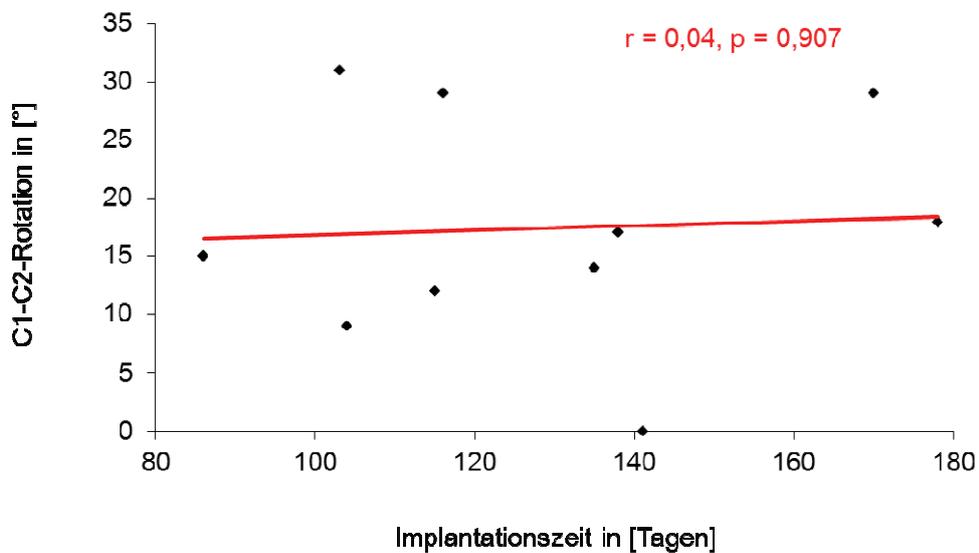


Abbildung 16 zeigt die C1-C2-Rotation in [°] nach Entfernung der Instrumentation (Y-Achse) in Abhängigkeit zur Zeitspanne während der das Instrumentarium implantiert war (X-Achse). Die rote Linie entspricht dabei der Korrelation aller 10 Messungen.

## 4.5. Klinische Ergebnisse

Nach Entfernung der Instrumentation senken sich die Nackenschmerzen gemessen an Hand der Visuellen Analogskala (VAS) von  $7,9 \pm 1,1$  auf  $3,6 \pm 1,2$ . Dies ist signifikant ( $p = 0,002$ ) (Abbildung 17).

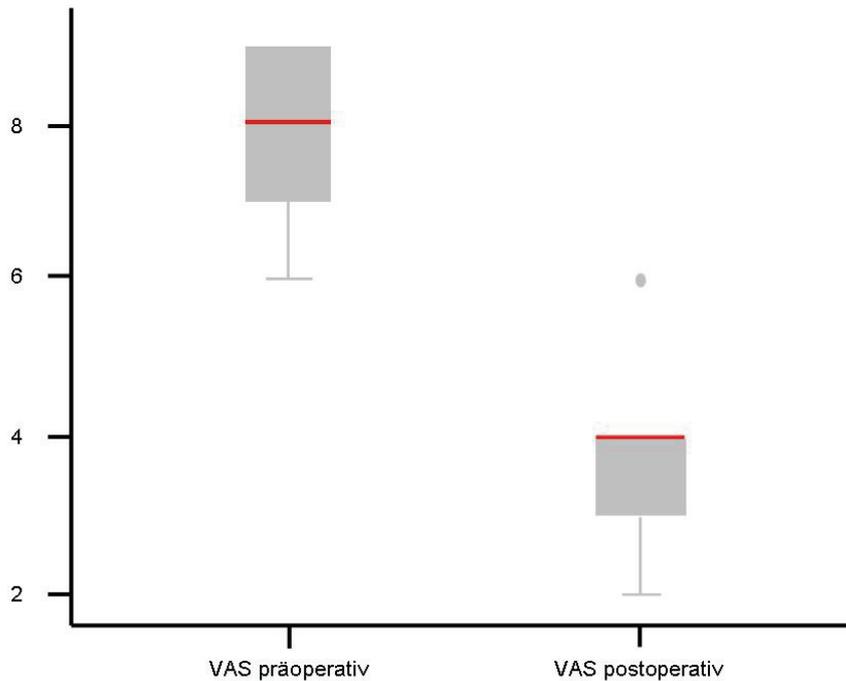


Abbildung 17: Nackenschmerzen gemessen mit der visuellen Analogskala (VAS) vor und nach Entfernung der C1-C2-Instrumentation nach Goel/Harms (box-plot zur Darstellung).

