Behandlung von Klavikulafrakturen

Konservativ, intramedullär oder mittels Platte?

Hintergrund

Die Klavikulaschaftfraktur stellt mit 3–5% aller Frakturen und etwa 45% aller Schulterverletzungen eine der häufigsten Skelettverletzungen des Menschen dar. Ihre Inzidenz beträgt etwa 64 Fälle auf 100.000 Personen/Jahr [13]. Sie entsteht durch den Sturz auf die Schulter, sehr häufig als Folge eines Fahrradsturzes. Oft kommt es durch den Zug des M. sternocleidomastoideus zu einer erheblichen Fehlstellung mit Verkippung des körpernahen Fragments nach oben und zu einer Verkürzung.

Die Diagnose ist klinisch und radiologisch leicht zu stellen.

Therapie

Früher wie heute galt der Satz:

„Die Klavikulafraktur heilt mit Arzt, ohne Arzt und trotz Arzt!“

Konservative Behandlung

Bis vor kurzem wurde die Schlüsselbeinfraktur konservativ durch Anlage eines Rucksackverbands für 4 bis 6 Wochen behandelt. Sie heilt in der Regel mit deutlicher Kallusbildung sowie Verkürzung und Verkippung aus. Eine Reposition oder Stabilisierung gelingt im Rucksackverband entgegen der landläufigen Meinung nicht. Petravic [11] erklärte be-

reits 1983, wenn man eine Reposition im Rucksackverband erreichen wollte, müsse er so fest angezogen sein, dass beide Arme nicht mehr durchblutet werden würden. Der Verband führt zu Venenstau und erinnert den Patienten lediglich an das Vorhandensein einer Fraktur und strahlt bereits nach kurzer Zeit unangenehme Gerüche aus, weshalb wir ihn auch heute – wenn überhaupt – nur sehr kurz für wenige Tage zur Linderung der Schmerzen anlegen.

In verschiedenen Studien wurden bei der konservativen Behandlung der Klavikulafraktur Pseudarthrosen von 1–13% beschrieben [13]. Trotzdem wurden bis vor 15 Jahren gut 80% der Frakturen konservativ behandelt. Als Operationsindikationen galten nur die offenen Frakturen, die drohende Durchspießung, Nerven-Gefäß-Störungen, die „floating shoulder“ mit Skapula- und begleitender Klavikulafraktur sowie die instabile Rippenserienfraktur mit begleitender Klavikulafraktur, um wieder Stabilität in Arm und Brustkorb zu erreichen. Eine weitere Indikation bestand bei Mehrfachverletzungen, um beim Gehen an Krücken oder Achselstützen ausreichende Stützkraft zu erzielen.

Operative Behandlung

Historie

1998 beschrieben Jubel et al. [5] als Erste die minimalinvasive operative Versor-

gung von Klavikulaschaftfrakturen durch eine elastisch-stabile intramedulläre Nagelung (ESIN) mit einem Titannagel. Diese Technik orientierte sich an der Versorgung kindlicher Frakturen mit der elastischen Markraumschienung langer Röhrenknochen.

Verfahrenswahl

Biomechanisch ist die intramedulläre Applikation als ideal anzusehen, weil das Problem der wechselnden Zuggurtungsseite des Schlüsselbeins durch die zentrale Lage des Kraftträgers umgangen wird [5, 6, 13]. Geeignet für die intramedulläre Schienung [ESIN, TEN („titan elastic nail“), Prevot-Nagelung] sind grundsätzlich nur 2- und 3-Fragment-Frakturen. Bei mehrfragmentären Frakturen ist das Verfahren nicht sinnvoll, da die sich die Fraktur ähnlich wie eine Ziehharmonika über dem Nagel zusammenstauchen kann und keine genügende Abstützung findet. Bei 3-Fragment-Frakturen ist auf eine ausreichende Abstützung zu achten, da es sich bei der Versorgung mit dem (unverriegelten) Nagel um ein längeninstabiles Verfahren handelt.

