

R. Orler¹ · O. Hersche¹ · D. L. Helfet² · K. A. Mayo³ · T. Ward⁴ · R. Ganz¹

¹ Klinik für Orthopädische Chirurgie, Universität Bern, Inselspital, Bern

² Hospital for Special Surgery, Cornell University Medical College, New York, N. Y.

³ Hutzel Hospital, Wayne State University, Warren, MI

⁴ Departement of Orthopaedic Surgery, University of Pittsburgh, Pittsburgh, Pennsylvania

Die avaskuläre Hüftkopfnekrose als schwerwiegende Komplikation nach Femurmarknagelung bei Kindern und Jugendlichen

Zusammenfassung

Die Marknagelung von Femurfrakturen vor Abschluß des Wachstums führt in 3–4 % zu Hüftkopfnekrosen. Zu den genauer beschriebenen 14 Fällen der Literatur fügen wir 3 hinzu. Die Analyse der Nekrosen ergibt als gemeinsamen pathogenetischen Faktor das anterograde Aufbohren, um Nägel zu implantieren, die für Erwachsene entwickelt wurden. Kritisch ist dabei offensichtlich das Verhältnis zwischen der Dimension des Nageleintritts und der Schenkelhalsbasis mit ihrer Nähe zu den Hüftkopfgefäßen und dem Nageldurchmesser. Wie wichtig die offene Epiphysenfuge des Kopfes ist, bleibt unklar. Wegen der Schwere der Komplikation ist trotz ihrer relativen Seltenheit von der anterograden Femurmarknagelung mit klassischem Eintrittspunkt bei Kindern und Jugendlichen grundsätzlich abzuraten. Erstrebenswert ist ein neues Marknagel-design; soll neben der Hüftkopfnekrose auch die Entstehung einer Coxa valga vermieden werden, ist dabei die Nageleintrittsstelle dorsolateral unterhalb der Trochanterophyse zu wählen.

Schlüsselwörter

Femur · Marknagel · Hüftkopfnekrose · Kinder und Jugendliche

Eine avaskuläre Nekrose (AVN) des Hüftkopfes hat beim heranwachsenden Patienten besonders gravierende Konsequenzen. Sie dürfte trotz gelenkerhaltender Eingriffe häufig zur Arthrodeese oder dem künstlichen Gelenkersatz mit dessen Folgeproblemen einer beschränkten Verweildauer führen. Neben erkrankungsbedingten (M. Perthes, Epiphyseolysis capitis femoris), traumatischen (Schenkelhalsfraktur, Hüftluxation) und medikamentös induzierten Hüftkopfnekrosen (Steroide, Zytostatika) ist bei Kindern und Jugendlichen die AVN nach Marknagelung eine zwar seltene aber ernstzunehmende, weil iatrogene Komplikation. In der Literatur sind bisher 14 derartige Fälle beschrieben [1, 2, 7, 16, 17, 19–21, 27, 29, 30, 32], 9 davon in den letzten 3 Jahren.

In der deutschsprachigen Literatur sind unseres Wissens seit 1976 [16] keine Angaben mehr über Femurkopfnekrosen nach Marknagelung bei Heranwachsenden zu finden, andererseits steigt generell die Bereitschaft Femurfrakturen in dieser Altersgruppe zu nageln. Wir berichten deshalb über 3 weitere Fälle und diskutieren die Pathogenese dieser Komplikation.

Kasuistik

Fall 1. 15 Jahre, männlich: Femurschaftquerfraktur beim Fußballspielen. Nach initialer Extensionsbehandlung antero-

grade Insertion eines 12 mm dicken, unverriegelten Marknagels nach Aufbohren; 9 Monate nach Operation erstmals Hüftschmerzen, nach weiteren 3 Monaten Nagelentfernung. Zu diesem Zeitpunkt radiologisch Zeichen einer Femurkopfnekrose im Stadium II nach Ficat [8] über die anterolateralen $\frac{2}{3}$ des Hüftkopfes; 18 Monate nach dem Trauma varisierende und extendierende intertrochantäre Osteotomie nachdem die Nekrose inzwischen das Stadium III erreicht hatte.

