

Einsatz der HBO-Therapie bei aseptischen Knochennekrosen des Kniegelenkes

J. von Reumont¹, A. Fabian¹, J. Huber², P. Beks²

¹ Druckkammerzentrum Heidelberg, St. Josefskrankenhaus

² Orthopädisch-Chirurgische Gemeinschaftspraxis, St. Elisabeth Klinik, Heidelberg

Zusammenfassung

Die aseptische Knochennekrose des Kniegelenkes (Morbus Ahlbäck) wird durch den gezielten Einsatz der Magnetresonanztomografie (MRT) heute zunehmend in früheren Erkrankungsstadien erkannt. Diesem diagnostischen Fortschritt konnte die konservative Therapie bisher mangels adäquater Verfahren jedoch nicht entsprechen.

Die Daten unserer Pilotstudie begründeten den Ansatz, die therapeutische Wertigkeit der HBO-Therapie bei der Behandlung des M. Ahlbäck klinisch anhand einer größeren Fallzahl zu evaluieren. Innerhalb der letzten vier Jahre wurden insgesamt 104 Patienten mit MRT gesicherter Diagnose in die Studie aufgenommen (m/w = 61/43). Der Altersmedian lag bei 56 Jahren. Zu 58 % war der mediale Femurkondylus betroffen. 55 % der Läsionen befanden sich im Stadium 3 nach ARCO, bei 71 % der Patienten trat die Erkrankung spontan auf, bei 19 % postoperativ – meist nach Arthroskopie.

Die Anzahl der HBO-Sitzungen (HBO = Hyperbare Oxygenation) lag im Mittel bei 26. Bei 66 % der Patienten konnte nach Abschluss der Behandlung klinisch eine völlige Beschwerdefreiheit und bei 44 % in der ersten MRT Kontrolle eine 90 bis 100 %-ige Rückbildung der Nekrose erreicht werden.

Abhängig von der Ausprägung des Befundes (Stadieneinteilung nach Association Research Circulation Osseous (ARCO)) führte in den Stadien 1 und 2 die HBO-Therapie in der Regel als kausale konservative Maßnahme zu einem sehr guten Ergebnis. Im Stadium 3 wurde klinisch noch bei 46 % der Patienten Beschwerdefreiheit erreicht, während im Stadium 4 die HBO nur als adjuvante Maßnahme eingesetzt werden sollte.

Einleitung

Unter den orthopädischen Erkrankungen nimmt die aseptische Osteonekrose (ON) den Stellenwert einer relativ seltenen Erkrankung ein und ist bis heute ein immer noch ungelöstes Problem (5,6,19). An vielen gelenknahen größeren Knochenstrukturen werden aseptische Osteonekrosen beschrieben. Über die Häufigkeit liegen keine genauen Angaben vor. Der größte Anteil an aseptischen Knochennekrosen (ASKN) wird am Hüftkopf, am distalen Femur und dem proximalen Humerus diagnostiziert. Bestimmte Lokalisationen treten bevorzugt im Kindesalter (M. Perthes, M. Osgood-Schlatter), andere dagegen im Erwachsenenalter (M. Ahlbäck, Hüftkopfnekrose) auf.

Ätiologisch wird zwischen der idiopathischen (= spontanen) ON und der sekundären ON unterschieden. Bei ersterer werden verschiedene exo- oder endogene Ursachen diskutiert. Dabei wird heute von einer multifaktoriellen, prädisponierenden Genese ausgegangen, die nachfolgend zu einer Ischämie und einem Reperfusionsschaden vorwiegend im subchondralen Knochenraum führt.

Zwar erfolgt die Diagnose seit Einsatz der MRT deutlich früher, die Ätiologie ist jedoch weiterhin unbekannt.

Fortschritte in der Therapie (6) sind bisher durch eine vorwiegend verbesserte Operationstechnik erzielt worden, hier besonders unter dem Gesichtspunkt minimalinvasiver und möglichst gelenkerhaltender Verfahren.