Vorgehen

Der Patient wird auf einem durchleuchtbaren Röntgentisch mit dem Kopf in den Saal gelagert. Die Anästhesie befindet am Fußende und beatmet den Patienten mit langen Schläuchen, sodass der Operateur und der C-Bogen, welcher auf der betrof-

fenen Seite steht, gut beweglich sind. Eine Durchleuchtung in 2 senkrecht zueinander stehenden Ebenen muss gewährleistet sein.

Vor der Operation werden das Jugulum und das mediale Klavikulaende markiert. Durch Verschieben der Haut gelingt es, den nur wenige Millimeter langen Schnitt, der am medialen Ende kurz hinter dem Sternoklavikulargelenk gesetzt wird, nicht über dem späteren Nagelnde zu platzieren. Die Klavikula wird mit einem 2,5-mm-Bohrer unikortikal eröffnet und der Bohrer dann leicht abgeflacht geführt, um ein ovaläres Loch zu erzeugen. Mit Hilfe kleiner Pfrieme kann der Eingang etwas erweitert werden. Grundsätzlich sollte die Kortikalis immer mit einem Bohrer und nicht mit einem spitzen Pfriem eröffnet werden, um eine Verletzung der dorsal des Schlüsselbein liegenden Gefäße und Nerven zu vermeiden.

Ein Prevot-Nagel wird leicht vorgebogen und an einem Universalbohrfutter, das als Handgriff beim Einbringen dient, montiert. Aus unserer Erfahrung kommen bei Frauen meist Nägel mit 2,5 mm, bei Männern mit 3,0 mm Durchmesser zum Einsatz. Nägel mit einem Durchmesser von 2 mm sollten nur ausnahmsweise verwendet werden, da sie zu leicht verbiegen.

Der Nagel wird in das Bohrloch eingeführt und unter Durchleuchtungskontrolle vorangetrieben. Die leicht abgeschrägte Kufe erleichtert seine gezielte Führung und verhindert eine Perforation der Gegenkortikalis. Nun wird versucht, das laterale Ende aufzufädeln. Die Ausübung von Druck auf das laterale Fragment von unten und auf das mediale Fragment von oben kann das Einführen in das laterale Fragment erleichtern. Da die Klavikula am lateralen Ende immer flacher ausläuft und keinen röhrenförmigen Markraum aufweist, kann die Reposition schwierig oder geschlossen nicht möglich sein. Dies gilt insbesondere bei schrägem Frakturverlauf.

Nach 3 bis 4 frustanen Versuchen kann das laterale Fragment entweder mit einer perkutan eingebrachten Repositionszange gehalten werden oder es wird ein kurzer Hilfsschnitt von 2–4 cm gesetzt, der die Nutzung von 2 kleinen Kocher-Klem-

men für die Reposition ermöglicht. Liegt kein röhrenförmiger Markraum im lateralen Fragment vor, kann mit einem Pfriem oder einem zweiten Prevot-Nagel ein Kanal im lateralen Fragment vorbereitet und anschließend erneut reponiert und der Nagel von medial vorgetrieben werden. Die Kufe ist immer der S-förmigen Verbiegung der Klavikula durch Drehen anzupassen. Eine weit laterale Verklemmung kurz vor dem AC-Gelenk (Akromioklavikulargelenk) ist anzustreben, wobei eine dorsolaterale Perforation des Nagels unbedingt vermieden werden sollte. Dies macht eine genaue und engmaschige Röntgenkontrolle bei der lateralen Nagelplatzierung unverzichtbar. Als radiologische Landmarke für ein ausreichend weit laterales Vortreiben des Nagels kann das Tuberculum conoideum dienen. Der C-Bogen wird bei der Operation in a.-p. Projektion sowie in 45° Kippung zum Kopf oder zum Fuß gebracht, um die Reposition und den Lauf des Nagels radiologisch zu kontrollieren. Ist dieser Nagel gut positioniert, wird er an der Eintrittsstelle kurz abgeschnitten und ggf. mit einem Stößel noch etwas versenkt, damit er keine Druckbeschwerden unter der Haut auslöst.