3 Jahre nach diesem Eingriff arbeitet der inzwischen 20-jährige Mann als Mechaniker und berichtet vorerst nur über gelegentliche, wetterabhängige Schmerzen. Radiologisch ist die Nekrosezone weiterhin gut sichtbar, die Kopfkontur ist abgeflacht, der Gelenkspalt noch weit.

Fall 2. 14 Jahre, männlich: 1. gradig offene Femurschaftschrägfraktur bei Motorschlittenunfall (Abb. 1). Notfallmäßige Stabilisierung der Fraktur mit einem anterograden, statisch verriegelten Marknagel nach Aufbohren. Die genaue Dicke des MN ist nicht bekannt, entsprechend dem Röntgenbild dürfte sie 12 mm betragen; 8 Monate später erstmalig Hüftschmerzen. Radiologisch wurde eine den gesamten tragenden Anteil des

Dr. R. Orler
Klinik für Orthopädische Chirurgie,
Universität Bern, Inselspital, CH-3010 Bern

R. Orler · O. Hersche · D. L. Helfet ·
K. A. Mayo · T. Ward · R. Ganz

Avascular necrosis of the femoral head as a serious complication following femoral nailing in children and adolescents

Summary

Nailing of femoral fractures before closure of the growth plates may lead to avascular necrosis of the femoral head in 3–4% of cases. In addition to the 14 cases described in the literature we present 3 more. Analysis of these cases reveals a common pathogenesis. The nails were all inserted antero-grad and were designed for the adult femur. The problem appears to be related to the large diameter of the nail and its entry point in the relatively small femoral neck basis, close to the vessels supplying the femoral head. The role of the open physis remains unclear. Even though the complication of femoral head necrosis is rare, it is a severe complication. Therefore we do not recommend antero-grad femoral nailing, using the classic entry point, in children or adolescents. We believe that there is a need for a new design of femoral nail. If both femoral head necrosis and coxa valga are to be avoided, we suggest that the entry point of the nail should be dorsolateral, below the trochanteric physis.

Key words

Femur · Nail · Necrosis of the femoral head · Children and adolescents

Kasuistik



Abb. 1 ◀ Fall 2: Nekrose des gesamten tragenden Anteils des Hüftkopfes im Stadium III nach Ficat, 8 Monate nach aufgebogener Marknagelung

Hüftkopfes umfassende Nekrose im Stadium III nachgewiesen.

2 Jahre nach dem Unfall erfolgte zusammen mit der Marknagelentfernung eine valgusierende und extendierende intertrochantäre Osteotomie, da die ventrale Kopfkontur besser erhalten war. Das Ergebnis der Osteotomie bleibt abzuwarten.

Fall 3. 12 Jahre, männlich: Femurschaftquerfraktur bei Skischanzensprung. Nach konservativer Behandlung Refraktur 3 Monate später. Diese wurde nach Aufbohren der Markhöhle mit einem antero-grad eingeführten, dynamisch verriegelten 12 mm Marknagel versorgt. Bereits 2½ Monate später traten Hüftschmerzen mit eingeschränkter Abduktion und Innenrotation auf, radiologisch zeigte sich eine Hüftkopfnekrose im Stadium III. Geplant ist eine intertrochantäre Osteotomie, um den kollabierten Kopfanteil aus der Belastungszone zu drehen.

Bei keinem der 3 Patienten lagen Risikofaktoren für eine andere Pathogenese der Hüftkopfnekrose vor. Das Zeitintervall nach Marknagelung bei Fall 3 ist kurz. Die Analyse aller Röntgenbilder nach dem Unfall schließt jedoch mit einer normalen Hüftgelenk-konfiguration und einem akutenkündig schmerzfreien Gelenk unmittelbar

nach dem Unfall die Möglichkeit einer zusätzlich erlittenen Hüftluxation als Ursache nahezu sicher aus.

Diskussion

Die Extensions- und/oder Gipsbehandlung gilt als akzeptierter Standard für die Behandlung von Femurfrakturen bei jüngeren Kindern [11–13, 24, 25]. Ab 10 Jahren wird zunehmend die Marknagelung vorgezogen, unter anderem um definitive Achsenfehlstellungen zu vermeiden [2, 4, 9, 14, 18, 35]. Mit 25–50% ist die Valgisierung des Schenkelhalses durch Schädigung der Trochanterapophyse eine relativ häufige Folge der Nagelung [9, 16, 22], doch wird die klinische Relevanz als gering erachtet [4].

