

# Humerusschaftfrakturen und intramedulläre Stabilisierungsverfahren

■ N. P. Südkamp, V. Schönfelder, M. J. Käab, N. P. Haas

## Zusammenfassung

Die optimale Behandlung von Humerusschaftfrakturen in Abhängigkeit von Frakturtyp, Weichteilschaden und patientenspezifischer Gegebenheiten ist seit Jahrzehnten Gegenstand kontroverser Diskussionen. Es besteht aber in der Literatur Einigkeit, dass die konservative Therapie aufgrund günstiger Heilungsbedingungen auch heute noch als sogenannter „gold standard“ anzusehen ist. Die Indikation zur Operation wird im Falle von Pseudarthrosen, pathologischen Frakturen und Mehrfachfrakturen gesehen. Darüber hinaus gibt es eine Reihe

von umstrittenen Operationsindikationen wie doppelseitige Humerusschaftfrakturen, Kettenverletzungen der oberen Extremität und auch Humerusschaftfrakturen bei polytraumatisierten Patienten. Die erweiterte Indikation zur Versorgung auch frischer Frakturen stellt trotz der vorteilhaften frühzeitigen Wiederherstellung der Funktion höchste Anforderungen an Implantate und chirurgische Technik. Die intramedullären Verfahren gewinnen aufgrund der fortgeschrittenen technischen Entwicklung der Humerusverriegelungsnägel an Bedeutung bei der operativen Versorgung der Humerusschaftfraktur.

die von Sarmiento 1981 beschriebene Brace-Technik konnten zusätzlich Immobilisationsschäden nach Anwendung immobilisierender Verbände vermieden werden. Die aufgrund der anatomischen Gegebenheiten mit einem gut vaskularisierten Weichteilmantel, einer geringen axialen Belastung des Humerusschaftes und Kompensationsmöglichkeiten des Schultergelenkes günstigen Heilungsbedingungen führten zu Heilungsraten von 94–96% mit über 90% guten und sehr guten Gesamtergebnissen [25,26,37,49]. Eine oftmals schmerzhaft, langfristige Ruhigstellung erfordert jedoch ein Höchstmaß an Patientencompliance.

Doch auch die konservative Therapie ist nicht komplikationslos. Während Infekte und iatrogene Radialisschädigungen bei konservativen Vorgehen selten beschrieben wurden, sind jedoch die Notwendigkeit häufiger Röntgenkontrollen, die sekundäre Dislokation von kurzen Schräg- und Querfrakturen (AO A2 und A3) und das Risiko der Pseudarthrosenbildung nicht zu vernachlässigen. Redisllokationen oder nicht tolerierbare Fragmentdiastasen stellten bei Kelsch et al. [17] in ca. 25% der Fälle die Indikation zum Verfahrenswechsel. Mast et al. [22] sahen in 35% die Notwendigkeit eines Zweiteingriffes aufgrund verspäteter oder ausbleibender Heilung.

## Einleitung

Die Inzidenz der Humerusschaftfraktur, bezogen auf sämtliche Extremitätenfrakturen, wird mit 3% angegeben, wobei es sich um über 50% der Fälle um einfache, im mittleren Diaphysendrittel lokalisierte Frakturen Typ A der AO-Einteilung [24] mit geringem Weichteilschaden handelt. Ursächlich für Quer-, Biegungs- oder Stückfrakturen sind direkte Krafteinwirkungen, die Spiralfaktur resultiert in der Mehrzahl der Fälle aus indirekter Gewalteinwirkung mit geringem Weichteilschaden [16,23–26,31–33,35,46–48].

Die Behandlungsziele der Frakturbehandlung mit früher Wiederherstellung der Funktion unter ungestörtem Heilungsverlauf und unter Vermeidung von Komplikationen lässt sich uneingeschränkt auf die Therapie der Humerusschaftfraktur übertragen.

Besondere Berücksichtigung in Analyse der Fraktur und der Wahl des Therapieverfahrens gilt dem N. radialis, der aufgrund seines spiralförmigen Verlaufes um den Humerusschaft und seiner Fixierung beim Durchtritt durch das Septum intermusculare durch Druck und Traktionsschäden gefährdet ist [7,8,12,50].