## **5. DISKUSSION**

### **5.1. Ergebnisse der eigenen Arbeit**

Eine Option der operativen Versorgung der Densfraktur Typ 2 nach Anderson ist die dorsale Instrumentation nach Goel bzw. Harms, bei der die Rotation im C1/C2-Gelenk bis zur knöchernen Konsolidierung praktisch aufgehoben wird. Die dorsal eingebrachte Instrumentation kann bis zur Ausheilung als ein Fixateur interne gesehen werden. In dieser Arbeit konnte dargestellt werden, dass 3 – 6 Monate nach Entfernung der Instrumentation bei knöcherner Konsolidierung der Fraktur eine Rotation im C1/C2-Gelenk zurückgewonnen werden kann. Das Ausmaß der Beweglichkeit korreliert mit dem Alter des Patienten und ist unabhängig vom Geschlecht. Unter der Instrumentation vorhandene Nackenschmerzen – gemessen mit der Visuellen Analogskala – halbieren sich innerhalb von 6 Wochen nach Entfernung der Instrumentation.

## 5.2. Vergleich der eigenen Ergebnisse mit anderen Studien

Das Ziel die Motilität im C1-C2-Gelenk nach operativer Versorgung einer Densfraktur bzw. Denspseudarthrose zu erhalten ist auch Gegenstand anderer Arbeiten gewesen.

KNÖLLER et al. (1999) beschreibt in seiner Arbeit die Methodik des Aufbohrens der Densbasis, des Dens axis und einer Auffütterung mit autologer Spongiosa sowie eine temporäre transartikuläre Fixation C1/2 und die Anlage eines Halo-Body-Jackets. Nach röntgenologischer Kontrolle drei Monate postoperativ erfolgt die Entfernung der Schrauben. Klinisch berichtet er über einen funktionell dem Alterskollektiv entsprechenden Normalbefund 14 Monate postoperativ.

Berücksichtigen muss man bei der Interpretation dieser Daten im Vergleich zu unseren Ergebnissen, dass unterschiedliche Methoden der operativen Versorgung und unterschiedliche Nachuntersuchungsintervalle sich zwangsläufig in unterschiedlichen Ergebnissen widerspiegeln.

RUF et al. (2010) misst in seiner Arbeit mit Rotationsaufnahmen unter Computertomographie bzw. Kernspintomographie eine segmentale Rotation im C1-C2-Gelenk von durchschnittlich 37° nach Entfernung der temporären C1-C2-Instrumentation. Dies unterscheidet sich deutlich von den in dieser Arbeit durchschnittlich gemessenen 17°.

In der Arbeit von Ruf wurden Patienten mit pseudoarthrotisch verheilten Densfrakturen eingeschlossen, im Gegensatz zu dieser Arbeit in der Patienten mit akut aufgetretener Densfraktur mit C1-C2-Instrumentation nach Goel bzw. Harms versorgt wurden. Eine langfristig bestehende Pseudoarthrose könnte durch Restmobilität Einfluß nehmen auf die Kapseln der C1-C2-Gelenke bzw. die an der Rotation von C1/C2 beteiligten Muskeln und Bänder, welche auch durch eine temporäre Instrumentation nicht rückgängig gemacht werden.

In der Arbeit von Ruf gibt es keine exakten Zeitangaben, wann die Rotationsaufnahmen nach Materialentfernung durchgeführt wurden. In dieser Arbeit wurde die Rotation von C1-C2 mit Computertomographie nach Dvorak 5 – 10 Tage

nach Materialentfernung gemessen. Postoperativer Wundschmerz, noch nicht wieder auftrainierte Nackenmuskulatur haben sicherlich Einfluß auf die gemessene Rotation. Möglicherweise könnte mit einer Computertomographie mehrere Wochen nach Instrumentationsentfernung eine stärkere Rotation nachgewiesen werden.

In der Arbeit von Ruf wurde bei einem Teil der Patienten die Rotation nicht mit Computertomographie, sondern mit Kernspintomographie gemessen.

Auch hier gilt: Verschiedene Verfahren lassen sich auf Grund der unterschiedlichen Methodik nur eingeschränkt miteinander vergleichen.