Während bei Erwachsenen bei einer Vielzahl genagelter Femurfrakturen lediglich 2 Fälle mit Femurkopfnekrose beschrieben sind [15, 23], wird die Nekroserate bei Kindern mit wesentlich geringeren Fallzahlen mit 3,1–3,8% angegeben [2, 7, 16, 27]. Die ersten Symptome in Form von Hüftschmerzen traten mehrheitlich bis 15 Monate nach der Nagelung auf. Die radiologische Diagnosestellung war z.T. wesentlich verzögert, was mit der anfänglich geringen und oft wenig spezifischen Symptomatik zusammenhängen dürfte. Die verzögerte Diagnosestellung zeigt aber

Tabelle 1

Die 17 beschriebenen Fälle der avaskulären Hüftkopfnekrose

Autoren	Alter bei Trauma [Jahre]	Trauma	Implantat (Nageleintritt)	Erste Symptome	Ficat-Stadium
Junge 1951 [17]	8	k. A.	k. A.	Keine 5 Jahre	III
	8	k. A.	k. A.	eingeschränkte Innenrotation 2 Jahre	III
v. d. Oelsnitz 1972 [32]	k. A.	k. A.	Küntscher-Nagel (k. A.)	Hüftschmerz 8 Jahre	IV
Herzog et al. 1976 [16]	k. A.	k. A.	Küntscher-Nagel Markraum aufgebohrt (k. A.)	k. A. 9 Jahre	III
Ekelund und Gretzer 1989 [7]	15	k. A.	k. A.	Hüftschmerz 6 Jahre	IV
Beaty et al. 1994 [2]	11.5	Verkehrsunfall Monotrauma	12 mm; Markraum aufgebohrt (Fossa piriformis)	Keine Schmerzen 15 Monate	III
Mileski et al. 1994 [19]	14	Verkehrsunfall; Mehrfachtrauma	11 mm; Markraum aufgebohrt auf 12,5 mm (k. A.)	Hüftschmerz 12 Monate	III
Mileski et al. 1995 [20]	12	Intramedulläre Verkürzungs- osteotomie	14 mm; Markraum aufgebohrt (Fossa piriformis)	Hüftschmerz 11 Monate	III
Thometz und Lamdan 1995 [30]	12.3	Verkehrsunfall Monotrauma	Küntscher-Nagel Markraum aufgebohrt (Fossa piriformis)	Hüftschmerz 9 Monate	III
Astion et al. 1995 [1]	13	Verkehrsunfall; Mehrfachtrauma	Markraum aufgebohrt (k. A.)	Hüftschmerz 15 Monate	III
O'Malley et al. 1995 [21]	13	Monotrauma	11 mm; Markraum aufgebohrt auf 13 mm (Fossa piriformis)	Eingeschränkte Innenrotation 2 Jahre	II
Teanby et al. 1995 [29]	13	Sturz Monotrauma	12 mm; Markraum aufgebohrt (Fossa piriformis)	Hüftschmerz 7 Monate	II
Skak et al. 1996 [27]	15	k. A.	Markraum aufgebohrt (k. A.)	k. A. 15 Jahre	IV
	15	k. A.	Markraum aufgebohrt (k. A.)	k. A. 15 Jahre	IV
Orler et al.	15	Fußball Monotrauma	Markraum aufgebohrt auf 12 mm (Fossa piriformis)	Hüftschmerz 9 Monate	III
	14	Motorschlitten Monotrauma	Markraum aufgebohrt (Fossa piriformis)	Hüftschmerz 8 Monate	III
	12	Skifahren Monotrauma	12 mm; Markraum aufgebohrt auf 12,5 mm (Fossa piriformis)	Hüftschmerz 2 ¹ / ₂ Monate	III

