

Subkapitale Korrekturosteotomie bei der Epiphyseolysis capitis femoris mittels chirurgischer Hüftluxation

Subcapital Correction Osteotomy in Slipped Capital Femoral Epiphysis by Means of Surgical Hip Dislocation

Michael Leunig¹, Theddy Slongo², Mark Kleinschmidt³, Reinhold Ganz⁴

Zusammenfassung

Operationsziel

Behandlungsziel einer Epiphyseolysis capitis femoris ist die anatomisch ausgerichtete und normal durchblutete Epiphyse. Die subkapitale Reorientierung oder Schenkelhalskeilosteotomie ermöglicht ein solches Ergebnis. Mit den bisherigen Vorgehensweisen ist die Gefahr einer avaskulären Nekrose nicht unter optimaler Kontrolle.

Indikationen

Akute Epiphyseolysen.
Chronische Epiphyseolysen, bei denen die Abtragung des metaphysären Überstands bis zur impingementfreien Flexion-Innenrotation weniger als zwei Drittel des Schenkelhalsdurchmessers hinterlassen würde.

Kontraindikationen

Ausgeprägte Ankylose des Hüftgelenks.
Zerstörung des Hüftkopfs.

Operationstechnik

Mit der chirurgischen Hüftluxation und einem Weichteillappen, der subperiostal aus Retinakulum und Außenrotatoren entwickelt wird, kann die Gefäßversorgung der Epiphyse aus der Arteria circumflexa femoris medialis erhalten werden. Dieser Weichteillappen erlaubt eine Lösung der Epiphyse sowie eine vollständige Kallusresektion vom Schenkelhals ohne Spannung des Retinakulums. Die Luxation des Hüftkopfs dient dessen manueller Sicherung während der Kürettage der Wachstumsfuge und schließlich der anatomischen Reposition unter visueller Kontrolle des Retinakulums. Mit luxiertem Kopf wird eine unerwünschte Manipulation am Bein die Integrität des Retinakulums weniger gefährden, als dies bei in der Pfanne verbliebenem Kopf der Fall wäre.

Ergebnisse

30 Hüften wurden zwischen 1996 und 2005 bei der Diagnose einer Epiphyseolysis capitis femoris mit der beschriebenen Technik behandelt. Die mittlere Nachuntersuchungszeit lag bei 55 Monaten (24–96 Monate). Es tra-

Abstract

Objective

The aim of treatment of slipped capital femoral epiphysis is an anatomically aligned epiphysis with normal blood supply. This result can be achieved by open subcapital reorientation of the epiphysis or by a wedge osteotomy of the femoral neck. Other procedures have, so far, not gained optimal control over the risk of avascular necrosis.

Indications

Acute epiphyseolysis.
Chronic epiphyseolysis for which trimming of the metaphyseal overhang to permit free flexion and internal rotation without impingement would leave less than two thirds of the femoral neck diameter intact.

Contraindications

Ankylosis of the hip joint at an advanced stage.
Destruction of the femoral head.

Surgical Technique

The blood supply to the epiphysis from the medial femoral circumflex artery can be preserved by surgical hip dislocation and a soft-tissue flap derived subperiosteally from the retinaculum and external rotators. This soft-tissue flap permits not only the detachment of the epiphysis, but also complete callus resection from the femoral neck without causing tension in the retinaculum. Dislocation of the femoral head ensures its manual protection during curettage of the epiphyseal plate and, ultimately, allows anatomic reduction under visual control of the retinaculum. With the head dislocated there is less risk to the integrity of the retinaculum due to unintentional manipulation of the leg than there would be, if the head remained in the socket.

Oper Orthop Traumatol 2007;19:389–410

DOI 10.1007/s00064-007-1213-7

¹ Orthopädie, Schulthess Klinik, Zürich, Schweiz,

² Kinderchirurgische Universitätsklinik, Inselspital, Bern, Schweiz,

³ Orthopädische Universitätsklinik, Inselspital, Bern, Schweiz,

⁴ Orthopädische Universitätsklinik Balgrist, Zürich, Schweiz.

ten keine Hüftkopfnekrosen auf. Es bestand eine ausgeglichene Geschlechtsverteilung. Die Mädchen waren zur Operation im Durchschnitt 12 Jahre, die Jungen 14 Jahre alt. Der dorsale Abrutsch wurde zwischen 30° und 70° bemessen. Bei sechs Hüften bestand ein sog. „acute on chronic“ Abrutsch. Zwei Hüften mussten wegen Schraubenbrüchen revidiert werden, eine Problematik, die mit Verwendung von Vollgewindedrähten entschärft wurde. Eine Hüfte wurde wegen Verbiegung des Vollgewindedrahts revidiert. Alle drei Hüften wiesen eine Verkürzung von maximal 1 cm auf. Bei einem Patienten mit ektopter Ossifikation am ventral-distalen Schenkelhals ist die Innenrotation in Beugung auf die Hälfte reduziert.

Schlüsselwörter

Epiphyseolysis capitis femoris · Subkapitale Kallusresektion und Reorientierung · Chirurgische Hüftluxation · Weichteillappen aus Retinakulum und Außenrotatoren mit den Hüftkopf ernährenden Gefäßen · Hüftkopfnekrose

Vorbemerkungen

Die besten Langzeitergebnisse einer chirurgischen Behandlung der Epiphyseolysis capitis femoris sind von Methoden zu erwarten, die eine anatomische Reposition der abgerutschten Epiphyse bei erhaltener Durchblutung ermöglichen. Allerdings werden solche Techniken wegen des Risikos einer Hüftkopfnekrose, aber auch weil sie als technisch anspruchsvoll gelten, selten durchgeführt. Diese Bedenken haben dem weit weniger aufwendigen „Pinning in situ“ zu Popularität verholfen. Eine Reihe von Arbeiten mit guten mittelfristigen Resultaten scheint diese Popularität zu rechtfertigen [2]. Gegenteilige Hinweise [10, 21] finden dagegen weit weniger Beachtung. Es fehlen Befundkontrollen der in situ fixierten Epiphyseolysehüften, die von der Kinder- in die Erwachsenenorthopädie gewechselt haben.

Basierend auf einer langjährigen Erfahrung mit der chirurgischen Behandlung der Epiphyseolyse [1] einschließlich der subkapitalen Keilosteotomie [18] hat ein Fall mit unmittelbar postoperativ vorhandener Gelenkspaltverschmälerung eine klinische Studie veranlasst, deren beeindruckende Erkenntnis es war, dass 20 von 21 untersuchten Hüften, selbst bei Abrutschen < 30°, eine acetabuläre Knorpelschädigung aufwiesen [13]. Dieser Schaden ist pathomechanisch unschwer als Fol-

Results

From 1996 to 2005, 30 hips with a diagnosis of slipped capital femoral epiphysis were treated according to the technique described. The average follow-up time was 55 months (24–96 months). Femoral head necrosis did not occur. Distribution across sexes was well balanced. Girls were 12 years old at the time of the operation and boys were 14 years old on average. Posterior displacement was measured at 30–70°. In six hips there was a so-called acute on chronic slip. Two hips required revision due to screw failure, a difficulty that was addressed by the introduction of fully threaded wires. One hip had to be revised because the fully threaded wire bent. After reoperation, shortening of maximum 1 cm was seen in these three cases. In one patient with ectopic bone formation at the anteroinferior femoral neck, internal rotation in flexion is reduced by half.

Key Words

Slipped capital femoral epiphysis · Subcapital callus resection and reorientation · Surgical hip dislocation · Soft-tissue flap including the blood supply to the head · Avascular necrosis of the femoral head

Introductory Remarks

The best long-term outcomes of surgical management of slipped capital femoral epiphysis are to be expected from methods that permit anatomic reduction of the slipped epiphysis without impairing its blood supply. Such techniques are not widely performed because of the risk of femoral head necrosis and also because they are regarded as technically demanding. These reservations have contributed to the rise in popularity of the less complex technique of “pinning in situ”. A series of studies with good mid-term results appears to justify this popularity [2]. By contrast, findings to the contrary [10, 21] are less widely acknowledged. Follow-up evaluations are lacking for the slipped capital femoral epiphysis hips stabilized in situ because the children have become eligible for adult orthopedic treatment.