Im konservativ therapeutischen Bereich konnten oft nur die Beschwerden z. B. durch entsprechende Medikation (Analgetika, Antiphlogistika etc.) oder physiotherapeutische Maßnahmen mittelfristig reduziert werden, eine Abheilung des Nekrosebereiches konnte jedoch nicht bewirkt werden. Letztlich bleiben als einzige Möglichkeit, bei weiterer Progression der Erkrankung, aufwendige operative Verfahren.

Beim Morbus Ahlbäck (1,19) handelt es sich um eine aseptische Knochennekrose des Kniegelenkes. Betroffen ist üblicherweise der mediale, gewichttragende Anteil des Femurkondylus besonders im mittleren bis höheren Lebensalter. Die Ätiologie ist unbekannt, diskutiert werden eine spontane und traumatische Genese. Die Diagnose wird vorwiegend einseitig gestellt, Frauen sind häufiger betroffen als Männer. Für die oft schnell progredient verlaufende Erkrankung wird in den letzten Jahren der Einsatz der MRT als sogenannter „golden standard“ empfohlen.

Eine richtungsweisende kausale konservative Therapie war bisher nicht bekannt. Symptomatische Maßnahmen bestehen aus physikalischer und medikamentöser (analgetischer, antiphlogistischer) Therapie sowie Entlastung durch Gehstützen oder Schuhaußen- oder Innenranderrhöhung. Operativ stehen die Anbohrung, osteochondrale Transplantation, Umstellungsosteotomie oder letztlich der endo-prothetische Gelenkersatz mit entsprechenden Risiken, Zeit- und Kostenaufwand als Therapiemethoden zur Verfügung.

Trotz der Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Pathophysiologie und Diagnostik konnte bisher nach dem Erreichen des „point of no return“ im irreversiblen Frühstadium keine Therapie das

Nekroseareal zur Abheilung bringen. Neue therapeutische Konzepte wie etwa der Einsatz von Zytokinen, die Stoßwellentherapie oder die hyperbare Oxygenation und andere mehr sind derzeit in klinischer Erprobung (S. Hofmann, R. Graf, Editorial zum Thema Osteonekrose des Hüftgelenks (6)).

Bisherige Untersuchungen zur Therapie von Osteonekrosen mit hyperbarem Sauerstoff beschränkten sich hauptsächlich auf die Hüftkopfnekrose. Einzelheiten dazu werden u. a. in den Metaanalysen von U. Maronna (11), referiert. Die analysierten Studien zeigen eine unterschiedliche, aber deutliche Therapieerfolgsquote bei Einsatz von hyperbarem Sauerstoff in den beiden ersten Erkrankungsstadien nach Ficat. Bei Stadium 3 oder 4 erscheint letztlich nur die operative Intervention erfolgversprechend zu sein.

Diese Untersuchungen begründeten im Jahr 1998 zunächst den Ansatz zu einer Pilot-studie „Therapie des Morbus Ahlbäck mittels HBO“.

Fallbericht einer postoperativen aseptischen Knochennekrose (Morbus Ahlbäck)

53-jährige Patientin, adipös mit spontanem, belastungsunabhängigem Kniegelenksschmerz rechts seit 3/2001. NMR 7/01 ergibt einen degenerativen Längsriss des Innenmeniskushinterhorns, keine nachweisbare Knochenläsion. Arthroskopie 10/01 mit IM-Teilresektion. Postoperativ entwickelt sich nach einer Woche eine progressive Schmerzsymptomatik mit verändertem Charakter, es treten zusätzlich nächtliche Schmerzen auf. Bei einer Beschwerdepersistenz trotz intensiver konservativer Maßnahmen erfolgt ein MRT 2/02. In dieser Serie zeigt sich nun ein ausgeprägtes Spongiosaödem bis in den lateralen Kondylus reichend (Abb. 1) und medial eine Osteonekrose (Abb. 3).

Nach dieser radiologisch gesicherten Diagnose einer spontanen Osteonekrose wurde die Patientin umgehend zur HBO-Therapie vorgestellt und behandelt.