Die Haut wird mit resorbierbaren versenkten Nähten verschlossen [12].

Nachbehandlung

Die Versorgung ist bei sicherer Nagelverklemmung übungstabil. Gelingt die geschlossene Reposition, können die Patienten ggf. ambulant behandelt werden. Wenn offen reponiert werden muss, werden sie für kurze Zeit stationär aufgenommen.

Der Patient kann postoperativ bei 2-Fragment-Frakturen in alle Richtungen schmerzadaptiert bewegen und nach 2 bis 3 Wochen auch schmerzadaptiert belasten. Bei komplexeren Brüchen empfiehlt sich eine Limitierung bezüglich Abduktion und Anteversion auf 90° für 6 Wochen.

Sportfähigkeit besteht nach 6 bis 8 bzw. 10 bis 12 Wochen. Eine Metallentfernung empfehlen wir nach 3 bis 6 Monaten, welche wir regelhaft in Vollnarkose durchführen. Dabei bewährte es sich, einen kräftiger Luer, einen starken Nadelhalter oder im Idealfall eine TEN-Zange zu nut-

zen, da es sehr schwierig sein kann, den Nagel zu fassen und wieder zu entfernen.

Eigene Resultate und Literaturergebnisse

In einer frühen Anwendungsbeobachtung konnten Jubel et al. [8] über die Behandlung von Berufssportlern mit Klavikulafrakturen und intramedullärer Stabilisation berichten. Die 12 Sportler konnten den Arm bereits am 3. postoperativen Tag bis im Mittel 154° abduzieren und wiesen einen Schmerzscore von 1,9 von 10 möglichen Punkten nach der visuellen Analogskala auf. Nach durchschnittlich 6 Tagen führten sie das Training und ab dem 17. Tag z. T. ihre Wettkämpfe wieder durch.

In einer eigenen retrospektiven Untersuchung wurden von 1996–2004 132 Patienten mit 136 Klavikulaschaftfrakturen mit Prevot-Nägeln versorgt. Es handelte sich um 89 Männer und 43 Frauen. Das Durchschnittsalter betrug 33 Jahre. In 78 Fällen war eine geschlossene Reposition möglich, in 58 Fällen wurde offen über einen kleinen Hilfsschnitt über der Fraktur reponiert. Die Nageldurchmesser lagen zwischen 2,5 und 3,5 mm. Die Schnitt-Naht-Zeit betrug 44 min bei einer mittleren Durchleuchtungszeit von 2,9 min. Am 3. postoperativen Tag war eine aktive Abduktion bereits mit im Mittel 121° (präoperativ 42°) möglich. Die Schmerzen, bemessen nach der visuellen Analogskala, betrugen im Mittel 1,8 von 10 möglichen Punkten (präoperativ 7,2 Punkte). Nach 12 Monaten wurden 106 Patienten nachuntersucht und wiesen einen Constant-Score von 97±3 von 100 maximal möglichen Punkten auf. Es wurde eine Pseudarthrose gesehen [10].

In einer eigenen prospektiv vergleichenden, nichtrandomisierten Untersuchung konnte gezeigt werden, dass Patienten, die mittels ESIN behandelt wurden, sowohl objektiv als auch subjektiv signifikant bessere Ergebnisse über einen Zeitraum von 12 Monaten aufwiesen als ein konservativ behandeltes Vergleichskollektiv [9]. Sowohl die Abduktion als auch die Beschwerden, bemessen nach der visuellen Analogskala, waren vom 3. postoperativen Tag bis zum 6. postoperativen Monat bei den operierten Patienten hochsig-

nifikant geringer als bei den konservativ Behandelten. So betrug das Abduktionsausmaß am 3. postoperativen Tag bei den operierten Patienten 80° vs. 25° bei den konservativ Behandelten, bei Schmerzen von 3 vs. 8,5 Punkten auf der visuellen Analogskala. Die mittlere Arbeitsunfähigkeit dauerte bei den konservativ behandelten Patienten im Schnitt 40 Tage, bei den operierten Patienten 16 Tage. Auch der Constant- und der DASH-Score (DASH: „disabilities of the arm, shoulder and hand“) unterschieden sich hochsignifikant zugunsten der mit Nagel versorgten Patienten [10].