As a result of many years of experience in the surgical treatment of slipped capital femoral epiphysis [1], including subcapital wedge osteotomy [18], a case of immediate postoperative joint gap narrowing prompted a clinical study whose impressive conclusion was that 20 of the 21 hips examined, even for a displacement of < 30°, showed signs of damage to the acetabular cartilage [13]. In terms of pathomechanics, it is not difficult to recognize this damage as the consequence of conflict between the prominent femoral metaphysis

ge eines in Beugung und Innenrotation stattfindenden Konflikts zwischen der prominenten Femurmetaphyse und der Gelenkpfanne einzuordnen (sog. femorales oder Cam-Impingement) [6]. Dieses Impingement konnte regelmäßig intraoperativ nachvollzogen werden. In einer dreidimensionalen Simulation hatte bereits Rab [21] auf den Kontakt zwischen femoraler Metaphyse und acetabulärem Knorpel hingewiesen. Davor hatten Goodman et al. [10] bei einer Serienuntersuchung von Hüftgelenken vor allem die Epiphyseolysen mit geringgradigen Abrutschen für ausgeprägte Koxarthrosen verantwortlich gemacht, ohne Hinweise auf den pathomechanischen Ablauf zu geben.

Selbst indirekte Korrekturosteotomien, wie sie an der Schenkelhalsbasis oder intertrochantär für stärkere Abrutsche vorgeschlagen werden, sind nicht in der Lage, die subkapital lokalisierte Ursache des „Cam-Impingements“ genügend aufzuheben. Gefährlich sind zudem am ventralen Schenkelhals eingebrachte Schrauben zur Verhinderung eines weiteren Abrutschs [12, 23], deren Köpfe eine ähnliche Wirkung haben, auch wenn sie nur wenig überstehen. Auf der Basis solcher Erkenntnisse und ausgerüstet mit der Möglichkeit einer für die Hüftkopfdurchblutung gefährlosen chirurgischen Hüftluxation [5, 7] haben wir 1996 begonnen, die seit einiger Zeit praktizierte subkapitale Korrektur nach Dunn [3] mit einer chirurgischen Hüftluxation zu verbinden. Neben der Möglichkeit, den bereits vorhandenen Gelenkschaden genauer bilanzieren zu können, haben zwei Maßnahmen den Eingriff sicherer gemacht. Erstens konnte der dorsale Schenkelhals mit subperiostalem Reduzieren der stabilen Trochanterbasis bis auf das dorsale Schenkelhalsniveau gefahrlos dargestellt werden. Der dabei entstandene, aus Retinakulum und Außenrotatoren gebildete Weichteillappen [14] mit dem für die epiphysäre Durchblutung entscheidenden Ramus profundus der Arteria circumflexa femoris medialis [7, 22] und seinen retinakulären Endgefäßen reduziert die Gefahr einer Überdehnung oder eines Risses des Retinakulums während der Kallusresektion am Schenkelhals wesentlich. Zweitens erlaubt die Luxation des Kopfs eine kontrollierte Lösung der Epiphyse, eine risikoarme Kürettage der epiphysären Reste der Wachstumsfuge sowie eine anatomische Reposition der Kalotte. Eine dynamische Aufzeichnung der Durchblutung während des Eingriffs ist mit einer Laser-Doppler-Sonde möglich [20]. Mit dem Eingriff ist keine Beinverkürzung verbunden, da er sich grundsätzlich auf die Entfernung des Kallus am Schenkelhals beschränkt.

and the acetabulum during flexion and internal rotation (so-called femoral or cam impingement) [6]. This impingement could be demonstrated intraoperatively in every case. Rab [21] drew attention to contact between the femoral metaphysis and acetabular cartilage in his three-dimensional simulation. Prior to that study, Goodman et al. [10] had investigated a series of hip joints and specifically attributed clear cases of coxarthrosis to epiphyseolysis with relatively slight displacement without expressing an opinion on the pathomechanical etiology.

Even indirect correction osteotomy at the base of the femoral neck or intertrochanteric osteotomy, as proposed for more severe displacement, will not sufficiently resolve the subcapitally localized cause of cam impingement. Screws inserted into the anterior femoral neck to prevent further slippage are also associated with certain risks [12, 23] since the screw heads may themselves cause impingement, when they were not perfectly leveled. On the basis of this knowledge and equipped with the possibility of surgical hip dislocation by a method that would not place the blood supply to the femoral head at risk [5, 7], we started, in 1996, to combine subcapital correction as described by Dunn [3] and already in practice for some time with surgical hip dislocation. In addition to the possibility of analyzing existing joint damage more precisely, two circumstances made the procedure safer. First, the posterior femoral neck with subperiosteal reduction of the stable trochanter base could be safely exposed to the level of the posterior femoral neck. The resultant soft-tissue flap of retinaculum and external rotators [14] with the deep branch of the medial femoral circumflex artery responsible for the epiphyseal blood supply [7, 22] and its retinacular end vessels clearly reduces the risk of overextension or tearing of the retinaculum during callus resection of the femoral neck. Second, dislocation of the head permits controlled detachment of the epiphysis, low-risk curettage of the epiphyseal residues of the growth plate, and anatomic reduction of the epiphysis. Dynamic recording of perfusion during surgery was possible with a laser Doppler probe [20]. This surgical technique is not associated with leg shortening since it is fundamentally restricted to the removal of callus at the femoral neck.

Operationsprinzip und -ziel

Beseitigung der Fehlstellung der Hüftkopfepiphyse am Ort der Fehlstellung zur Vermeidung eines femoralen, metaphysären Impingements und einer sekundären, frühzeitigen Arthrose des Hüftgelenks. Sicherung und Kontrolle der epiphysären Durchblutung durch chirurgische Hüftluxation, Entwicklung eines Weichteillappens aus Retinakulum und Außenrotatoren mit konsekutiver Darstellung des dorsalen Schenkelhalses. Kallusresektion ohne eigentliche Schenkelhalsverkürzung. Stabilisierung des Repositionsergebnisses mit zwei bis drei Vollgewindedrähten.

Surgical Principles and Objective

Correction of deformity of the femoral epiphysis at the site of deformity to prevent femoral metaphyseal impingement and early secondary joint degeneration of the hip. Protection and monitoring of epiphyseal blood supply using surgical hip dislocation and developing a soft-tissue flap with retinaculum and external rotators with subsequent exposure of the posterior femoral neck. Callus resection without shortening of the femoral neck itself. Stabilization of the reduction with two to three fully threaded wires.

Vorteile

- Anatomisch korrekte Reposition der Epiphyse auf dem Schenkelhals.
- Aktive Erhaltung und Kontrolle der epiphysären Durchblutung.
- Mechanisch unbehinderte Hüftbeweglichkeit.
- Verhinderung weiterer acetabulärer Knorpelzerstörung.
- Keine Beinverkürzung.

Nachteile

- Operationstechnik anspruchsvoll und schwierig.
- Wenig Spielraum bei Nichteinhalten der Angaben zum chirurgischen Ablauf.
- Strikte Entlastung des Beins für 8 Wochen.

Indikationen

- Jede chronische Epiphyseolyse, wenn eine reine Offsetverbesserung bis zur impingementfreien Flexion-Innenrotation mehr als ein Drittel des Schenkelhalsdurchmessers entfernen würde [16].
- Akuter Abrutsch, selbst bei Nachweis einer Perfusionsstörung.
- Nach Verknöcherung der Wachstumsfuge Indikation zur Schenkelhalsosteotomie.

Kontraindikationen

- Ankylose des Hüftgelenks.
- Weitgehende Zerstörung des Hüftkopfs, wenn auch nach Reorientierung keine sphärische Epiphysenkontur in die Hauptbelastungszone kommen würde.

Advantages

- Anatomically correct repositioning of the epiphysis on the femoral neck.
- Active protection and monitoring of the epiphyseal blood supply.
- Mechanically unimpeded hip mobility.
- Prevention of further destruction of the acetabular cartilage.
- No leg shortening.

Disadvantages

- Surgical technique demanding and difficult.
- Little forgiving, if the surgical procedure is not meticulously adhered to.
- Strict unloading of the leg for 8 weeks.