Abb. 1



Abb. 2

Abb. 1 – 2: Morbus Ahlbäck der medialen Femurkondyle rechts, ARCO III, 2/2002

Verlaufsdokumentation T2 koronar

Klinisch nach insgesamt 50 Behandlungen: keine Ruheschmerzen mehr, Beweglichkeit frei, kein Druck- oder Klopfeschmerz, noch dumpfes Gefühl nach längerer Belastung. Radiologisch weitgehende Revaskularisation der Osteonekrosezone in T1 Wichtung (Abb. 4: nach HBO 5/02 und weitere Verbesserung Abb. 5: im follow up 6/03).



Abb. 3



Abb. 4

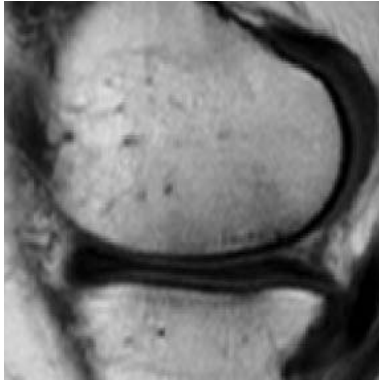


Abb. 5

Abb.: 3 –5: Verlaufsdokumentation T1 sagittal

In Abbildung 2 (5/02) ist die fast völlige Rückbildung des Spongiosaödems im Vergleich zu 1 (vor HBO 02/02) dokumentiert.

Diese Kasuistik soll in verschiedener Hinsicht eine Extremsituation beschreiben, die nicht repräsentativ für die Mehrzahl der Patienten ist. Sowohl die radiologische Befundausprägung in T1 und T2 als auch die extrem hohe Therapiezahl bei nur kurzer postoperativer Latenz bis zum Auftreten der Symptomatik sind ungewöhnlich.

Material und Methoden

Nach Abschluss der Pilotstudie wurden in den letzten vier Jahren 104 Patienten mit kernspintomografisch gesicherter Diagnose M. Ahlbäck in eine neue Untersuchung aufgenommen. Dabei wurde die international anerkannte, auf radiologischen Kriterien basierende Klassifikation nach ARCO (3) gewählt.

Die Zahl der Sitzungen sowie die Therapiefrequenz orientierten sich am klinischen Verlauf und der MRT-Kontrolle. Als Minimum wurden 15 Behandlungen angesetzt, die Anzahl wurde je nach Verlauf erhöht. Die orthopädische Eingangs- und Abschlussuntersuchung wurde durch ein, jeweils nach 5 Sitzungen geführtes, Arztgespräch und einem ausführlichen Schmerzfragebogen (Numerische Ratingskala) ergänzt. Eine MRT-Kontrolle erfolgte nach abgeschlossener HBO-Therapie, aber frühestens 3 Monate nach Beginn der HBO-Behandlung. Nach 3, 6 und 12 Monaten (mit zusätzlicher MRT-Kontrolle) wurde eine klinische Untersuchung („Follow up“) durchgeführt, anschließend in jährlichen Abständen eine Langzeitkontrolle. Geplant ist ein Untersuchungszeitraum bis 5 Jahre nach Therapie.

Als Behandlungsschema wurde TS 250/60 (nach internationaler Norm 250 kPa entsprechend 2,5 bar Maximaldruck bei einer Gesamtsauerstoffzeit von 60 Minuten) gewählt, nachdem ein Vergleich zu TS 240/90 bei Osteoradionekrosen ähnlich gute Resultate ergab.

Therapieplanung. Die ersten 10 Sitzungen wurden obligatorisch in zwei Wochenblöcken mit je 5 Behandlungen durchgeführt. War bis zu diesem Zeitpunkt bereits für mindestens 2 Tage Symptomfreiheit oder eine deutliche Besserung (kein Ruheschmerz und Belastungssymptomatik < 50 % auf der numerischen Ratingskala, bezogen auf den Ausgangswert) erzielt worden, wurde die Behandlung auf eine Intervalltherapie mit 2-3 Tagen Pause zwischen den einzelnen Behandlungen umgestellt. Ansonsten erfolgte ein weiterer Therapieblock von 5 Tagen.