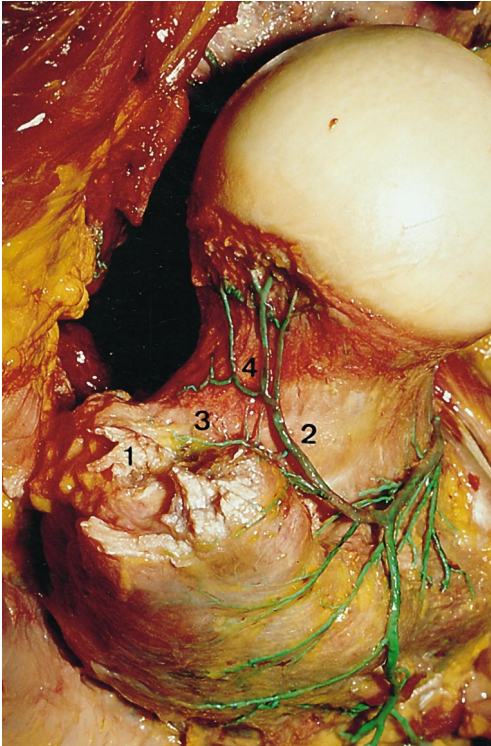


Abb. 2 ◀ Leichenpräparat eines Erwachsenen nach Neopren-Latex-Füllung der Gefäße. Aufsicht auf den dorsokraniellen Schenkelhals nach Hüftkopfluxation. Die Sehne des M. gluteus medius ist von der Trochanterspitze (1) abgelöst. Der R. profundus (2) verläuft unmittelbar dorsokranial der Nageleintrittsstelle in der Fossa piriformis (3), bevor er sich wie in dieser Präparation in 3 Endäste (4) aufzweigt

auch, daß kurze Nachkontrollzeiten (16–32 Monate bei [2, 9, 14, 18]) nicht genügen, um alle Nekrosefälle zu erfassen.

Von den jetzt bekannten 17 Femurfrakturen mit Nekrose wurden 13 mit anterograder Marknagelung nach Aufbohren bis 13 mm stabilisiert (Tabelle 1). Für die restlichen 4 Fälle fehlen diesbezügliche Angaben. Bei Verwendung von dünneren, anterograden Markträgern ohne Aufbohren sind demgegenüber in der Literatur keine Kopfnekrosen beschrieben [9, 22, 27].

Das Alter der 17 Patienten anlässlich der Marknagelung lag zwischen 8 und 15 Jahren. In der Literatur mit größeren Fallzahlen bestand keine geschlechtsspezifische Häufigkeit. Die erhöhte Anzahl der Kopfnekrosefälle bei Knaben entspricht recht genau dem Verhältnis der erlittenen Femurfrakturen [2, 17, 35].

Als Hauptursache der AVN wird die Verletzung der Endäste der A. circumflexa femoris medialis (ACFM) an der dorsokraniellen Schenkelhalsbasis anlässlich der Nagelinsertion angeschuldigt [1, 4, 16, 19, 21, 30]. Bei älteren Kindern ist der R. profundus der ACFM wie beim Erwachsenen die Hauptquelle für die arterielle Blutversorgung des Hüftkopfes [5, 10, 26, 31]. Er perforiert die Gelenkkapsel direkt unterhalb der Sehne des M. piriformis und zweigt

sich in 2–6 Endäste auf, die dorsokranial, subsynovial dem Schenkelhals entlang verlaufen (Abb. 2).

Beim Erwachsenen beträgt der Abstand zwischen dem kapsulären Gefäßdurchtritt und der Sohle der Fossa trochanterica, d. h. der hinteren Schenkelhalsbegrenzung 15 mm [10], bei 12-jährigen Kindern 9–11 mm [22]. Offensichtlich sind die relativen Dimensionen von kindlicher Schenkelhalsbasis und Durchmesser eines aufgebohrten Erwachsenenagels kritisch für eine Schädigung der Hüftkopfäste der ACFM. Diese räumliche Enge beim Kind ist die wichtigste Grundvoraussetzung, pathogenetisch entscheidend ist dann das Eröffnen bzw. Aufweiten des Knochens in der Fossa piriformis zur Marknagelimplantation. Inwieweit die offene Wachstumsfuge und die dadurch fehlenden intraossären Anastomosen das Risiko zusätzlich erhöhen, läßt sich nicht gut ermesen. Beim Erwachsenen haben die intraossären Anastomosen eine gewisse Bedeutung für die Durchblutung des zentralen Hüftkopfbereichs, die Kompensation der ausgefallenen Endäste der ACFM für die Versorgung der kranialen Hüftkopfhälfte ist jedoch nach den Untersuchungen von Sevitt und Thompson [26] nicht gesichert.