Behandlungskonzepte beinhalten neben der konservativen Therapie, die Plattenosteosynthese, den Fixateur externe und die Markangelung mittels aufgeböhrten, unaufgeböhrten, in antegrader oder retrograder Technik eingebrachter intramedullärer Implantate mit und ohne Verriegelungsmöglichkeit.

## Konservative Therapie

Seit Lorenz Böhler sich 1964 eindeutig gegen die operative Behandlung aussprach, dominierte mit einer Vielzahl angegebener Methoden über lange Zeit ausnahmslos die als risikoarm und kostengünstig angesehene konservative Behandlung als Therapie der Wahl von Humerusschaftfrakturen [6,34]. Durch

## Operative Therapie

Die guten Ausheilungsergebnisse von Humerusschaftfrakturen unter konservativer Therapie bedingen ein deutliches Herausstreichen der Vorteile des operativen Vorgehens mit sorgfältiger Verfahrenswahl.

Absolute Indikationen zur operativen Versorgung stellen eindeutig die offenen Frakturen Grad II–III, begleitende Gefäß-Nervenverletzungen, nicht zu reponierende Frakturen, pathologische Frakturen [28,45] und Pseudarthrosen [21].

Doppelseitige Humerusschaftfrakturen, Kettenverletzungen der oberen Extremität und auch Frakturen bei polytraumatisierten Patienten werden nicht eindeutig als operationsrelevant angesehen. Einigkeit über eine relative Operationsindikation bei übermäßig adipösen oder mageren Patienten, Patienten mit Innervationsstörungen des Oberarms oder Patienten ohne die erforderliche Fähigkeit zur therapeutischen Mitarbeit [17,23,30–33,35].

#### Plattenosteosynthese

Als Standardverfahren der operativen Versorgung galt über lange Jahre die Plattenosteosynthese mit 4,5 mm DCP oder LC-DCP und intramedulläre Verfahren wie Ender-/Hackethal Nagelung oder Rush-Pin-Versorgungen wurden in den Hintergrund gedrängt. Die Plattenosteosynthese bietet die Möglichkeit der exakten anatomischen Reposition, der stabilen Fixation mit früh-funktioneller Nachbehandlung. Nachteilig sind jedoch die mit 3-29% zugangsbedingte hohe Rate der N. radialis Schädigung, ein evt. Denuieren von Fragmenten insbesondere im osteoporotischem Knochen, ausgedehnte Zugänge mit Weichteiltraumatisierung und negativer Wirkung auf Perfusion des Knochens und damit dem erhöhten Risiko einer verzögerten Frakturheilung sowie auch eine störende Narbenbildung [3,30,25].

#### Unverriegelte Marknagelung

Die von Ender, Hackethal und Rush entwickelte unverriegelte Markraumschienung wird dem Prinzip des schonenden und limitierten Zugangs gerecht und ermöglicht die Sicherung der axialen Stellung der Schaftfraktur. Die auch in biomechanischen Studien nachgewiesene Rotationsinstabilität, die Protusionstendenz nach proximal oder distal, muss jedoch als nachteilig angesehen werden [13,15,36,42].

#### Seidel-Nagel

In den 80er Jahren wurde das für Tibia und Femur erfolgreiche Prinzip der Verriegelungsnagelung mit der Entwicklung des Seidel-Nagels [41,42] für den Humerus übernommen. Es handelt sich hierbei um einen relativ dicken, rigiden, geschlitzten Hohl Nagel von 8–9 mm Durchmesser und 14–32 cm Länge, der nur unter Aufbohrung des Markraumes antegrad in den Humerusschaft eingebracht werden kann. Proximal erfolgt die Verrie-

gelung mittels zwei gekreuzten Schrauben, distal erhöht ein Aufspreizmechanismus die Rotationsstabilität gegenüber der Bündel- oder Endernagelung, schützt jedoch nicht vor sekundären Rotationsfehlern [40]. Der antegrade Zugang kann zu Läsionen der Rotatorenmanschette und Impingementsyndrom bei Überstehen des Nagels mit entsprechender klinischer Beschwerdesymptomatik und Funktionseinschränkung des Schultergelenkes führen. Sonographische Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass eine die iatrogene Rotatorenmanschettschädigung bzw. „eine traumatische Narbe nicht ohne weiteres mit degenerativen Veränderungen oder Funktionsverlust korreliert“ [17]. Zusätzlich wurden proximale Nagelprotusion, Fissuren und Frakturen der Insertionsstelle und unbefriedigende klinische Ergebnisse von bis zu 43% beschrieben [30], so dass die Anwendung dieses Nagels in biomechanischen und klinischen Studien kontrovers diskutiert wurde [1,17,26,27,35,43–45,48].