STULIK et al. (2005) berichtet dass bei 4 Patienten mit einer temporären Fixation mit C1-C2-Instrumentation nach Goel bzw. Harms eine Einschränkung der Rotation von 10 – 25 % nach Materialentfernung bestand. Diese Ergebnisse basieren jedoch auf Patientenfragebögen und sind daher nicht vergleichbar mit dem in der Computertomographie gemessenen Bewegungsumfang. Außerdem wurden in der Arbeit von Stulik Patienten mit einer Densfraktur Typ 3 nach Anderson bzw. fixierte atlanto-axiale Dislokationen temporär fixiert. Unterschiedliche Verletzungen haben aber unterschiedliche Einflüsse auf Gelenke, Bänder und Muskulatur, die auch nach Materialentfernung noch relevant sein können und ein Vergleich nur mit Vorbehalt zu lassen.

### **5.3. Grenzen der eigenen Studie**

Bei dieser Arbeit handelt es sich um eine retrospektive Studie mit Auswertung vorhandener Rotationsmessungen mit Computertomographie. Patienten, mit einer temporären C1-C2-Instrumentation nach Goel bzw. Harms, bei denen keine Computertomographie vorliegt, konnten nicht eingeschlossen werden. Der Zeitraum der Rotationsmessung nach Materialentfernung konnte nicht mehr beeinflusst werden. Wie bereits erwähnt, könnte vielleicht nach Abklingen des postoperativen Wundschmerzes nach Instrumentationsentfernung und nach Training der Nackenmuskulatur die wiedererlangte Rotation größer sein. Die Anzahl von nur 10 untersuchten Patienten schwächt die statistische Power.

Andererseits können die aus dieser Arbeit gewonnen Erkenntnisse Grundlage für weitere Studien sein. In einer zukünftigen Studie sollte die Messung der C1-C2-Rotation mittels Kernspintomographie erfolgen. Mit diesem Verfahren könnten Kontrollen zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach Materialentfernung erfolgen, ohne den Patienten einer zusätzlichen Strahlenbelastung auszusetzen.

## 5.4. Klinische Relevanz

Die Frage, welche operative Versorgung optimal ist zur Therapie einer Densfraktur Typ 2 nach Anderson, wird weiterhin kontrovers diskutiert (DENARO et al., 2011). Mit Ausnahme der Hyperextensionsverletzung ist sowohl die anteriore Verschraubung, als auch die posteriore Instrumentation möglich. Bei der posterioren C1/C2-Instrumentation nach Goel bzw. Harms kann das Gelenk C1/C2 erhalten werden. Die durch posteriore Instrumentation verloren gegangene Rotation kann durch Instrumentationsentfernung nach Ausheilung der Densfraktur teilweise zurückgewonnen werden. Damit bietet dieses Verfahren den Vorteil der anterioren Densverschraubung: die Erhaltung bzw. Wiedererlangung der Rotation – und der posterioren Verschraubung: eine relevante temporäre Mobilitätseinschränkung bis zum Ausheilen der Fraktur durch Fixation über 4 Schrauben – gegenüber einer bzw. zwei Schrauben bei der anterioren Densverschraubung. Das Ausmaß der wiedergewonnenen Rotation korreliert mit dem Alter. Bei geringen Komorbiditätsrisiko scheint ein erneuter operativer Eingriff zur Materialentfernung gerechtfertigt, da die Rotation des Kopfes entscheidend zur Orientierung im Raum beiträgt.

## **5.5. Schlussfolgerung**

Nach Entfernung einer mit C1-C2-Instrumentation nach Goel bzw. Harms versorgten Densfraktur Typ 2 nach Anderson kann eine Rotation in C1/C2 wiedererlangt werden. Der Effekt ist nicht geschlechtsabhängig und umso deutlicher je jünger die Patienten sind.

## 6. LITERATUR

1. Anderson LD, D'Alonzo RT (1974): Fractures of the odontoid process of the axis. *J Bone Joint Surg Am.* 56(8):1663-74
2. Andersson S, Rodrigues M, Olerud C (2000): Odontoid fractures: high complication rate associated with anterior screw fixation in the elderly. *Eur Spine J.* 9(1):56-59
3. Böhler J (1982): Anterior stabilization for acute fractures and non-unions of the dens. *J Bone Joint Surg Am.* 64(1):18-27
4. Bohlmann HH (1979): Acute fractures and dislocations of the cervical spine. *J Bone Joint Surg Am.* 61(8):1119-1142
5. Clark CR, White AA 3rd. (1985): Fractures of the dens. A multicenter study. *J Bone Joint Surg Am.* 67(9):1340-8
6. Denaro V, Papalia R, Di Martino A, Denaro L, Maffulli N (2011): The best surgical treatment for type II fractures of the dens is still controversial. *Clin Orthop Relat Res.* 469 (3):742 – 50
7. Dvorak J, Hayek J (1986): Diagnosis of instability of the upper cervical spine by functional computed tomography. *Rofo.* 145(5):582-5
8. Dvorak J, Panjabi MM, Novotny JE, Antinnes JA (1991): In vivo flexion/extension of the normal cervical spine. *J Orthop Res.* 9(6):828-34
9. Dvorak J, Penning L, Hayek J, Panjabi MM, Grob D, Zehnder R (1988): Functional diagnostics of the cervical spine using computer tomography. *Neurorad* 30:132–137
10. Goel A, Laheri VK (1994): Plate and screw fixation for atlanto-axial dislocation [technical report]. *Acta Neurochir (Wien)* 129: 47–53
11. Grob D, Crisco JJ 3rd, Panjabi MM, Wang P, Dvorak J (1992): Biomechanical evaluation of four different posterior atlantoaxial fixation techniques. *Spine* 17(5):480-90
12. Hadley MN, Browner C, Sonntag VK (1985): Axis fractures: a comprehensive review of management and treatment in 107 cases. *Neurosurgery* 17(2):281-90
13. Harms J, Melcher R (2001): Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine* 26(22):2467-2471