Ähnliche Bedingungen beim Erwachsenen bestehen bei Nagelung einer ipsilateralen Femurschaft- und Schenkelhalsfraktur. Die entsprechende Literatur [3, 6, 28, 34] mit mehrheitlich kurzer Beobachtungszeit läßt zwar auf eine ca. 5% Kopfnekrose rate schließen, allerdings sind auch hier die Beobachtungszeiten kurz; außerdem läßt sich eine Nekroseentstehung auch mit der Schenkelhalsfraktur allein erklären.

Als hypothetische Ursache werden außerdem okkulte Hüftluxationen bzw. nicht entdeckte Schenkelhalsfrakturen diskutiert [1, 29]. Auch bei unserem Fall 3 mit sehr frühem Nekrosenachweis läßt sich diese Möglichkeit nicht beweisend ausschließen, wenn sie auch sehr unwahrscheinlich ist.

Die Analyse der eigenen und der in der Literatur beschriebenen Fälle führt zur Schlußfolgerung, daß eine Femurmarknagelung vor Wachstumsabschluß nicht anterograd mit vorherigem Aufbohren durchgeführt werden sollte. Für die anterograde Implantation eines Marknagels ohne Aufbohren fehlen zwar noch entsprechende Daten, es ist aber ein vergleichbares Risiko zu befürchten. Wenn nach dem Vorschlag von Weber [33] ein Tibianagel mit Eintrittsstelle dorsolateral der Trochanterapophyse verwendet wurde, sind Hüftkopfnekrose und auch Coxa-valga-Fehlstellung nicht bekannt. Retrograd eingebrachte Nägel bzw. Markdrähte ebenso Plattenosteosynthesen des wachsenden Femur führen offensichtlich nicht zu den beschriebenen proximalen Komplikationen.

Angesichts der Attraktivität einer anterograd durchführbaren stabilen Marknagelosteosynthese des wachsenden Femur, wäre eine technische Neuentwicklung begrüßenswert, welche die beschriebenen Komplikationen vermeidet.

Literatur

1. Astion DJ, Wilber JH, Scoles PV (1995) **Avascular necrosis of the capital femoral epiphysis after intramedullary nailing for a fracture of the femoral shaft.** J Bone Joint Surg [Am] 77: 1092–1094
2. Beaty JH, Austin SM, Warner WC, Canale TS, Nichols L (1994) **Interlocking intramedullary nailing of femoral-shaft fractures in adolescents: Preliminary results and complications.** J Pediatr Orthop 14: 178–183