#### Russel-Taylor-Nagel

In der Konzeption des Russel-Taylor-Nagels wurde mit der Möglichkeit der proximalen und distalen Verriegelung versucht, die Rotationsstabilität zu erhöhen (Abb. 1).

Dieser mit einem Durchmesser von 7–9 mm und einer Länge von 18–30 cm verfügbare Nagel eignet sich zur humeroglenoidalgelenkschonenden retrograden Implantation. Eine statische Verriegelung ist jedoch nicht möglich. Der voluminöse Zielbügel erhöht das Risiko der Fraktur- und Fissurbildung an der dorsalen Kortikalis des Insertionslochs bei retrograder Nagelung.

Trotz guter klinischer Ergebnisse wurden Design des Nagels und Instrumentariums als verbesserungswürdig angesehen [2,9,14,16,32].

#### Unaufgebohrter Humerusnagel

Entsprechend der Forderung nach einem den anatomischen Gegebenheiten des Humerusschaftes angepassten, antegrad und retrograd einzubringenden Implantates erfolgte in der weiteren Entwicklung die Einführung des ungebohrten Humerusnagels (UHN) (Abb. 2). Als Standarddurchmesser wird der 7,5-mm-Nagel empfohlen, Nageldurchmesser von 6,7 mm und 9,5 mm bleiben für

zierliche und osteoporotischen Knochen oder pathologischen Frakturen vorbehalten.

Im Gegensatz zum Seidel- und Russel-Taylor-Nagel kann dieser Nagel statisch verriegelt werden.

Zur Erhöhung der Rotationsinstabilität und Schluss des Frakturspaltes in der Versorgung der reinen Querfraktur kommt ein zusätzliches Kompressionsgerät zum Einsatz. In diesem Fall wird zunächst das dynamische distale und dann beide proximale Löcher verriegelt und nach abschließender Kompression erfolgt die Besetzung des distalen statischen Loches. Spiral- oder Trümmerfrakturen werden ohne Kompression mit Verbindungsschraube zwischen Bügel und Nagel versorgt, hier werden initial beide distalen Löcher verriegelt und nach Frakturposition erfolgt die proximale Verriegelung in Freihandtechnik unter Bildwandlerkontrolle. Als Standardverriegelung gilt die beidseits doppelte Verriegelung, proximale Schaftfrakturen werden proximal 3fach verriegelt. Die Verwendung einer Verschlusskappe zum Schutz des Nagels vor Gewebewucherungen ermöglicht eine nachträgliche Nagelverlängerung. Der retrograde Zugang in Bauchlagerung ohne Eröffnung des Ellenbogengelenkes eignet sich für Frakturen bis etwa 5 cm distal der Fossa olecrani sowie proximale Schaftfrakturen.

In einer prospektiven multizentrischen Studie wurden 102 UHN-Implantationen durchgeführt und 75 Patienten prospektiv untersucht. Die Rate an intra- und frühen postoperativen Problemen wurde mit einem Prozentsatz von 0,9 bis 5,8% beschrieben, wobei die Verriegelung an der proximalen Nagelspitze das Hauptproblem zu sein schien, gefolgt von Fissuren oder Randausbrüchen an der Insertionsstelle und Schwierigkeiten bei der Nagelinsertion. In 4% der Fälle kam es zu einer iatrogenen Radialisschädigung, 89,3% der Frakturen heilten innerhalb von 3 Monaten, in 6,7% wurde ein Zweiteingriff notwendig. Die Schulterfunktion wurde in 89,4% als exzellent und 9,3% als befriedigend (unter 10° und 10–30° Verlust des Bewegungsausmaßes in jeder Bewegungsrichtung) bewertet, die Ellenbogenfunktion in 88% als exzellent und 9,3% als befriedigend eingestuft, so dass der Chirurg das Gesamtergebnis zu 88% als exzellent einstufte und 94,7% der Patienten mit dem Ergebnis sehr zufrieden waren [3].