Bezüglich evidenzbasierter Empfehlung liegen mittlerweile 2 prospektiv randomisierte Studien vor, die einen Evidenzlevel von 1 aufweisen:

2008 publizierten Smekal et al. [14] die Ergebnisse einer randomisierten kontrollierten klinischen Studie zum Vergleich von ESIN und konservativer Therapie bei jeweils 30 Patienten mit dislozierter Klavikulaschaftfraktur. Dislokation wurde als das Nichtvorhandensein eines Kortikaliskontakts der Hauptfragmente definiert. Nach 24 Monaten fehlten bei 30% der konservativ und bei 3,3% der operativ behandelten Patienten die radiologischen Zeichen einer knöchernen Konsolidierung. Nach 32 Wochen waren alle operierten Schlüsselbeine verheilt, 3 konservativ therapierte Patienten wiesen eine symptomatische Pseudarthrose auf (10%). Das funktionelle Ergebnis war nach 6 Monaten und 2 Jahren in der Gruppe der operativ Behandelten signifikant besser als in der Gruppe der konservativ versorgten Patienten.

Neben der Problematik der Pseudarthrose bedarf auch die knöcherne Heilung in Fehlstellung einer weiteren Analyse. In einer eigenen Untersuchung analysierten wir unabhängig von der gewählten Behandlungsmethode den Einfluss der Verkürzung auf das funktionelle Ergebnis [7]. Es zeigte sich hierbei analog zu der Arbeit von Smekal et al. [14] bei einer eigenen Untersuchung aus der Universitätsklinik Köln eine Abhängigkeit des funktionellen Ergebnisses vom Ausmaß der Verkürzung. Untersucht wurden 145 verheilte Klavikulafrakturen. Mit einer Verkürzungsfehlstellung von mehr als 1,75 cm ergaben sich in den entsprechenden Scores

Trauma Berufskrankh 2014 · 16[Suppl 3]:238–242 DOI 10.1007/s10039-013-2034-6
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

A. Prokop · G. Schiffer · A. Jubel · M. Chmielnicki

Behandlung von Klavikulafrakturen. Konservativ, intramedullär oder mittels Platte?

Zusammenfassung

Incidenz. Klavikulaschaftfrakturen gehören mit einer Incidenz von 64/100.000 zu den häufigsten Frakturen.

Therapieoptionen. Ende der 1990er Jahre wurde die elastisch-stabile intramedulläre Schienung mit Prevot-Nägeln beschrieben, die eine minimalinvasive Stabilisierung der Fraktur und damit eine sofortige Übungsstabilität und schnelle Belastbarkeit ermöglicht. Heute erfreut sich diese Technik wegen der für die Patienten geringen Belastung und schneller Rekonvaleszenz großer Beliebtheit. Wurden früher fast alle Frakturen konservativ therapiert, wird heute eine deutlich größere Anzahl operativ behandelt.

Therapiewahl. Bei groben Dislokationen und/oder Verkürzungen von über 1,75 cm

sollte bei 2- und 3-Fragment-Frakturen eine intramedulläre Schienung erfolgen, da sie funktionell zu besseren Ergebnissen führt, als die konservative Therapie. Wenn eine geschlossene Reposition nicht möglich ist, kann offen reponiert werden. Bei dislozierten mehrfragmentären Frakturen und bei Pseudarthrosen ist die Plattenosteosynthese die Therapie der ersten Wahl.

Schlüsselwörter

Klavikula · Knochenfraktur · Knochennagel · Prevot-Nagel · Minimalinvasive operative Verfahren

Treatment of clavicle fractures. Conservative, intramedullary, or plating?

Abstract

Incidence. With an incidence of 64/100,000, clavicle fractures are one of the most common fractures.