3. Benett FS, Zinar DM, Kilgus DJ (1993) **Ipsilateral hip and femoral shaft fractures.** Clin Orthop 296: 168–177
4. Buckley SL (1997) **Current trends in the treatment of femoral shaft fractures in children and adolescents.** Clin Orthop 338: 60–73
5. Chung MK (1976) **The arterial supply of the developing proximal end of the human femur.** J Bone Joint Surg [Am] 58: 961–970
6. Eiskjaer S, Schmidt SA, Søjberg JO, Møller-Larsen F (1989) **Alternatives in the treatment of ipsilateral fractures of the hip and femur.** Orthopedics 12: 397–400
7. Ekelund A, Gretzer H (1989) **Intramedullary nailing of femoral fractures in children.** Acta Orthop Scand 60 [Suppl]: 231
8. Ficat P (1980) **Vasculäre Besonderheiten der Osteonekrose.** Orthopäde 9: 238–244
9. Galpin RD, Willis BR, Sabano N (1994) **Intramedullary nailing of pediatric fractures.** J Pediatr Orthop 14: 184–189
10. Ganz K, Krügel N (1997) **Die Arterie circumflexa femoris medialis: Topographischer Verlauf und Anastomosen.** Inauguraldissertation, Universität Bern
11. Griffin PP (1997) **Fractures of the femoral diaphysis in children.** Clin Orthop 338: 5–8
12. Guttmann GG, Simon R (1988) **Three-point fixation walking spica cast: an alternative to early or immediate casting of femoral shaft fractures in children.** J Pediatr Orthop 8: 699–703
13. Hardy AE (1983) **The treatment of femoral fractures by cast-brace application and early ambulation.** J Bone Joint Surg [Am] 65: 56–65
14. Herndon WA, Mahnken RF, Yngve DA, Sullivan ST (1989) **Management of femoral shaft fractures in the adolescent.** J Pediatr Orthop 9: 29–32
15. Hernigou P, Karray M, Nouisri L (1995) **Ostéonécrose de la tête fémorale après enclouage de la diaphyse fémorale chez l'adulte.** Rev Chir Orthop 81: 622–625
16. Herzog B, Affolter P, Jani L (1976) **Spätfunde nach Marknagelung kindlicher Femurfrakturen.** Z Kinderchir 19: 74–80
17. Junge H (1951) **Spätfunde bei Marknagelung am wachsenden Knochen.** Monatsschr Unfallheilkd 40: 51–59
18. Kirby RM, Winquist RA, Hansen ST (1981) **Femoral shaft fractures in adolescents: A comparison between traction plus cast treatment and closed intramedullary nailing.** J Pediatr Orthop 1: 193–197
19. Mileski RA, Garvin KL, Grosby LA (1994) **Avascular necrosis of the femoral head in an adolescent following intramedullary nailing of the femur.** J Bone Joint Surg [Am] 76: 1706–1708
20. Mileski RA, Garvin KL, Huermann WW (1995) **Avascular necrosis of the femoral head after closed intramedullary shortening in an adolescent.** J Pediatr Orthop 15: 24–26
21. O'Malley DE, Mazur JM, Cummings RJ (1995) **Femoral head avascular necrosis associated with intramedullary nailing in an adolescent.** J Pediatr Orthop 15: 21–23
22. Raney EM, Ogden JA, Grogan DP (1993) **Premature greater trochanteric epiphysodesis secondary to intramedullary femoral Rodding.** J Pediatr Orthop 13: 516–520
23. Ross PM, Kurtz N (1980) **Subcapital fracture subsequent to Zickel nail fixation: A case report.** Clin Orthop 147: 131–133
24. Sarmiento A, Latta LL (1981) **Closed functional treatment of fractures.** Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 596–598
25. Schärli AF, Winiker H (1989) **Schaftfrakturen des Kleinkindesalters.** Z Unfallchir 82: 216–226
26. Sevitt S, Thompson RG (1965) **The distribution and anastomoses of arteries supplying the head and neck of the femur.** J Bone Joint Surg [Br] 47: 560–573
27. Skak SV, Overgaard S, Nielsen JD, Andersen A, Nielsen ST (1996) **Internal fixation of femoral shaft fractures in children and adolescents: A ten- to twenty-one-year follow-up of 52 fractures.** J Pediatr Orthop 5: 195–199
28. Swiontkowski MF, Hanson ST Jr, Kellam J (1984) **Ipsilateral fractures of the femoral neck and shaft.** J Bone Joint Surg [Am] 40: 1347–1358
29. Teanby DN, Monsell FP, Ross ER (1995) **Avascular necrosis of the femoral capital epiphysis following insertion of an intramedullary nail. A case report and discussion of aetiology.** Int J Orthop Trauma 5: 183–184
30. Thometz JG, Lamdan R (1995) **Osteonecrosis of the femoral head after intramedullary nailing of a fracture of the femoral shaft in an adolescent.** J Bone Joint Surg [Am] 77: 1423–1476
31. Trueta J (1957) **Normal vascular anatomy of the human femoral head during growth.** J Bone Joint Surg [Br] 39: 358–394
32. von der Oelsnitz G (1972) **Marknagelung kindlicher Oberschenkelfrakturen.** Z Kinderchir [Suppl] 11: 803–814
33. Weber BG, Brunner C, Freuler F (1978) **Die Frakturbehandlung bei Kindern und Jugendlichen.** Springer, Berlin Heidelberg New York, S 288–289
34. Wu CC, Shih CH (1991) **Ipsilateral femoral neck and shaft fractures. Retrospective study of 33 cases.** Acta Orthop Scand 62: 346–351
35. Ziv I, Blackburn N, Rang M (1984) **Femoral intramedullary nailing in the growing child.** J Trauma 24: 432–434