Indications

- Every case of chronic epiphyseolysis where the goal of free flexion and internal rotation without impingement achieved exclusively by offset improvement would require sacrifice of more than one third of the femoral neck diameter [16].
- Acute slippage, even if there is proof of disturbed perfusion.
- After ossification of the growth plate, indication for femoral neck osteotomy.

Contraindications

- Ankylosis of the hip joint.
- Extensive destruction of the femoral head, if a realignment procedure cannot position a spherical epiphyseal contour in the main area of loading.

Patientenaufklärung

- Spezielle Komplikationen, Maßnahmen und Risiken.
 - Gefahr der Hüftkopfnekrose.
 - Implantatbruch oder Korrekturverlust mit Notwendigkeit zur Revisionsoperation möglich.
 - Materialentfernung nach Konsolidierung.
- Allgemeine Komplikationen, Maßnahmen und Risiken wie Infektion und Thrombose sind bei Kindern und Jugendlichen extrem selten. Gefäß- und Nervenschäden treten ebenfalls sehr selten auf.
- Bei endokrinen Ursachen für einen Abrutsch sind deren Besonderheiten und Behandlungsschwierigkeiten für die Hüfte, z.B. verzögerte knöcherne Konsolidierung, mit zu bedenken.
- Die Gabe von Fremdblut ist nur sehr selten notwendig, vor allem, wenn ein „Cellsaver“ bei der Operation verwendet wird.
- Stationärer Aufenthalt nur etwa 6–8 Tage, selbst wenn die Gegenhüfte prophylaktisch operativ gesichert werden muss.
- Normalerweise 10–12 Wochen bis zur Vollbelastung; die prophylaktisch operierte Gegenhüfte kann sofort voll belastet werden.
- Generell hängt die Prognose, abgesehen vom korrekt durchgeführten Eingriff, vom Ausmaß des Knorpel- und Pfannenrandschadens zum Zeitpunkt der Operation ab.

Operationsvorbereitungen

- Bei chronischem Abrutsch erfolgt die Operation geplant; bei akutem Abrutsch wird sie notfallmäßig durchgeführt, d.h. nach Möglichkeit innerhalb von 6–8 h nach dem Ereignis.
- Die notwendigen Röntgenaufnahmen sollten unter standardisierten Lagerungsbedingungen des Beckens bzw. des Beins angefertigt werden (vgl. Beitrag Gekeler). Erforderlich sind ein Bild in anteroposteriorer Projektion des Beckens und axiale Aufnahmen der Hüftgelenke. Eine Gelenkspaltverschmälerung entspricht wahrscheinlich einem mechanisch verursachten acetabulären Knorpelschaden. Eventuell handelt es sich auch um einen Projektionseffekt bei dislozierter Hüftkopfeiphyse.
- Nach Möglichkeit radiale Arthro-Magnetresonanztomographie zur besseren Evaluation des präoperativ bereits vorhandenen Knorpelschadens. Ein Standard-MRT bringt wenig zusätzliche Informationen; Gleiches gilt für die Computertomographie, deren Strahlenbelastung außerdem etwa 20 Beckenröntgenaufnahmen entspricht.

Patient Information

- Specific complications, procedures, and risks.
 - Risk of femoral head necrosis.
 - Implant failure or loss of correction with the possible necessity of reoperation.
 - Implant removal after consolidation.
- General complications, procedures, and risks such as infection and thrombosis are extremely rare in children and adolescents. Nerve and vessel damage are likewise very rare.
- In cases of slippage of endocrine etiology, the special considerations and management difficulties at the hip, e.g., delayed osseous consolidation, must be taken into account.
- Allogenic blood transfusion is very rarely necessary, especially if a “cell saver” is used during surgery.
- Hospitalization only about 6–8 days, even if the contralateral hip requires prophylactic surgical stabilization.
- Normally 10–12 weeks to full loading; the prophylactically pinned opposite hip can be fully loaded immediately.
- Apart from a correctly performed operation, prognosis generally depends on the extent of damage to the acetabular cartilage and to the acetabular rim at the time of surgery.

Preoperative Work Up

- Chronic displacement is elective surgery; acute displacement requires emergency surgery, that is, within 6–8 h of the event, if possible.
- The necessary X-rays should be taken with the pelvis and leg in standardized positions (cf. article by Gekeler). An anteroposterior view of the pelvis and an axial view of the hip joint are essential. Joint space narrowing is probably the result of mechanical damage to the acetabular cartilage. It may also be an artifact due to the dislocated femoral epiphysis.
- If possible, radial magnetic resonance arthrography with radial cuts for better evaluation of preoperative cartilage damage. Standard MRI of the pelvis yields little additional information; the same is true for computed tomography requiring the radiation exposure of 20 radiologic pelvic radiographs.
- Measurement of angulation and translation of the displacement in the radiologic reference planes.
- If available, the instruments for intraoperative laser Doppler flowmetry (LDF) recording should be prepared. Perfusion monitoring of the femoral head with an intracerebral pressure probe is possible using the anesthesia monitor.

- Bestimmung der Angulation und Translation des Abrutschs in den röntgenologisch dargestellten Bezugsebenen.
- Falls vorhanden, das Instrumentarium für die intraoperative Laser-Doppler-Flowmetrie-(LDF-)Aufzeichnung bereitstellen. Perfusionsmonitoring des Hüftkopfs auch mit Hirndrucksonde via Anästhesiemonitor möglich.
- Photographische und/oder skizzenhafte Dokumentation des acetabulären Knorpelschadens vorsehen.
- Übliche Vorbereitung der Haut für eine laterale Längsinzision über der Trochanterregion in Seitenlage.
- Zur Antibiotikaprophylaxe verwendeten wir ein Cephalosporin der zweiten Generation für 24 h.
- Bildwandler zur intraoperativen Kontrolle der Varus-Valgus-Positionierung der Kalotte sowie der räumlich optimalen Ausrichtung der Drähte bereitstellen.

Instrumentarium und Implantate

- Oszillierende Säge mit Standardsägeblatt (50 mm lang, 20 mm breit).
- Leicht gebogene Meißel der Breiten 5, 10 und 15 mm (Fa. Accuratus AG, Holligenstraße 94, 3008 Bern, Schweiz).
- Bohrmaschine.
- Laser-Doppler-Flowmetrie (DRT4, Moor Instruments, Axminster, UK).
- 3,0-mm-Vollgewindedrähte (Fa. Hausmann Spitalbedarf, Hubstraße 104, 9501 Wil, Schweiz).
- Einzinkerhaken.
- Gebogene Parametriumschere für die Durchtrennung des Ligamentum capitis femoris (Fa. Accuratus AG).

Anästhesie und Lagerung

- Intubationsnarkose oder Spinalanästhesie.
- Seitenlage, Bein frei beweglich abgedeckt (Abbildung 1a), steriler Sack auf der gegenüberliegenden Längsseite des Operationstischs zur Aufnahme des Unterschenkels während der Hüftluxation (Abbildung 1b).

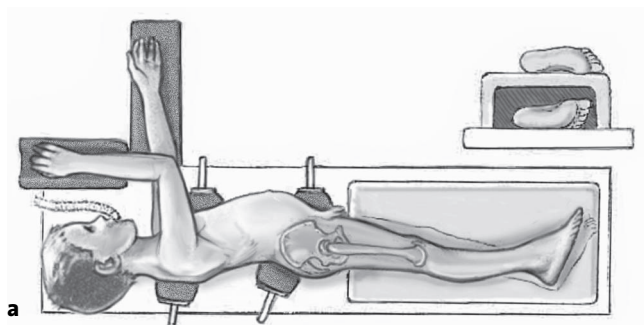
- Preparation for documentation of acetabular cartilage damage by photography and/or sketches.
- Standard preparation of the skin for a lateral longitudinal incision over the trochanteric region with the patient in the lateral decubitus.
- We gave a second-generation cephalosporin as antibiotic prophylaxis for 24 h.
- Positioning of the image intensifier for intraoperative monitoring of varus-valgus alignment of the femoral head and optimal spatial orientation of the wires.