War bis zur 15. HBO-Therapie noch keine wesentliche Besserung oder Schmerzfreiheit erreicht, wurde unter der Woche mit jeweils einem Tag Pause weiterbehandelt. Sobald auch hier das Kriterium „deutliche Besserung“ erreicht wurde, erfolgte eine Umstellung auf die Intervalltherapie (mit 2-3 Tagen Pause).

Im Falle eines fehlenden deutlichen Behandlungserfolgs (weiter Ruheschmerz und Belastungssymptomatik > 50 %) erfolgte nach der 20. HBO-Sitzung eine Therapieunterbrechung sowie MRT-Kontrolle und interdisziplinäre Abklärung.

Die Gesamtzahl der Sitzungen ist damit in Abhängigkeit von der Defektgröße, dem Stadium und dem klinischen Verlauf zu beurteilen.

Ergebnisse

An der Studie haben innerhalb von vier Jahren 104 Patienten teilgenommen, bei 101 konnte die Therapie komplikationsfrei bis zum Ende durchgeführt werden. Ein Patient musste aufgrund von Druckausgleichproblemen nach der 11. Therapie die Behandlung abbrechen. Die spätere MRT-Kontrolle ergab bereits zu diesem Zeitpunkt eine deutliche Strukturbesserung, in der Langzeitkontrolle 6 Monate nach Therapie fand sich kernspintomografisch lediglich ein kleiner Residualherd bei völliger Beschwerdefreiheit. Ein Patient wurde nach der 5. Sitzung aus logistischen Gründen auswärts weiterbehandelt. Bei einer Patientin entwickelte sich eine chronische pulmonale Infektsituation, die letztendlich zu einem Therapieabbruch führte.

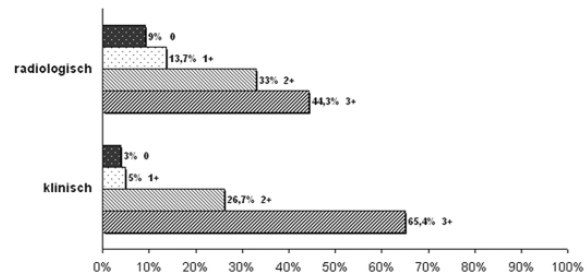
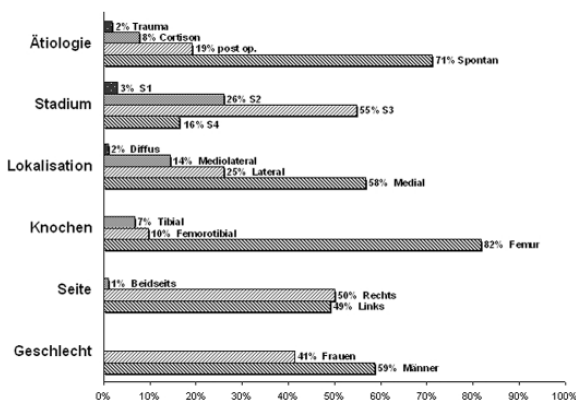
Das Durchschnittsalter (Median) betrug bei den Männern 51 Jahre (n=61) und bei den Frauen 59 Jahre (n=43), die Spannweite lag zwischen 17 und 75 Jahren. Im Mittel lag die Anzahl der HBO-Therapien bei 26 Sitzungen (14-50). Die Gesamttherapiedauer war abhängig vom klinischen Verlauf und sozial- oder infektbedingten Therapiepausen. 20 Patienten wurden vor Beginn der HBO-Therapie am betroffenen Knie arthroskopiert. In diesen Fällen wurde die Diagnose postoperativ bei progredientem Schmerzsyndrom kernspintomografisch gestellt. Bei 4 Patienten mit bekanntem M. Ahlbäck wurden, nach Initialtherapie mit 10 - 15 Sitzungen, bestehende BegleitleSIONEN (z.B. Meniskusrisse) arthroskopisch operiert. Postoperativ schlossen sich weitere HBO-Sitzungen an. Bei 2

dieser Patienten zeigte sich intraoperativ ein weit fortgeschritteneres Stadium als zunächst im MRT ersichtlich, mit abhängenden Knorpelanteilen im Nekrosebereich. Beide Patienten wurden gelenkerhaltend operiert und anschließend weiter mit HBO behandelt.