**Abb.1** Versorgung einer Humerusschaftfraktur mittels Russel-Taylor-Nagel.

Die Ergebnisse klinischer Studien mit der Schlussfolgerung, dass der statische Verriegelungsnagel den Systemen der nicht verriegelten intramedullären Implantate überlegen sei [3,4,31,32], wurden in einer biomechanischen Studie bestätigt.

Blum et al [4] zeigten in einem Vergleich zwischen dem Russel-Taylor und UHN, dass der UHN aufgrund seiner geringeren Biegesteifigkeit dem Russel-Taylor-Nagel in der Kapazität den nach intramedulläre Fixierung auftretenden Torsionskräften Widerstand zu leisten, signifikant übertrifft.

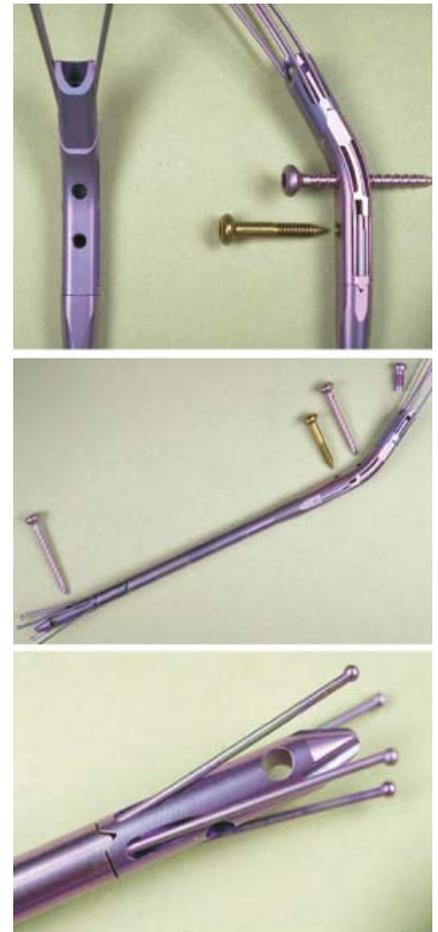


**Abb.2** Versorgung einer Humerusschaftfraktur mittels UHN.

#### flex-nail

Dieses in der klinischen Erprobung befindliche Implantat wurde mit dem Ziel entwickelt, die heilungsfördernde Wirkung der flexiblen Fixation zu nutzen, die Probleme der antegraden und retrograden Implantation zu minimieren, sowie die Indikationsstellung für die Marknagelung des Humerus zu erweitern.

Die Flexibilität dieses Nagels wird durch seine Konstruktion, bestehend aus jeweils 1,5 cm langen über 4 Führungsdrähte ineinandergesetzte Einzellemente, erreicht (**Abb. 3**).



**Abb.3** Design des flex-nail.

Die Implantation kann von antegrad und retrograd durchgeführt werden, es besteht die Möglichkeit zur proximalen und distalen Verriegelung (**Abb. 4 u.5**). Die Problematik des Risikos von Randausbrüchen an der Insertionsstelle und iatrogenen Frakturen durch erschwerte Nagelinsertion wird durch das Aufbohren der Markhöhle mittels flexibler Bohrwellen deutlich reduziert. Ein spezielles Einführungsinstrumentarium ermöglicht das problemlose Vortreiben des Nagels (**Abb. 6**). Nach sorgfältiger Frakturpositionierung, wird der Nagel durch Einbringen einer Versteifungsschraube versteift und proximal verriegelt. Die durch den Nagel laufenden, Ausklinkdrähte werden mittels eines Pistolengriffs in den Humeruskopf vorgeschoben und dienen der zusätzlichen Verriegelung. Danach erfolgt die distale Verriegelung und der Verschluss des Nagels mit einer Endkappe (**Abb. 7**).



Abb. 4 Antegrade Zugangsweise.



Abb. 5 Antegrade Zugangsweise.



Abb. 6 Einführung bei retrograder Zugangsweise des flex-nail.



Abb. 7 Versorgung einer Humerusschaftfraktur mittels flex-nail. (a) Unfallbild. (b) postoperatives und Ausheilungsbild.