Surgical Instruments and Implants

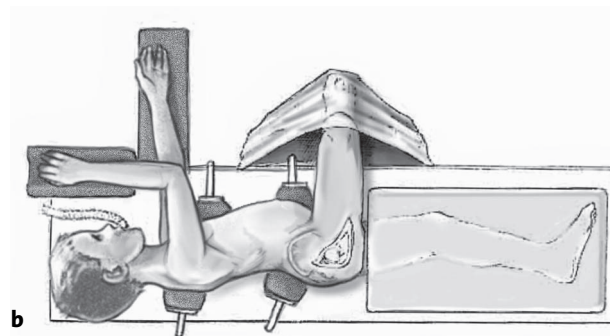
- Oscillating saw with standard saw blade (50 mm long, 20 mm wide).
- Slightly bent chisels, 5, 10, and 15 mm wide (Accuratus AG, Holligenstraße 94, 3008 Bern, Switzerland).
- Drill.
- Laser Doppler flowmetry (DRT4, Moor Instruments, Axminster, UK).
- 3.0-mm fully threaded wires (Hausmann Spitalbedarf, Hubstraße 104, 9501 Wil, Switzerland).
- Bone hook.
- Bent parametrium scissors to cut the round ligament of head of femur (Accuratus AG).

Anesthesia and Positioning

- General anesthesia or spinal anesthesia.
- Lateral decubitus, leg freely draped (Figure 1a), sterile bag along the opposite side of the operating table to receive the lower leg during hip dislocation (Figure 1b).



Abbildungen 1a und 1b
Patientenlagerung mit frei beweglich abgedecktem Bein (a) und sterilem Sack zur Aufnahme des Unterschenkels während der Hüftluxation (b).



Figures 1a and 1b
Patient positioning with leg freely draped (a) and sterile bag to receive the lower leg during hip dislocation (b).

Operationstechnik

Abbildungen 2 bis 13

Abbildung 2

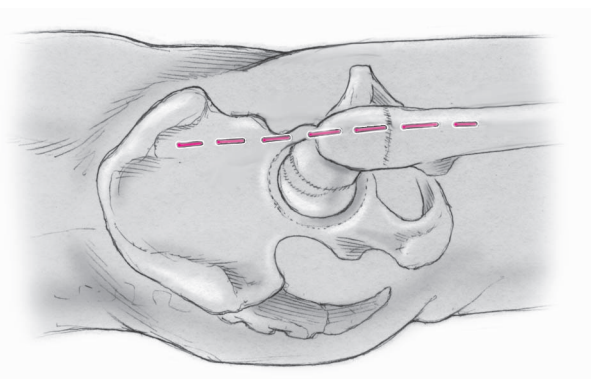
Wir benutzen heute routinemäßig einen geraden lateralen Hautschnitt von ca. 20–25 cm Länge, nachdem als Folge des früher verwendeten Kocher-Langenbeck-Schnitts gelegentlich und vor allem bei dickem Fettgewebmantel kosmetisch störende Konturvorwölbungen dorsal und gegen das distale Inzisionsende hin entstanden sind, die sich auch mit Fettgewebsabsaugungen nicht optimal beheben ließen. Je nach Fettgewebsdicke muss der Schnitt entsprechend länger sein. Die Faszieninzision dieser lateralen Hautinzision (Gibson-, Henry-Zugang [8, 11]) reicht höher als das obere Hautschnittende. Ohne Spaltung des Musculus gluteus maximus ergibt sie eine dem Kocher-Langenbeck-Zugang ebenbürtige Übersicht der Strukturen dorsal des Hüftgelenks einschließlich Nervus ischiadicus.

Figure 2

We routinely make a straight lateral incision about 20–25 cm in length. Formerly, we used the Kocher-Langenbeck approach but occasionally, and particularly in cases of a thick layer of fatty tissue, unaesthetic bulges developed posteriorly and toward the distal end of the incision, which could not even be optimally eliminated by liposuction. As a general rule, the thicker the fatty tissue layer, the longer the incision. Incision of the fascia in the line of the lateral skin incision (Gibson or Henry approach [8, 11]) extends beyond the upper end of the skin incision. Without division of gluteus maximus this incision achieves the same overview of structures posterior to the hip joint, including the sciatic nerve, as the Kocher-Langenbeck approach.

Surgical Technique

Figures 2 to 13



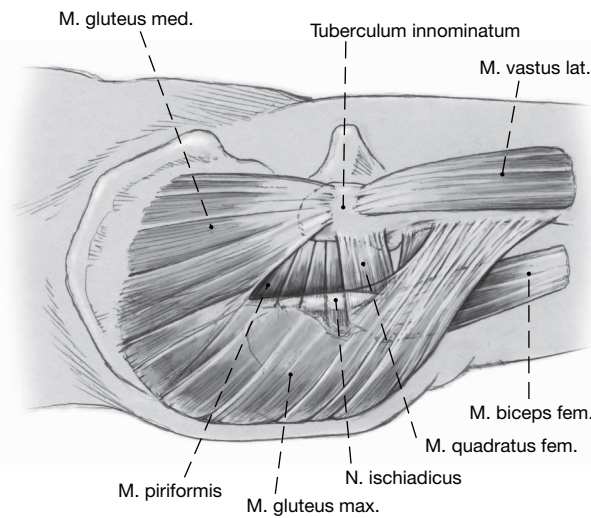


Abbildung 3

Der vordere Rand des Musculus gluteus maximus wird durch die Lage der Vasa perforantia (nicht dargestellt) angezeigt, welche durch geringfügige epifasziale Unterminierung des Fettgewebes nach ventral-kranial dargestellt werden können. Die Inzision der Fascia lata folgt diesen Perforansgefäßen. Dabei wird die Zwischenfaszie (nicht dargestellt), die dem Musculus gluteus medius aufliegt, mit inzidiert und sukzessive zusammen mit der Masse des Musculus gluteus maximus nach dorsal abgelegt. Dadurch bleiben die Durchblutung und Innervation auch für die ventralen Anteile des Musculus gluteus maximus erhalten [19]. Bei der Darstellung der interglutealen Lücke helfen eine volle Streckung der Hüfte sowie die gepolsterte Lagerung des Fußes auf dem Instrumententisch, womit die Hüfte so weit als möglich innenrotiert wird. Als nächster Schritt wird das Gleitgewebe über den Trochanter major nahe dessen dorsaler Kante inzidiert und nach ventral weggehalten. Mit diesem Schritt wird das Tuberculum innominatum bzw. die Ursprungsleiste des Musculus vastus lateralis sichtbar. Mit vorsichtiger und nur oberflächlicher Darstellung des hinteren Unterrands des Musculus gluteus medius lässt sich die dorsokraniale Spitze des Trochanter mit ihrer Sehneinstrahlung des Musculus gluteus medius einsehen und palpieren. Bei der Epiphyseolyse mit ihrer abwärtsbedingten Außenrotationsfehlstellung ist allerdings die Präsentation der Hüftregion verändert; manchmal sitzt der dorsale Trochanterrand der Hinterwand des Azetabulum geradezu auf.

Figure 3

The anterior margin of gluteus maximus is indicated by the position of the perforans vessels (not shown) that can be exposed by slight epifascial undercutting of the fatty tissue in an anterosuperior direction. Incision of fascia lata follows the perforans vessels. As part of the procedure the intermediate fascia (not shown) that rests on gluteus medius is also incised and successively retracted posteriorly with the mass of gluteus maximus. This retains the blood supply and innervation to the anterior part of gluteus maximus as well [19]. Full extension of the hip and padded support of the foot on the instrument table so that the hip is rotated internally as far as possible help to expose the intergluteal space. As a next step the mobile tissue over the greater trochanter is incised close to the dorsal edge and retracted in an anterior direction. The innominate tubercle and the border of the vastus lateralis origin are now visible. By careful, superficial exposure of the posterior margin of gluteus medius, the posterosuperior tip of the trochanter with the tendinous insertions of gluteus medius can be seen and palpated. The appearance of the hip region is, however, altered in cases of epiphyseolysis due to fixed external rotational contracture caused by the epiphyseal slip; sometimes, the posterior trochanteric border is seated directly on the posterior wall of the acetabulum.