Mehrheitlich war bei unserem Patienten-gut der mediale Femurkondylus (FK) mit 58 % betroffen, relativ selten, bei nur 2 %, lag eine diffuse Kombination vor. Vier Patienten erkrankten nach erfolgreicher Therapie später am kontralateralen Gelenk. Noch seltener (2 Patienten) trat am selben Kniegelenk eine Neuerkrankung des kontralateralen FC auf, in beiden Fällen lag eine immunologische Grunderkrankung vor (Polyarthrit, Kälteantikörper).

Die gemittelte Gesamterkrankungsdauer (Schmerzbeginn bis zur klinischen und radiologischen Beschwerdefreiheit) betrug drei Monate mit einer Spannweite von zwei Wochen bis zu drei Jahren. Alle Patienten litten vor der Therapie an erheblichen Ruhe- und Belastungsschmerzen, ein Drittel der Patienten war nur mit Unterarmgehstützen gehfähig. Bei der klinischen Untersuchung ergab die Auswertung der Schmerzfragebögen in der Mehrzahl der Fälle zwischen der 6. und 10. Sitzung eine erste, deutliche Schmerzreduktion. Danach fand in der Regel eine kontinuierliche Minderung der Symptomatik bis zur Beschwerdefreiheit statt. Gleichzeitig wurde eine noch bestehende Schmerzmedikation reduziert bzw. beendet. Während der akuten Schmerzphase empfahlen wir in Abstimmung mit den orthopädischen Kollegen in der Regel eine Entlastung zunächst an zwei Gehstützen mit Fußsohlenkontakt. Abhängig vom radiologischen Stadium und der Defektgröße wurde die Belastung sukzessiv gesteigert mit parallel dazu durchgeführtem Muskelaufbautraining (Aquajogging, Schwimmen, Ergometer, Physiotherapie).

Abb. 6: Deskriptive Daten der Studie



Radiologische Nekroserückbildung

3+ = 90 – 100 %

2+ = 50 - 90 %

1+ = 25 – 50 %

0 = keine Besserung

Klinisches Untersuchungsergebnis

3+ = keinerlei Restbeschwerden

2+ = leichte Restbeschwerden (z.B. schweres, dumpfes Gefühl)

1+ = Knochenschmerzen, mit Berücksichtigung der Begleitsymptomatik

0 = keine Besserung

Abb. 7: Klinische und radiologische Untersuchungsergebnisse

Ein sehr gutes klinisches Ergebnis konnte insgesamt bei 65 % der Patienten mit einem 90 bis 100 %-igen Schmerzrückgang erreicht werden, was die Bewertung 3+ erhielt. Ein guter Erfolg bei 26,2 %, Schmerzrückgang zwischen 50 % und 90 % mit der Bewertung 2+, 4,9 % erreichten eine Minderung um 25 % bis 50 % (1+). Eine unveränderte oder nur minimal gebesserte Schmerzsymptomatik wurde bei drei Patienten (3 %) gemessen und als unzureichend bewertet (0).

Die radiologische Nachuntersuchung (eine Kontrollkernspinaufnahme lag zum Zeitpunkt der Auswertung in 88 Fällen vor) ergab in 44 % kernspintomographisch eine Strukturverbesserung bis zu „völliger Restitutio ad integrum“. Bei 9 % der Patienten zeigte sich in der MRT keine Besserung, eine unveränderte Schmerzsymptomatik jedoch nur bei 3 %.

Diskussion

Zwei wesentliche Effekte der HBO-Behandlung sind die Ödemreduktion und die Angiogenese (7,12). Basierend auf der Theorie der vaskulären Genese mit lokaler Ischämie, aufgrund einer Perfusionsstörung des Knochens, stellt die HBO-Therapie durch ihren Wirkmechanismus eine neue konservative Therapiemöglichkeit mit kausalem Ansatz dar.