**Diskussion**

Humerusschaftfrakturen sind immer noch eine Domäne der konservativen Frakturbehandlung, dennoch hat die operative Behandlung durch die Entwicklung neuer Implantate kontinuierlich an Bedeutung gewonnen.

Im Gegensatz zur offenen Reposition und folgender Plattenosteosynthese bieten die intramedullären Kraftträger den Vorteil der minimalen Invasivität mit geringem Weichteiltrauma, die Reduktion iatrogenen Schädigung des N. radialis und eine geringere Pseudarthroseentwicklung. Als Nachteile der Marknagelung des Humerus gelten die verminderte Ro-

tationsinstabilität, die Gefahr der iatrogenen Frakturstehung, die risikoträchtige Verriegelung mit Gefahr der Nervenläsion und die Beeinträchtigung der Gelenkfunktion durch Nagelprotusion [10,11,19,20]. In der klinischen Auswertung sind die funktionellen Ergebnisse mit denen der Plattenosteosynthese vergleichbar gleichwertig und überlegen [18,39]. Im Vergleich der verschiedenen verfügbaren Nagelsysteme wird deutlich, dass Problematik bei der Implantation im Vordergrund steht, die Ergebnisse nach Humerusmarknagelung implantatspezifisch zu bewerten sind und nicht zu einer generellen Ablehnung dieses Vorgehens verleiten sollten.

In der Entwicklung der Marknagelung des Humerus zeichnet sich die Tendenz ab, ein Implantat zu finden, welches sowohl von antegrad und retrograd einzubringen ist, als auch verschiedene Verriegelungsmöglichkeiten besitzt. Der von uns angewendete, in der klinischen Erprobung befindliche flex nail wird zumindest technisch diesen Anforderungen gerecht.

**Schlußfolgerung**

Die operative Behandlung der Humerusschaftfraktur hat durch die Entwicklung neuer Implantate wieder an Bedeutung gewonnen. Dennoch ist die konservative Behandlung als Therapie der Wahl anzusehen.

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.