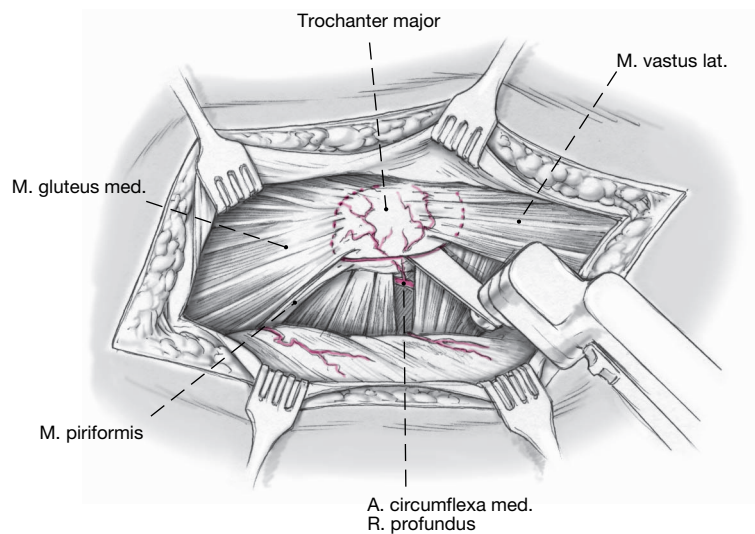


Abbildung 4

Die digastrische Trochanterosteotomie [6, 17], die genau genommen trigastrisch ist, weil die lange Sehne des Musculus gluteus minimus (nicht sichtbar) ventral ebenfalls noch am Trochanterfragment inseriert, wird in der Regel mit der oszillierenden Säge durchgeführt, und zwar so, dass distal der sehnige Ursprung des Musculus vastus lateralis unterfahren wird und proximal eine 2 mm dicke Schicht einstrahlender Fasern des Musculus gluteus medius an der Spitze des stabilen Trochanters verbleibt. Dadurch erhöht sich die Sicherheit, dass der Großteil der darunterliegenden Sehne des Musculus piriformis am stabilen Trochanter verbleibt. Die weitere Dissektion zur Darstellung der Gelenkkapsel findet zwischen Piriformissehne und Musculus gluteus minimus statt. Dieses Intervall bietet die größte Sicherheit, die Blutzufuhr zum Hüftkopf zu schonen. Darüber hinaus kann so auch die konstante Anastomose zwischen Arteria glutea inferior und Ramus profundus der Arteria circumflexa medialis am besten geschützt werden (nicht dargestellt). Diese Anastomose verläuft am Unterrand der Piriformissehne und ist grundsätzlich von Bedeutung, weil sie bei Verletzung des Ramus profundus die Durchblutung des Hüftkopfs allein gewährleisten kann [7]. Die Trochanterosteotomie mit der oszillierenden Säge wird umso schwieriger, je ausgeprägter die Außenrotationsfehlstellung und je voluminöser der subkutane Fettgewebemantel sind. Im Extremfall kann es sogar vorteilhaft sein, die digastrische Osteotomie nicht mit der Säge, sondern mit geraden und gebogenen Meißeln von dorsal-distal her durchzuführen. Das Trochanterfragment sollte in der Regel nicht dicker als 1,5 cm sein.

Bei einer zu oberflächlichen Trochanterosteotomie kann es zu Fixationsproblemen und Bruchgefahr des Trochanterfragments kommen. Bei einer zu tiefen Trochanterosteotomie haftet die Sehne des Musculus piriformis in toto am mobilen Trochanterfragment. Dadurch kann es zu mangelnder Mobilisierung des Trochanterfragments sowie zu einer Gefährdung des Ramus profundus der Arteria circumflexa medialis mit der Gefahr einer Kopfnekrose kommen.

Figure 4

Digastric trochanteric osteotomy [6, 17], which, precisely speaking, is trigastric because the long tendon of gluteus minimus (not visible) also inserts anteriorly into the trochanteric fragment, is generally performed with the oscillating saw in such a way that the tendinous origin of vastus lateralis is undercut distally to leave a residual 2 mm thick layer of the incoming fibers of gluteus medius at the tip of the stable trochanter proximally. This increases the security that the major part of the underlying piriformis muscle tendon will remain on the stable trochanter. Further dissection to expose the joint capsule takes place between the piriformis tendon and gluteus minimus. This interval offers the highest security that the blood supply to the femoral head will be preserved. Furthermore, the constant anastomosis between the inferior gluteal artery and the deep branch of the medial circumflex artery is optimally protected (not shown). This anastomosis runs along the lower margin of the piriformis tendon and is of potential importance because it alone can guarantee vascularization of the femoral head, if there is injury to the deep branch [7]. The more extreme the external rotational contracture and the more voluminous the subcutaneous mantle of fatty tissue the more difficult trochanteric osteotomy with the oscillating saw becomes. In extreme cases, it may even be advantageous not to cut the digastric osteotomy with the saw but to use straight and bent chisels instead, starting posteroinferiorly. The trochanteric fragment should normally not be thicker than 1.5 cm.

If the trochanteric osteotomy is too superficial, fixation difficulties and the risk of fracture of the trochanteric fragment may arise. If the trochanteric osteotomy is too deep, the tendon of the piriformis muscle will adhere in toto to the mobile trochanteric fragment. This may lead to insufficient mobilization of the trochanteric fragment and endanger the deep branch of the medial circumflex artery with the consequent risk of femoral head necrosis.

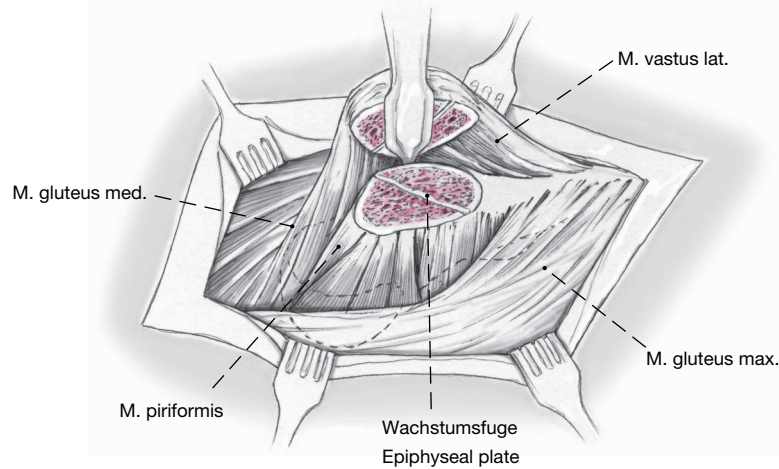


Abbildung 5

Mit einem in die Osteotomie eingeführten 18-mm-Hohmann-Hebel wird der mobile Trochanter nach ventral-kranial aufgeklappt. Dabei wird die schräg verlaufende Wachstumsfuge sichtbar. Schrittweise werden zunächst die Ursprungsfasern des Musculus vastus lateralis dorsal am Femur bis auf mittlere Höhe der Sehne des Musculus gluteus maximus gelöst. Proximal werden die noch am stabilen Trochanteranteil verbleibenden Sehneneinstrahlungen des Musculus gluteus medius durchtrennt. Danach kann das Trochanterfragment weiter nach ventral aufgekippt werden, insbesondere nachdem in Außenrotation und Flexion in der Hüfte die anterolaterale Partie des Musculus vastus lateralis subperiostal vom Femur abgelöst ist. Nach Ablösen der restlichen Sehnenanteile des Musculus gluteus medius vom stabilen Trochanter zeigt sich kranial davon ein Fettgewebe, dessen Dissektion die Sehne des Musculus piriformis als weißen Strang erkennen lässt. Allfällige, am mobilen Trochanterfragment verbliebene Fasern der Sehne werden knochenah durchtrennt, wonach das Trochanterfragment noch mobiler wird.

Figure 5

The mobile trochanter is flipped back anterosuperiorly by inserting an 18-mm Hohmann elevator into the osteotomy gap. The oblique growth plate is now visible. The fibers of the vastus lateralis origin at the posterior femur are gradually released to mid height of the gluteus maximus tendon. Proximally, the residual tendon insertions of gluteus medius still attached to the stable part of the trochanter are cut. The trochanteric fragment can now be tilted more anteriorly, especially after the anterolateral part of vastus lateralis has been released subperiosteally from the femur with the hip in external rotation and flexion. After release of the remaining tendinous parts of gluteus medius from the stable trochanter, fatty tissue becomes visible superiorly, dissection of which exposes the tendon of the piriformis muscle, visible as a white band. Any residual tendinous fibers on the mobile trochanteric fragment are cut away close to the bone so that the trochanteric fragment is even more mobile.