Nach den vorliegenden Ergebnissen muss jedoch eine präventive Wirkung der HBO-Therapie eher verneint werden. Bei sechs der Patienten wurde nach Therapie erneut eine Osteonekrose mit topografischer Abweichung vom Erstbefund diagnostiziert, in vier Fällen kontralateral und in zwei weiteren im ipsilateralen Gelenk. Die HBO greift offensichtlich nicht primär in den pathogenetischen Mechanismus der ON ein. Sekundär wird aber auch jenseits des point of no return eine intra-ossäre Druckentlastung ermöglicht und der zelluläre Reparaturmechanismus stimuliert.

Ferner scheint die Topografie der ON eine unterschiedliche Auswirkung auf die Behandlungsprognose unter HBO zu haben. Die Auswertung ergab, dass femorale, medial lokalisierte Defekte am besten auf die Therapie ansprachen. Laterale Nekroseherde femoral oder tibial erforderten eine deutlich höhere Therapieanzahl. Die Lokalisation und die Defektgröße sind offensichtlich wichtige Kriterien für die Festlegung der Gesamtbehandlungszahl, prognostisch von wesentlich größerer Bedeutung ist jedoch das radiologische Erkrankungsstadium (ARCO 0 - 4).

Der Vergleich der Gruppe der postoperativen ON mit dem übrigen Kollektiv zeigt eine weitere Besonderheit. Das therapeutische Outcome liegt im Schnitt deutlich unter dem Durchschnittsniveau der anderen Patienten. Dies soll in einer weiteren Studie untersucht werden.

Im Vergleich der Ergebnisse zwischen klinischer (Schmerz, Beweglichkeit) und radiologischer Bewertung fällt die unterschiedliche Höhe und Verteilung in den einzelnen Stufen auf. Während die Schmerzsymptomatik oft früher und in Korrelation zum Ödemrückgang bereits nach drei Monaten (1. Kontrolltermin) vollkommen rückläufig ist, kann die Rückbildung der Nekrose in der MRT erst mit deutlicher Verzögerung (6 bis 12 Monate) beobachtet werden. Dies deutet auf keinen Widerspruch hin, sondern steht im Einklang mit der unterschiedlichen Antwortzeit auf Perfusionsmechanismen im Gegensatz zur zellulären Reparatur.

Vergleichbare Mechanismen sollten auch in der Therapie der Hüftkopfnekrose postuliert werden. Die geringe Studien- und Fallzahl (Metaanalyse Maronna (11)) sowie eine andere Stadieneinteilung erschweren einen Vergleich. Das deutlich schlechtere Abschneiden könnte jedoch auch auf topografische, anatomische und funktionelle Unterschiede hinweisen, die den Erfolg der HBO als Mono-

therapie auf das Stadium 1 begrenzen.

Alle bisher im follow up untersuchten Patienten (6 Monate: N= 65, 12 Monate: N = 46, 24 Monate: N = 18 und nach 36 Monaten: N = 2) zeigten einen stabilen, rezidivfreien Verlauf. Eine genaue Bewertung kann jedoch erst nach vollständigem Vorliegen der entsprechenden Langzeitdaten erfolgen.

Methodisch wäre der Vergleich der Ergebnisse mit einer Kontrollgruppe von Vorteil. Eine Untersuchung über die konservativen Therapieergebnisse mit einer größeren Fallzahl ist uns jedoch nicht bekannt. Die Durchführung der Studie mit einer randomisierten Kontrollgruppe erscheint uns ethisch nicht vertretbar. Einerseits würde dies zu einer unzumutbaren Verlängerung der Beschwerdedauer bei möglicher Progression der Erkrankung bedeuten, andererseits verbietet sich die Simulation einer hyperbaren Behandlung in der Kontrollgruppe wegen der Risiken einer Druckexposition bei nicht zu erwartendem Benefit für die Patienten

Die heute deutlich frühere Diagnose der ON unterstreicht den Stellenwert der HBO-Therapie. Nach unseren Ergebnissen führt die HBO-Therapie gerade in den frühen Stadien des Morbus Ahlbäck in der Regel als kausale konservative Maßnahme zu einem sehr guten Ergebnis, dem keine therapeutische Alternative entspricht.