## Literatur

- <sup>1</sup> Bain GI, Sandow MJ, Howie DW. Treatment of humeral shaft fractures with the Seidel intramedullary nail. *Aust N Z J Surg* 1996; 66 (3): 156–158
- <sup>2</sup> Barnes CE, Shuler TE. Complications associated with the Seidel nail. *Orthop Rev* 1993; 22 (6): 699–706
- <sup>3</sup> Blum J, Rommens PM, Janzing H, Langendorff HS. Retrograde Nagelung von Humerusschaftfrakturen mit dem UHN. Eine multizentrische Studie. *Unfallchirurg* 1998; 101: 342–352
- <sup>4</sup> Blum J, Macheimer H, Baumgart F, Schlegel U, Wahl D, Rommens PM. Biomechanical comparison of bending and torsional properties in retrograde intramedullary nailing of humeral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2000; 13 (5): 344–350
- <sup>5</sup> Bell MJ, Beauchamp GC, Kellam JK, et al. The results of plating of humeral shaft fractures in patients with multiple injuries. The Sunnysbrook Experience. *J Bone and Joint Surg (Br)* 1985; 67: 293
- <sup>6</sup> Böhler L. Gegen die operative Behandlung von frischen Oberarmschaftbrüchen. *Langenbecks Arch Chir* 1964; 3: 465–475
- <sup>7</sup> Bono CM, Grossmann MG, Hochwald N, Torretta 3rd P. Radial and axillary nerves. Anatomic considerations for humeral fixation. *Clin Orthop* 2000; 373: 259–264
- <sup>8</sup> Chesser TJ, Leslie IJ. Radial nerve entrapment by the lateral intermuscular septum. *J Orthop Trauma* 2000; 14 (1): 65–66.
- <sup>9</sup> Crates J, Paige Whittle A. Antegrade interlocking nailing of acute humeral shaft fractures. *Clin Orthop* 1998; 350: 40–50
- <sup>10</sup> Farragos AF, Schemitsch EH, McKee MD. Complications of intramedullary nailing for fractures of the shaft: a review. *J Orthop Trauma* 1999; 13 (4): 258–67
- <sup>11</sup> Flinkkila T, Hyvonen P, Lakovaara M, Linden T, Ristinieni J.
- <sup>12</sup> Guse TR, Ostrum RF. The surgical anatomy of the radial nerve around the humerus. *Clin Orthop* 1995; 320: 149–153
- <sup>13</sup> Hackethal KH. Die Bündelnagelung. Springer, Göttingen, Heidelberg
- <sup>14</sup> Hems TE, Bhullar TPS. Interlocking nailing of humeral shaft fractures: the Oxford experience 1991 to 1994. *Injury* 1996; 27 (7): 485–489
- <sup>15</sup> Henley MB, Monroe M, Tencer AF. Biomechanical comparison of methods of fixation of a midshaft osteotomy of the humerus. *J Orthop Trauma* 1992; 6: 18–24
- <sup>16</sup> Ikpeme JO. Intramedullary interlocking nailing for humeral shaft fractures: experiences with the Russell-Taylor humeral nail. *Injury* 1994; 25: 447–445
- <sup>17</sup> Kelsch G, Deffner P, Ulrich C. Die Humerusverriegelungsmarknagelung nach Seidel. Klinische Ergebnisse nach 100 Anwendungen. *Unfallchirurg* 1997; 100: 111–118.
- <sup>18</sup> Klestil Th, Rangger Ch, Kathrein A, Brenner E, Beck E. Konservative und operative Therapie traumatischer Oberarmschaftbrüche. *Chirurg* 1997; 68: 1132–1136.
- <sup>19</sup> Lin J, Inoue N, Valdevit A, Hang YS, Hou SM, Chao EYS. Biomechanical comparison of antegrade and retrograde nailing of humeral shaft fracture. *Clin Orthop* 1998; 351: 203–213
- <sup>20</sup> Lin J, Hou SM. Antegrade locked nailing for humeral shaft fractures. *Clin Orthop* 1999; 365: 201–210
- <sup>21</sup> Lin F, Hou SM, Hang YS. Treatment of humeral shaft delayed unions and nonunions humeral locked nails. *J Trauma* 2000; 48 (4): 695–703
- <sup>22</sup> Mast JW, Spiegel PG, Harvey JP. Fractures of the humeral shaft. A retrospective study of 240 adult fractures. *Clin Orthop* 1975; 112: 254–262
- <sup>23</sup> Marty B, Kach K, Friedl HP, Trentz O. Die Marknagelung der Humerusschaftfraktur. *Unfallchirurg* 1994; 97: 424–429
- <sup>24</sup> Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H. *Manual der Osteosynthese. AO-Technik*, Springer, Berlin, Heidelberg, New York
- <sup>25</sup> Nast-Kolb D. Die Behandlung der Oberarmschaftbruch. Ergebnisse einer prospektiven AO-Sammelstudie. *Unfallchirurg* 1991; 94 (7): 447–452
- <sup>26</sup> Nast-Kolb D, Knoefel WT, Schweiberer L. Die Behandlung der Oberarmschaftfraktur. *Unfallchirurg* 1994; 99: 447–454