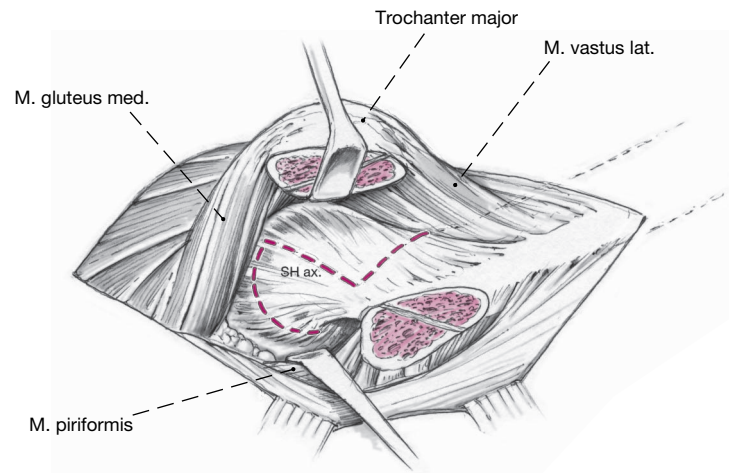


Abbildung 6

Mit Abduktion und weiterer Außenrotation wird die Sehne des Musculus piriformis entspannt, was die Darstellung der Lücke zum Unterrand des Musculus gluteus minimus erleichtert. Durch schrittweises Ablösen des Musculus gluteus minimus von der Kapsel nach dorsal, kranial sowie nach ventral wird die Kapsel bis über den Pfannenrand dargestellt. Alle Außenrotatoren bleiben vorerst am stabilen Trochanter haften. Es folgt eine Z-förmige Kapsulotomie, die mit ihrer schenkelhalsaxialen Komponente nahe an der anterokranialen Ecke des stabilen Trochanters beginnt. Zur Vermeidung einer Verletzung von Retinakulum, Knorpel oder Labrum wird sie nach proximal von innen nach außen durchgeführt. Es folgen der ventrale Kapsulotomieschenkel, der in Richtung des ventrokaudalen Azetabulumrands zielt, sowie der dorsale Einschnitt am Knochen entlang dem Pfannenrand.

Figure 6

Abduction and further external rotation releases the tendon of the piriformis muscle, which facilitates exposure of the gap to the lower margin of gluteus minimus. Gradual dissection of the posterior, superior and anterior insertions of gluteus minimus from the capsule exposes the capsule to beyond the acetabular rim. All external rotators initially remain attached to the stable trochanter. Z-shaped capsulotomy follows, whereby the component axial to the femoral neck begins close to the anterosuperior corner of the stable trochanter. It is executed in an inside out fashion in a proximal direction to avoid injury to the retinaculum, cartilage and labrum. This is followed by the anterior capsular cut that is directed toward the anteroinferior acetabular rim and the posterior capsulotomy along the acetabular rim.

Abbildung 7

Ein 8-mm-Hohmann-Haken wird supraacetabulär unter dem Kapselrand, aber über dem Labrum in den Knochen geschlagen und hält die Weichteile zurück. Ein Langenbeck-Haken kann hierzu auch genügen.

Jetzt wird ersichtlich, wie weit der Kopf nach dorsal abgerutscht ist, ob eine Synovialitis vorliegt und ob die Epiphyse noch stabil mit dem Schenkelhals verbunden ist. Sollte Letzteres nicht der Fall sein, wird sie umgehend mit zwei bis drei 2-mm-Gewinde-Kirschner-Drähten fixiert. Bei einem Repositionsmanöver wird nicht auf Vollständigkeit geachtet, das einsehbare Retinakulum (nicht sichtbar, da dorsal) darf auf keinen Fall unter Spannung geraten. Anschließend führen wir eine erste Überprüfung der epiphysealen Durchblutung durch, sei es mit einem 2-mm-Bohrloch, aus dem es bluten soll [9], sei es mit einer LDF-Sonde [20] oder einer Hirndrucksonde. Ergibt keine der Maßnahmen einen klaren Perfusionshinweis der Epiphyse, sollte die Operation dennoch planmäßig zu Ende geführt werden (s. Fallbeschreibung unter Ergebnisse). Danach sollte die Luxation des Hüftkopfs erfolgen, wozu das Bein in Außenrotation, Adduktion und Flexion gebracht und der Unterschenkel in den sterilen Sack gelegt werden (s. Abbildung 1b). Während dieses Manövers subluxiert der Kopf; mit einem Einzinkerhaken um das Calcar femoris kann nachgeholfen werden. Zeigt die Überprüfung des Abrutschs, dass ein Reduzieren der ventral überstehenden Metaphyse genügt (bei Abrutschen < 30° möglich) und dabei der Schenkelhals nicht zu dünn würde [16], kann auf eine volle Luxation verzichtet werden. Der Eingriff besteht dann in einer Offsetoptimierung, unmittelbar gefolgt von einer Schraubenstabilisierung der Restfuge.

Ist hingegen eine Luxation notwendig, wird das Ligamentum capitis femoris mit einer Parametriumschere durchtrennt. Mit Manipulationen am Bein durch den gegenüberstehenden Assistenten und durch spezielle Hebel am vorderen Pfannenrand sowie in der Incisura acetabuli werden 360° der Pfanne einsehbar. Werden die Hebel entfernt und das Knie abgesenkt, lässt sich der Femurkopf aus der Wunde anheben, was mit Rotationen ca. drei Viertel der Kopfzirkumferenz einsehbar macht. Sobald der Knorpel exponiert ist, sollte er durch ständiges Berieseln mit physiologischer Kochsalzlösung vor dem Austrocknen geschützt werden. Knorpel- und Labrumschädigung am Azetabulum werden dokumentiert. Ihre Entstehung durch die ventral prominente Metaphyse kann mit Flexions-Innenrotations-Bewegungen nach nochmaliger Reposition des Kopfs nachvollzogen werden.

Figure 7

An 8-mm Hohmann hook is hammered into the bone below the capsular margin but above the labrum and holds the soft tissues back. A Langenbeck hook may also be adequate for this purpose.

Now it can be seen how far the head has slipped posteriorly, whether there is synovialitis, and whether the epiphysis is still firmly connected to the femoral neck. If the latter is not the case, the epiphysis is immediately stabilized by insertion of two to three 2-mm threaded Kirschner wires. Attention need not be paid to complete reduction during this maneuver but the visible retinaculum (not shown because it is posterior) must not come under tension. Next, we conduct an initial assessment of epiphyseal blood supply, either by drilling a 2-mm hole that should bleed [9], or with an LDF probe [20] or an intracerebral pressure probe. If none of these methods show clear signs of perfusion of the epiphysis, surgery should nonetheless be completed as planned (see case description under Results). Dislocation of the femoral head follows, whereby the leg is moved into external rotation, adduction, and flexion and the lower leg is placed into a sterile bag (see Figure 1b). Subluxation of the head will occur during this maneuver; use of a bone hook inserted around calcar femoris can be helpful. If evaluation of displacement shows that trimming of the anterior metaphyseal overhang is sufficient (possible for displacement < 30°) and will not make the femoral neck too thin [16], full dislocation will not be necessary. In this case surgery aims to optimize the offset and is followed immediately by screw stabilization of the residual growth plate.

If, however, dislocation should be necessary, the ligament of the head of the femur is cut with parametrium scissors. 360° exposure of the acetabulum can be achieved by manipulation of the leg from the opposite side by the assistant and insertion of special retractors at the anterior acetabular rim and in the acetabular notch. When the hooks are removed and the knee is lowered, the femoral head can be elevated out of the wound so that, with rotation, about three quarters of the head circumference can be seen. As soon as the cartilage is exposed, it should be protected from drying out by a constant rinsing with physiological saline. Damage to the cartilage and labrum at the acetabulum is documented. The movements that caused the damage due to the anterior prominence of the metaphysis can be repeated performing flexion rotary movements after the head has been repositioned into the socket.