Literatur

Schwerpunkt M. Ahlbäck/ Aseptische Knochennekrose

1. Ahlbäck S, Bauer GCH, Bohne WH (1968) Spontaneous osteonecrosis of the knee. *Arthritis Rheum* 11 (6): 705-733
2. Aglietti P, Insall JN, Buzzi R, Dechamps G (1983) Idiopathic osteonecrosis of the knee. *J Bone Joint Surg [Am]* 65-B (5) 588-597.
3. Gardeniers JWM (1993) ARCO committee on Terminology and Staging. *ARCO Newsletter*: 79 – 82
4. Gutowski WT, Weil UH (1985) Die spontane Osteonekrose des Knies. *Der Orthopäde* 14: 58-63
5. Hofmann S, Mazieres B Osteonekrose: Natürlicher Verlauf und konservative Therapie *Der Orthopäde* 29 (5):, 403-410
6. Hofmann S, Graf R. Die Osteonekrose - ein ungelöstes Problem. *Der Orthopäde* 29 (5): 369-369
7. Hunt TK, Pai MP (1972) The effect of varying ambient oxygen tensions on wound metabolism and collagen synthesis. *Surg Gynecol Obstet* 135: 561-567
8. Jones JP (2000) Epidemiologische Risikofaktoren für die nichttraumatische Osteonekrose. *Der Orthopäde* 29 (5): 370-379
9. Kramer J, Hofmann S, Scheurecke A, Tschauer C. Morbus Perthes *Der Radiologe* 42 (6): 432-439
10. Lotke PA, Ecker ML (1983) Osteonecrosislike syndrome of the medial tibial plateau. *Clin Orthop* 176: 148-153.

11. Maronna U (1998) Idiopathische Hüftkopfnekrose des Erwachsenen. in: Grundlagen der hyperbaren Sauerstofftherapie 2. Aufl. Strande: Archimedes Verlag
12. Marx RE (1994) Radiation injury to tissue. In Kindwall PE (ed): Hyperbaric medicine practice. Flagstaff, AZ, Best Publishing Company 447-504
13. Mohler J, Morscher E (1980) Therapie der Femurkondylennekrose. Der Orthopäde 9: 314-319
14. Mon, Hungerford Therapie der Osteonekrose Volume. Der Orthopäde 29 (5): 457-462
15. Motohashi M, Morii T, Koshino T (1991) Clinical course and roentgenographic changes of osteonecrosis in the femoral condyle under conservative treatment. Clin Orthop 266: 156-161
16. Muscolo DL, Costa-Paz M, Makino A, Ayerza, MA. (1996) Osteonecrosis of the knee following arthroscopic meniscectomy in patients over 50-years old. Arthroscopy 12: 273-279
17. Petje G, Radler C, Aigner N, Kriegs-Au G, Ganger R, Grill F. Aseptische Knochennekrosen im Kindesalter. Der Orthopäde 31 (10): 1027-1038
18. Plenk Jr. H, Hofmann S, Breitenseher M, Urban M (2000) Osteonekrose des Hüftgelenks: Pathomorphologische Aspekte und Reparaturmechanismen der Femurkop-osteonekrose. Der Orthopäde 29 (5): 389-402
19. Rupp N, Reiser M, Hipp H, Heller H, Lukas P, Allgayer B, Hawe W (1985) Diagnostik der Knochennekrose durch magnetische Resonanz-(MR-)Tomographie. Fortschr Röntgenstr 142: 131-137
20. Stürmer KM Pathophysiologie der gestörten Knochenheilung. Der Orthopäde 25 (5): 386-393
21. Wirth CJ, Stukenborg-Colsman C, Wefer A (1998) Osteonekrose des Femurkondylus. Der Orthopäde 27 (7): 501-507

Anschrift

Dr. med J. von Reumont
Druckkammerzentrum Heidelberg
St. Josefskrankenhaus
Landhausstr.25
69115 Heidelberg
Tel. 06221 602653
Fax 06221 602655
<http://www.dkzhd.de/>