- <sup>27</sup> Riemer BL, Butterfield SL, D'Ambrosia R, Kellam J. Seidel intramedullary nailing of humeral diaphyseal fractures: a preliminary report. *Orthopedics* 1991; 14: 239–246
- <sup>28</sup> Redmond BJ, Biermann JS, Blasier RB. Interlocking intramedullary nailing of pathological fractures of the shaft of the humerus. *J Bone and Joint Surg (Am)* 1996; 76 (6): 891–896
- <sup>29</sup> Robinson CM, Bell KM, Court-Brown CM, McQueen MM. Locked nailing of humeral shaft fractures: experience in Edinburgh over a two year period. *J Bone and Joint Surg (Br)* 1992; 74: 558–562.
- <sup>30</sup> Rommens PM, Vansteenkiste F, Stappaerts KH, Broos PL. Indikationen, Gefahren und Ergebnisse der operativen Behandlung von Oberarmfrakturen. *Unfallchirurg* 1989; 92: 565–570.
- <sup>31</sup> Rommens PM, Verbruggen J, Broos PL. Retrograde locked nailing of humeral shaft fractures. A review of 39 patients. *J Bone and Joint Surg (Br)* 1995; 77: 84–89
- <sup>32</sup> Rommens PM, Verbruggen J, Broos PL. Retrograde Verriegelungsnagelung der Humerusschaftfraktur. *Unfallchirurg* 1995; 98: 133–138
- <sup>33</sup> Rommens PM, Blum J, Runkel M. Retrograde nailing of humeral shaft fractures. *Clin Orthop* 1998; 350: 26–39
- <sup>34</sup> Rüedi T, Moshfegh A, Pfeffer KM, Allgöwer M. Fresh fractures of the shaft of the humerus-conservative or operative treatment ? *Recontr Surg Traumatol* 1974; 14: 65–74
- <sup>35</sup> Ruf W, Pauly E. Zur Problematik der Humerusverriegelungsnagelung. *Unfallchirurg* 1993; 96: 323–328
- <sup>36</sup> Rush LV, Rush HL. Intramedullary fixation of fractures of the humerus by the longitudinal pin. *Surgery* 1950; 27: 268
- <sup>37</sup> Sarmiento A, Kinman PB, Galvin EG, Schmitt R, Phillips J. Functional bracing of fractures of the shaft of the humerus. *J Bone and Joint Surg (Am)* 1977; 59: 596–601
- <sup>38</sup> Schratz W, Wörsdörfer O, Klöckner C, Götze C. Behandlung der Oberarmschaftfraktur mit intramedullären Verfahren (Seidel-Nagel, Marchetti-Vicenzi-Nagel, Prevot-Pins). *Unfallchirurg* 1998; 101: 12–17.
- <sup>39</sup> Schwarz NE, Posch E. Seidel interlocking nailing for healing problems in humeral shaft fractures. *Injury* 1995; 26: 13–15
- <sup>40</sup> Seidel H. Verriegelungsnagelung des Humerus. *Operat Orthop Traumatol* 1991; 3: 158–168.
- <sup>41</sup> Seidel H. Humeral locking nail: a preliminary report. *Orthopedics* 1989; 12: 219–226
- <sup>42</sup> Shazar N, Brumback RJ, Vanco B. Treatment of humeral fractures by closed reduction and retrograde intramedullary Ender nails. *Orthopedics* 1998; 21 (6): 641–646
- <sup>43</sup> Svend-Hansen H, Skettrup M, Rathcke MW. Complications using the Seidel intramedullary humeral nail: outcome of 31 patients. *Acta Orthop Belg* 1998; 64 (3): 291–295.
- <sup>44</sup> Thomsen NOB, Mikkelsen JB, Svendsen RN, Skovgaard N, Jensen CH, Jørgensen U. Interlocking nailing of humeral shaft fractures. *J Orthop Sci* 1998; 3: 199–203
- <sup>45</sup> Tomé JL, Carsi B, Fernandez CG, Marco F, López-Duran Stern L. Treatment of pathologic fractures of the humerus with Seidel nailing. *Clin Orthop* 1998; 350: 51–55
- <sup>46</sup> Tscherne H. Primäre Behandlung der Oberarmschaftfrakturen. *Langenbecks Arch Chir* 1972; 332: 379–388
- <sup>47</sup> Tytherleigh-Strong G, Walls N, McQueen MM. The epidemiology of humeral shaft fractures. *J Bone and Joint Surg* 1998; 80 (2): 249–253
- <sup>48</sup> Varley GW. The Seidel locking humeral nail: the Nottingham experience. *Injury* 1995; 26: 155–157
- <sup>49</sup> Wallny T, Westermann K, Sagebiel C, Reimer M, Wagner UA. Functional treatment of humeral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 1997; 11: 283–287
- <sup>50</sup> Yang KH, Han DY, Kim HJ. Intramedullary entrapment of the radial nerve associated humeral shaft fracture. *J Orthop Trauma* 1997; 11 (3): 224–226

**Prof. Dr. med. N. Südkamp**  
 Stellvert. Direktor der Klinik  
**V. Schönfelder**  
 Assistenzärztin  
**M. J. Kääh**  
 Assistenzarzt  
**N. P. Haas**  
 Direktor der Klinik

Universitätsklinikum Charité  
 Campus Virchow-Klinikum  
 Abteilung für Unfall- und  
 Wiederherstellungschirurgie  
 Augustenburger Platz 1  
 13353 Berlin