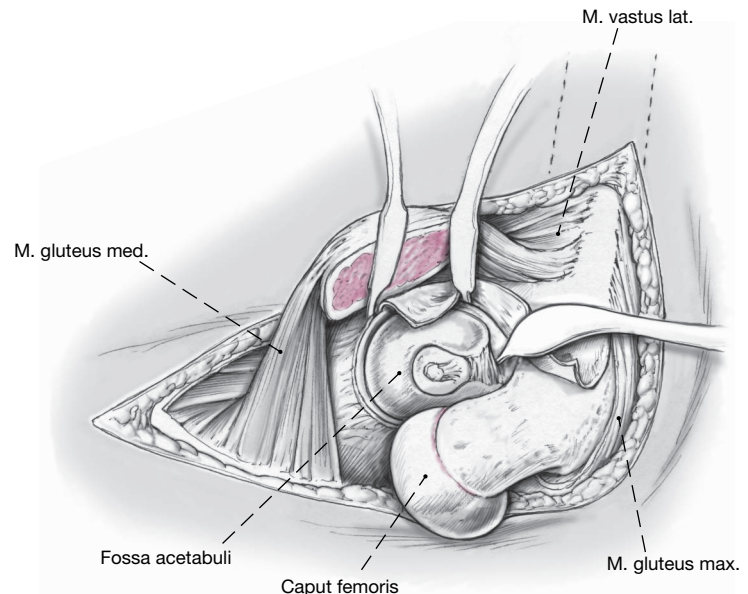


Abbildung 8

Die Entwicklung des aus Retinakulum und Außenrotatoren bestehenden Weichteillappens, welcher die epiphysenernährenden Blutgefäße enthält, wird mit reponiertem Hüftkopf begonnen. Der Musculus piriformis ist vom Kapsellappen verdeckt. Der Bereich des stabilen Trochanters proximal der sichtbaren Wachstumsfuge wird mit einem Meißel vorsichtig mobilisiert und danach aus seinem Periost am besten stückweise von innen nach außen herausgeschält.

Figure 8

Development of the soft-tissue flap consisting of retinaculum and external rotators, which contains the nutrient blood vessels to the epiphysis, commences at the reduced femoral head. The piriformis muscle is hidden behind the capsular flap. The region of the stable trochanter proximal to the visible growth plate is carefully mobilized with a chisel and then gradually eased out of its periosteum.

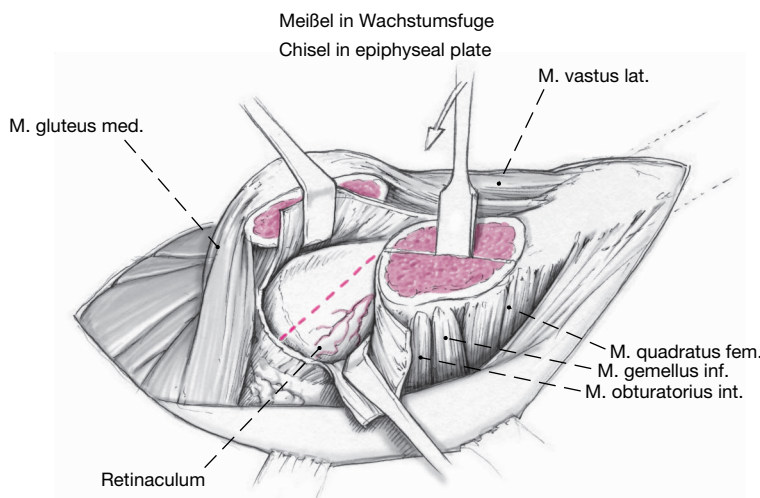
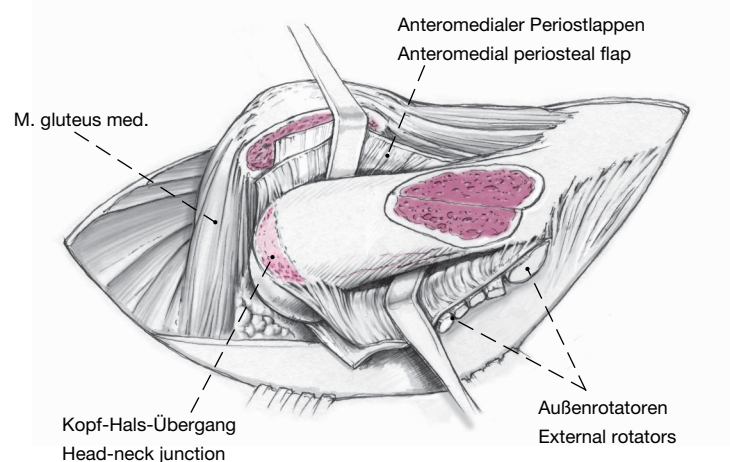


Abbildung 9

Das Periost des Schenkelhals wird, beginnend an der kranial-ventralen Ecke der stabilen Trochanterapophyse, schenkelhalsaxial Richtung Kopf inzidiert (s. gestrichelte Linie in Abbildung 8). Schrittweise wird dann das Retinakulum unter Zuhilfenahme von Messer und Raspatorium vom Schenkelhals abgelöst, ohne dass der Kopf-Hals-Übergang einreißt. Gefährlich sind dabei unkontrollierte Innenrotationen, besonders wenn ein Hebel zwischen Weichteillappen und Knochen eingeführt ist. Schließlich wird der gesamte dorsale Schenkelhals bis auf Höhe des Trochanter minor einsehbar. Ähnlich wird mit dem anteromedialen Periost verfahren, wobei dieser Schritt einfacher bei luxiertem Kopf durchgeführt wird. Auch hier wird darauf geachtet, dass der Periostlappen nicht von der Kalotte abreißt. Jetzt kann erneut, am besten bei noch reponiertem Kopf, die Perfusion der Kalotte mit den oben angeführten Techniken überprüft werden. Der Kopf wird danach erneut luxiert.

Figure 9

The periosteum of the femoral neck is incised on the axis of the femoral neck toward the head starting at the anterosuperior corner of the stable trochanteric apophysis (see dotted line in Figure 8). The retinaculum is gradually released from the femoral neck with the help of the scalpel and periosteal elevator, without causing the head-neck junction to tear. In this situation uncontrolled internal rotation can become dangerous, especially when a retractor is placed between retinaculum and bone. Subsequently, the entire posterior femoral neck is visible to the level of the lesser trochanter. The same procedure is applied to the anteromedial periosteum, whereby this step is easier to perform, if the head is dislocated. Here, attention is also paid to ensuring that the periosteal flap does not tear off the head. Optimally, with the head still reduced, perfusion of the head can be evaluated again by means of the aforementioned techniques. The head is then dislocated again.