Therapeutic options. Intramedullary fixation with Prevot nails was initially reported in the late 1990s by the investigative team at the University of Cologne. This procedure offers minimally invasive stabilization of the fracture, thus, enabling immediate mobilization and rapid loading capacity. Currently, this technique is popular because of the minimal patient burden and faster recovery. Previously, the majority of fractures were treated conservatively. Today, the percentage of operatively treated fractures has increased significantly.

Treatment selection. In cases with 2 or 3 fracture fragments with severe displacement and/or shortening of more than 1.75 cm, intramedullary stabilization should be performed because it results in better functional outcome than conservative treatment. If closed reduction is not possible, open reduction may be performed. In cases of displaced, multifragment fractures or nonhealing, plate fixation is the therapy of choice.

Keywords

Clavicle · Bone fracture · Bone nails · Prevot nailing · Minimally invasive surgical procedures

ähnliche Ergebnisse wie bei Patienten mit schmerzhaften Pseudarthrosen. Bei Verkürzungen von unter 5 mm wurde ein Constant-Score von 96 Punkten, bei über 2 cm ein Score-Wert von nur 78 Punkten erreicht ($p < 0,05$). Bei Pseudarthrosen betrug der Constant-Score-Wert 75 Punkte [3].

Felder-Puig et al. [4] konnten bei einer Metaanalyse aufzeigen, dass bei dislozierten Frakturen bei operativer Behandlung in 98% der Fälle eine Heilung auftrat, während dies bei konservativer The-

rapie nur in lediglich 85% der Fälle zu beobachten war.

Eigenes Vorgehen

Aufgrund der geschilderten guten Ergebnisse operieren wir heute fast 80% der Patienten mit Klavikulafrakturen. Wichtig bleibt jedoch immer die Information des Betroffenen über die konservative Behandlungsoption.

Abb. 1 ◀ Beispiel eines beidseitig mit Prevot-Nägeln versorgten Patienten, **a–d** Röntgenbilder, **a,b** prä- und **c,d** postoperativ, **e** Patient am 1. postoperativen Tag

Nagelung

Bei 2- und 3-Fragment-Frakturen versuchen wir, den Nagel geschlossen oder bei frustraner Reposition offen einzubringen. Beim offenen Vorgehen werden die Repositionszangen entweder perkutan über Miniinzisionen eingesetzt oder über der Fraktur nur gerade so weit eröffnet, dass die beiden Enden mit einer kleinen Repositionszange gepackt werden können. Da die Klavikula keinen echten Markraum hat und am lateralen Viertel flach wird, kann es hilfreich sein, mit einem zweiten Nagel oder einem kleinen Pfriem den Weg im Knochen bereits etwas vorzubereiten, damit der Nagel gut eingefädelt werden kann.

Entsprechende Untersuchungen zur Anatomie der Klavikula und deren Varianten veröffentlichten Andermahr et al. [1] im Jahr 2007. An 196 Klavikeln wurden Dicken- und Längenmessungen vorgenommen und die Kurvaturen bestimmt. Die Klavikeln von Frauen waren kürzer,

weniger gekrümmt und am lateralen Ende flacher als bei Männern, was eine häufigere laterale Perforation eines lateral eingesetzten Nagels bei Frauen erklärt. Der Markraum war im Mittel $6,7 \pm 2,6$ mm dick, sodass Nägel bis 3,5 mm in der Regel noch gut einführbar sind. Werden bei der Operation Nägel benutzt, die 2,0 mm und dünner sind, wird keine ausreichende Stabilität erreicht. Ideal sind Nageldicken von 2,5–3,0 mm.

Vorteile des TEN sind die Elastizität, die im Markraum wie eine Feder wirken kann, und die abgeschrägte flache Kufe an der Spitze, die eine gute Dirigierbarkeit erlaubt. Ein normaler Kirschner-Draht, der von einigen Anwendern als kostengünstige Alternative angewendet wird, hat diese beiden Eigenschaften nicht und wird daher von uns nicht empfohlen.