14. Hayes MHS, Paterson DG (1921): Experimental development of the graphic rating method. *Psychological Bulletin*, 18, 98-99
15. Jeanneret B, Magerl F (1992): Primary posterior fusion C1/2 in odontoid fractures: indications, technique, and results of transarticular screw fixation. *J Spinal Disord* 5(4):464-75,
16. Knöller S, Jeszenszky D, Willms R, Harms J (1999): Transaxial spongiosa-plasty and ventral, temporary atlanto-axial fixation for therapy of dens pseudarthrosis. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 137(3):232-5
17. Madawi AA, Solanki G, Casey AT, Crockard HA (1997): Variation of the groove in the axis vertebra for the vertebral artery. Implications for instrumentation. *J Bone Joint Surg Br.* 79(5):820-3,
18. Magerl F, Seemann PS (1987). Cervical spine research society, editors: Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. In: Kehr P, Weidner A, editors. *Cervical spine 1*. Vienna (AT): Springer-Verlag;. 322-327
19. McAfee PC, Boden SD, Brantigan JW, Fraser RD, Kuslich SD, Oxland TR, Panjabi MM, Ray CD, Zdeblick TA (2001): Symposium: a critical discrepancy-a criteria of successful arthrodesis following interbody spinal fusions. *Spine* . 26(3):320-34
20. Melcher RP, Harms J (2004) C1-C2 posterior screw-rod fixation. In Bradford DS., Zdeblick T A (eds.) *The spine*. 2<sup>nd</sup> Ed. Lippincott Williams & Wilkens: pp 129-145
21. Neo M, Matsushita M, Iwashita Y, Yasuda T, Sakamoto T, Nakamura T (2003): Atlantoaxial transarticular screw fixation for a high-riding vertebral artery. *Spine* 28(7):666-670
22. Platzer P, Thalhammer G, Ostermann R, Wieland T, Vécsei V, Gaebler C (2007): Anterior screw fixation of odontoid fractures comparing younger and elderly patients. *Spine* 32(16):1714-1720
23. Roche CJ, King SJ, Dangerfield PH, Carty HM (2002): The atlanto-axial joint: physiological range of rotation on MRI and CT. *Clin Radiol* 57(2):103-8
24. Ruf M, Welk T, Müller M, Merk HR, Harms J (2010): Ventral cancellous bone augmentation of the dens and temporary instrumentation C1/C2 as a function-preserving option in the treatment of dens pseudoarthrosis. *J Spinal Disord Tech.* 23(4):285-92

25. Ryan MD, Henderson JJ (1992): The epidemiology of fractures and fracture-dislocations of the cervical spine. *Injury* 23(1):38-40
26. Song GS, Theodore N, Dickman CA, Sonntag VKH (1997): Unilateral posterior atlantoaxial transarticular screw fixation. *J Neurosurg* 87:851-855,
27. Stulik J, Vyskocil T, Sebesta P, Kryl J (2005): Harms technique for C1-C2 fixation with polyaxial screw and rods. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 72(1):22-7,
28. Winking M (2012) Posterior transarticular C1/C2 screw technique: In Vieweg U, Grochulla F (eds.) *Manual of Spine Surgery*. Springer: pp 187-194
29. Youdas JW, Garret TR, Suman VJ, Bogard CL, Hallman HO, Carey JR (1992): Normal range of motion of the cervical spine: an initial goniometric study. *Phys Ther.* 72:770-780,

## 7. PUBLIKATIONEN

Die Arbeit wurde als Vortrag bzw. Poster präsentiert:

- Deutscher Wirbelsäulenkongress 6. Jahrestagung der Deutschen Wirbelsäulengesellschaft Dezember 2011 in Hamburg
- Spine Week Eurospine Mai 2012 in Amsterdam
- Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie Oktober 2012 in Berlin
- Jahrestagung der Saarländischen Chirurgen Vereinigung Januar 2012 in Völklingen
- 63. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Neurochirurgie (DGNC) Juni 2012 in Leipzig

Die Arbeit wurde schriftlich publiziert:

Pitzen T, Salman E, Ostrowski G, Welk T, Ruf M, Drumm J. 2013  
Left-right axial rotation within C1-2 after implant removal.  
J Neurosurg Spine. Sep 20. [Epub ahead of print]

## **DANKSAGUNG**

Herrn Univ.-Prof. Dr. med. J. Oertel möchte ich mich für die Betreuung dieser Arbeit und für die Möglichkeit sie an der Universität des Saarlandes einzureichen, bedanken.

Herrn Chefarzt Prof. Dr. med. T. Pitzten danke ich für die Überlassung des Themas. Mein besonderer Dank gilt meinem Kollegen und Freund Herrn Dr. med. J. Drumm für die Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit.

Dem gesamten Team der wirbelsäulenchirurgischen Abteilung im SRH Klinikum Karlsbad Langensteinbach danke ich vielmals für Tipps und Hinweise, die für die Erstellung dieser Arbeit hilfreich waren.

Ferner möchte ich mich für die Hilfe bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse bei Frau Nele Borm, Frictionless, Kiel/Deutschland bedanken.

Ein großes "Dankeschön" möchte ich auch meiner Familie aussprechen, im Besonderen meiner Frau Ayse Salman und meinen drei wunderbaren Kindern M. Yasin, Zara L. und Azra B. für ihre moralische Unterstützung sowie ihr Verständnis.

# LEBENS LAUF

## Persönliche Daten:

Name: Salman, Erbay  
Anschrift: Scheffelstraße 28  
76307 Karlsbad-Langensteinbach  
Familienstand: verheiratet, 3 Kinder

## Schul Ausbildung:

1981-1987 Grundschule Berlin-Mitte  
1987-1994 Heinrich-von-Kleist Gymnasium Berlin-Mitte

## Studium:

1995-2002 Medizinstudium an der Freien Universität Berlin  
November 2002 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
April 2005 Approbation als Arzt

## Beruflicher Werdegang:

2003-2004 Arzt im Praktikum in der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Traumatologie der Freien Universität Berlin in der Zentralklinik Emil von Behring / Stiftung Oskar-Helene-Heim  
(Prof. Dr. med. U. Weber, PD Dr. med. H. Mellerowicz, Prof. Dr. med. J. Scholz)

2004-2008 Assistenzarzt in der Charité Universitätsmedizin Campus Benjamin Franklin - Zentrum für spezielle Chirurgie des Bewegungsapparates - Klinik und Hochschulambulanz für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie (Prof. Dr. med. W. Ertel) und Klinik für Orthopädie Charité Campus Benjamin Franklin  
(Prof. Dr. med. U. Weber)  
Schwerpunkt Wirbelsäulenchirurgie (Leitung Prof. C.E. Heyde)

- 04/07-12/07 Assistenzarzt in der Charité Campus Benjamin Franklin Interdisziplinäre Intensivstation (Prof. Dr. med. H. J. Buhr)
- Seit 07/08 Assistenzarzt Orthopädie-Wirbelsäulenchirurgie Karlsbad-Langensteinbach (Prof. Dr. med. J. Harms)
- 07/10 Facharzt für Orthopädie, Ärztekammer Baden-Württemberg
- 06/10-03/11 Oberarzt Orthopädie-Wirbelsäulenchirurgie Karlsbad-Langensteinbach (Prof. Dr. med. J. Harms)
- 03/11-07/12 Oberarzt Orthopädie-Wirbelsäulenchirurgie-Neurotraumatologie Karlsbad-Langensteinbach (Prof. Dr. med. T. Pitzen und Dr. med. G. Ostrowski)
- Seit 07/12 Leitender Oberarzt Zentrum Wirbelsäulenchirurgie-Orthopädie - Traumatologie Karlsbad-Langensteinbach (Prof. J. Zöllner, Prof. T. Pitzen und Dr. med. G. Ostrowski)
- Seit 04/12 Medizinischer Sachverständiger cpu / GenRe Business School an der Universität zu Köln  
„Zertifikat Medizinischer Sachverständiger cpu“

Erbay Salman