Wir bringen die Nägel immer von medial ein, während in vereinzelten Berichten auch deren Einbringung von lateral dorsal propagiert wurde, wo sie beim Bewegen des Arms von den Patienten nach

unserer Erfahrung als deutlich störender empfunden werden als beim medialen Eintrittspunkt [4, 13]. Die Gefahr bei der Einbringung von lateral besteht darin, bei einer medialen Perforation das Mediastinum, die Pleura oder die eng anliegende V. subclavia zu verletzen. Solche Probleme treten bei der medialen Insertion nicht auf. Oft aber wird das unter der Haut medial überstehende Ende von den Patienten als störend empfunden, sodass hier von Beginn darauf geachtet werden sollte, den Überstand sehr kurz am Knochen abzuschneiden oder u. U. eine vorzeitige Metallentfernung bei knöcherner Durchbauung durchzuführen.

Plattenosteosynthese

Die intramedulläre Schienung ist technisch nicht ganz einfach und bedarf einer gewissen Übung. Liegt nur ein punktueller oder überhaupt kein Kontakt der Hauptfragmente vor oder ist die Fraktur sehr weit lateral lokalisiert, sodass keine

ausreichende intramedulläre Stützweite für die Verklebung des Nagels erreicht werden kann, empfehlen wir die Plattenosteosynthese. Ob eine gerade Platte von vorn oder eine anatomisch angeformte Platte von oben eingesetzt wird, obliegt dem Operateur. Wegen der wechselnden Zuggurtungsseite mit entsprechend wechselnden Belastungen oben und unten sollte aber eine ausreichend kräftige Kleinfragmentplatte gewählt werden. Drittelrohrplatten oder auch Kleinfragmentrekonstruktionsplatten erwiesen sich für diese Indikation als ungenügend stabil. Anatomisch geformte Platten, die z. T. mit winkelstabilen Schrauben besetzt werden können, setzten sich in unseren Kliniken in Sindelfingen, Köln und Bensberg durch. Bei einer guten geschlossenen Reposition kann die Platte auch eingeschoben und lediglich medial und lateral über eine kurze Inzision fixiert werden [2]. Diese Technik weist allerdings eine recht flache Lernkurve auf.

Platten bleiben zudem das Salvage-Verfahren, wenn bei der Verwendung von Nägeln Probleme auftreten. Dies sollte bei jeder Operation Eingang in die Aufklärung finden. Auch bei Pseudarthrosen bleibt die Plattenosteosynthese das Verfahren der ersten Wahl.

Resümee

In den Kliniken für Unfallchirurgie Sindelfingen-Böblingen wurden 2009 insgesamt 91 Frakturen bei Patienten im Alter zwischen 15 und 70 Jahren operativ versorgt. In 72 Fällen wurden Nägel und in 19 Fällen Platten eingesetzt. Knapp die Hälfte der intramedullären Stabilisationen war geschlossen und somit ambulant durchführbar.

Fazit für die Praxis

- Die konservative Therapie der Klavikulafraktur ist nach wie vor möglich und unter Berücksichtigung der aktuellen epidemiologischen Daten mit Einschränkungen Erfolg versprechend.
- Der Patient ist immer über die Option der konservativen Behandlung aufzuklären.

- Oft heilt die konservativ behandelte Fraktur unter Verkürzung und Fehlstellung aus.
- Als Ursache für die schlechten Ergebnisse der dislozierten Frakturen unter konservativer Behandlung kann die Ausheilung in einer Verkürzungsfehlstellung angesehen werden.
- Bei dislozierten Frakturen oder Verkürzungen über 1,75 cm führt die Operation zu besseren Kurz- und Langzeitergebnissen, sodass wir hier die Indikation zur operativen Therapie stellen.
- Bei 2- und 3-Fragment-Frakturen (A- und B-Frakturen) mit ausreichendem Kontakt der Hauptfragmente nach der Reposition ist die intramedulläre Schienung von medial mit einem Titan-Prevot-Nagel unsere erste Option.
- Lässt sich die Fraktur auch beim dritten Versuch nicht geschlossen reponieren, sollte dies offen versucht werden.
- Die Operation sowie die Metallentfernung sind anspruchsvoll, führen aber für den Patienten schnell und früh zu einer schmerzfreien Beweglichkeit und zur schmerzadaptierten Belastbarkeit.
- Bei Mehrfragmentfrakturen (C-Frakturen) sollte die Plattenosteosynthese wegen des beim Nagel möglichen Ziehharmonikaeffekts vorgezogen werden.
- Die Plattenosteosynthese bleibt zudem die Salvage-Prozedur beim Nichtgelingen der intramedullären Schienung und die erste Wahl bei der Therapie der schmerzhaften Pseudarthrose.

Korrespondenzadresse

PD Dr. A. Prokop

Kliniken für Unfallchirurgie Sindelfingen-Böblingen, Klinikverbund Südwest, Arthur-Gruber-Straße 70, 71065 Sindelfingen
verletzt@klinikverbund-suedwest.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. A. Prokop, G. Schiffer, A. Jubel und M. Chmielnicki geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

The supplement containing this article is not sponsored by industry.

Literatur

1. Andermahr J, Jubel A, Elsner A et al (2007) Anatomy of the clavicle and the intramedullary nailing of midclavicular fractures. Clin Anat 20(1):48–51
2. Andermahr J, Faymonville C, Rehm KE, Jubel A (2008) Die perkutane Plattenosteosynthese der Klavikula. Unfallchirurg 111:43–45
3. Faymonville C, Andermahr J, Rehm KE, Jubel A (2007) Einfluss der Verkürzungsfehlstellung nach Klavikulafrakturen auf die Funktion des Schultergelenks. 71. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie, Abstractband. GMS Publishing House, Düsseldorf, SW31–52
4. Felder-Puig R, Mathis S, Pelinka H et al (2011) Klavikulaschaftfrakturen: Ein systematischer Review zu verschiedenen Therapiekonzepten. Unfallchirurg 114(11):987–997
5. Jubel A, Prokop A, Kress J, Rehm KE (1998) Die elastische stabile Marknagelung der Klavikulafraktur im mittleren Drittel. Hefte Unfallchir 272:738–739
6. Jubel A, Andermahr J, Schiffer G, Rehm KE (2002) Technik der intramedullären Osteosynthese der Klavikula mit elastischen Titanägeln. Unfallchirurg 105:511–516
7. Jubel A, Andermahr J, Faymonville C et al (2002) Wiederherstellung der Symmetrie des Schultergürtels bei Klavikulafrakturen. Elastisch stabile intramedulläre Osteosynthese versus Rucksackverband. Chirurg 73:978–981
8. Jubel A, Andermahr J, Bergmann H et al (2003) Elastic stable intramedullary nailing of midclavicular fractures in athletes. Br J Sports Med 37:480–484
9. Jubel A, Andermahr J, Prokop A et al (2005) Die Behandlung der diaphysären Klavikulafraktur: Vergleich der Frühergebnisse nach Rucksackverband und elastischer stabiler intramedullärer Nagelung. Unfallchirurg 108(9):707–714
10. Jubel A, Andermahr J, Rehm KE (2008) Intramedulläre Schienung von Klavikulafrakturen. Trauma Berufskrankh 10(S 1):47–52
11. Petravic B (1983) Zur Frage der Effizienz eines Rucksackverbandes bei der Behandlung von Klavikulafrakturen. Unfallchirurgie 9:41–43
12. Rehm KE, Andermahr J, Jubel A (2004) Die intramedulläre Osteosynthese der Klavikula mit einem elastischen Titan Nagel. Oper Orthop Traumatol 16:365–379
13. Schiffer G, Faymonville C, Skouras E et al (2010) Klavikulaschaftfraktur: Keine harmlose Bagatelverletzung. Aktuelle Therapiekonzepte. Dtsch Arztebl 107(41):711–717
14. Smekal V, Irenberger A, Struve P et al (2009) Elastic stable intramedullary nailing versus nonoperative treatment of displaced midshaft clavicular fractures – a randomized, controlled, clinical trial. J Orthop Trauma 23:106–112