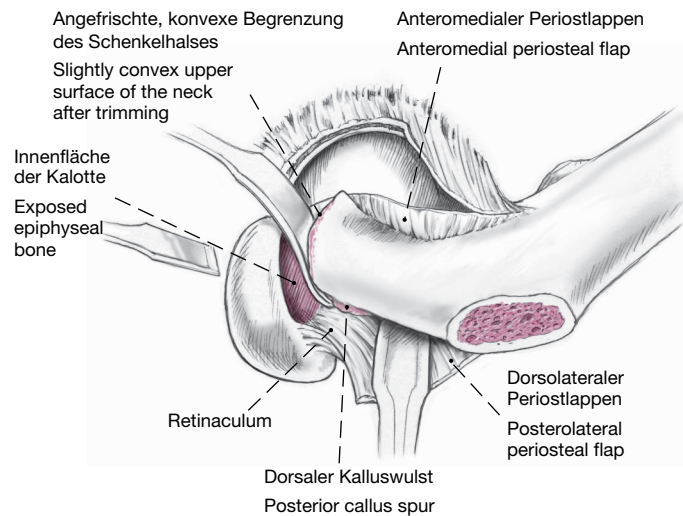


Abbildung 10

Nachdem mit einem stumpfen Hebel der Knochen des Schenkelhalses umfahren und dargestellt ist, wobei keine Spannung auf das Retinakulum ausgeübt werden darf, wird mit einem 10 mm breiten, gebogenen Meißel schrittweise die Fuge des Kopfs gelöst (nicht dargestellt). Es ist zu beachten, dass sich die Fuge innerhalb der Knorpelkappe befindet. Eine Keilentnahme an der Metaphyse zur besseren Einsicht ist in der Regel nicht notwendig. Durch gleichzeitiges vorsichtiges Drücken mit einem Hebel und kontrollierter Außenrotation des Beins werden der Kopf weiter abgekippt und der Schenkelhalsstumpf aus dem Periostschlauch herausgedreht. Die Entfernung eines medialen Anteils der dorsalen Kallusspanne (nicht sichtbar), am einfachsten in Außenrotation, erleichtert die Lösung der Kalotte. Die Kalotte bleibt dabei dorsomedial, sie sollte aber nicht in die Pfanne zurückrutschen, da jetzt ihre erneute Luxation wegen des Sogs im Gelenk selbst mit einem eingebohrten Kirschner-Draht schwierig ist. Eine kleine Longuette in der Pfanne hilft, dieses Missgeschick zu verhindern. Zuerst wird am Schenkelhalsstumpf der regelmäßig vorhandene dorsale Kalluswulst bis auf das einsehbare bzw. palpable Schenkelhalsniveau mit einem geraden Meißel reseziert. Dann wird die Fläche des Stumpfes leicht abgerundet, wobei auf ihre Ausrichtung senkrecht zur Schenkelhalsachse geachtet wird.

Figure 10

After the bone of the femoral neck is exposed with a blunt retractor in such a way that not tension is applied to the retinakulum, a 10 mm wide, bent chisel is used to gradually separate the growth plate from the head (not shown here). It should be noted that the level of the growth plate is inside the cartilaginous cap. Excision of a wedge at the metaphysis to improve vision is usually not necessary. By careful levering with a retractor and controlled external rotation of the leg, the head can be tilted further and the femoral neck stump can be worked out of the periosteal sheath. Removal of a medial part of the posterior callus bridge (not visible), which is easiest in external rotation, facilitates separation of the head. The head remains posteromedial but should not slip back into the acetabulum since renewed dislocation at this stage will be difficult even with an in situ Kirschner wire due to suction in the joint. A small longette placed in the acetabulum helps to prevent this mishap. First, the constant posterior callus spur on the femoral neck stump is resected until the level of the femoral neck is visible and palpable. Then, the surface of the stump is rounded off slightly, whereby it is important to ensure that it is aligned perpendicular to the axis of the femoral neck.

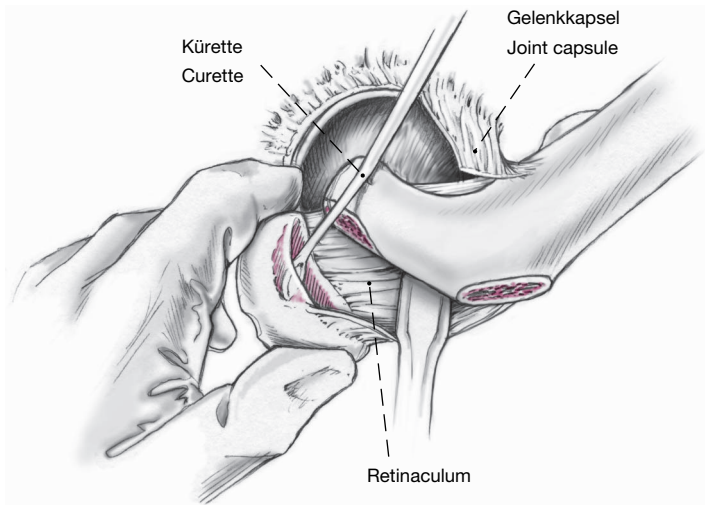


Abbildung 11

Durch kontrollierte Bewegungen des Beins lässt sich der Schenkelhalsstumpf so weit drehen, dass eine Hand des Operateurs die Kalotte mit zwei Fingern umgreifen kann, während die andere Hand das Restgewebe der Wachstumsfuge mit Raspatorium und Kürette möglichst unter Sichtkontrolle entfernt. In der Regel erkennt man danach spontane Blutaustritte aus dem freigelegten epiphysären Knochen. Vorsicht ist geboten, wenn sich die Kürette dem Kalottenrand am Übergang zum Retinakulum nähert. Sobald alle Kallusbröckel und Gewebefetzen entfernt sind, wird die Kalotte unter visueller Kontrolle des Retinakulums wieder auf den Schenkelhals reponiert, was durch Innenrotation des Beins erleichtert wird. Entsteht bei der Reposition eine Spannung des Retinakulums, muss das Manöver abgebrochen und nach der Ursache gesucht werden. Gelegentlich ist ein Teil des dorsalen Weichteilappens eingeschlagen und muss befreit werden. Ganz selten muss die Höhe des Schenkelhalses etwas reduziert werden.

Figure 11

The femoral neck stump can be turned by controlled movements of the leg so that the surgeon can grip the head with two fingers of one hand while the other hand is used to remove residual tissue of the growth plate with periosteal elevator and curette, if possible, under direct vision. As a rule, spontaneous bleeding from the exposed epiphyseal bone is seen. Meticulous preparation is required as the curette approaches the margin of the head at the junction to the retinaculum. As soon as all callus particles and shreds of tissue have been removed, the head is again reduced onto the femoral neck under visual monitoring of the retinaculum. This is facilitated by internal rotation of the leg. If tension builds up in the retinaculum during reduction, the maneuver must be interrupted and a search made for the cause. Sometimes, part of the posterior soft-tissue flap becomes trapped and has to be freed. Only on rare occasions does the level of the femoral neck have to be reduced a little.

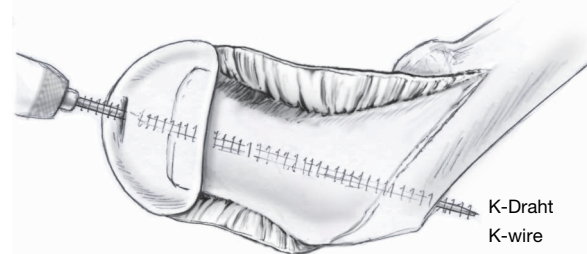


Abbildung 12

Wichtig ist die genaue räumliche Ausrichtung der Kalotte. Ihre Ränder sollten zum Schenkelhals ventral und dorsal sowie medial und lateral eine gleich große Stufe (nicht dargestellt) aufweisen, was zunächst visuell bzw. durch Palpation mit einem Spatel kontrolliert wird. Die korrekte Rotation der Kalotte kann an der relativen Lage des Retinakulums zum Schenkelhals und an der Lage der Fovea capitis femoris abgeschätzt werden. Am schwierigsten ist es, die Varus-Valgus-Position korrekt einzustellen; hierzu wird eine intraoperative Bildverstärkerkontrolle empfohlen. Vorher wird ein 3,0-mm-Vollgewindedraht retrograd durch die Fovea capitis femoris so eingedreht, dass er knapp subtrochantär wieder aus der lateralen Kortikalis austritt. Von dort wird er weiter zurückgezogen, bis der Draht gerade in der Fovea capitis femoris verschwindet. Danach kann der Kopf vorsichtig in die Pfanne reponiert werden. Jetzt folgen die Überprüfung der Kalottenposition mit dem Bildwandler und eine erneute Perfusionsbestimmung.

Figure 12

The precise spatial alignment of the head is important. There should be the same-size step-off (not shown) around its border to the femoral neck at the anterior, posterior, medial and lateral aspects, which can initially be verified visually or by palpation with a spatula. Correct rotation of the head can be estimated on the basis of the relative position of the retinaculum to the femoral neck and the position of the fovea for the ligament of the head. It is hardest to adjust the varus-valgus position correctly; intraoperative fluoroscopy is recommended for this control. First, a 3.0-mm fully threaded wire is drilled through the fovea for the head ligament in retrograde technique so that it exits the lateral cortex slightly below the trochanter. From that position the wire is further introduced until it disappears into the fovea. Next, the head can be carefully repositioned in the acetabulum. This is followed by evaluation of head position with the image intensifier and repeat assessment of perfusion.

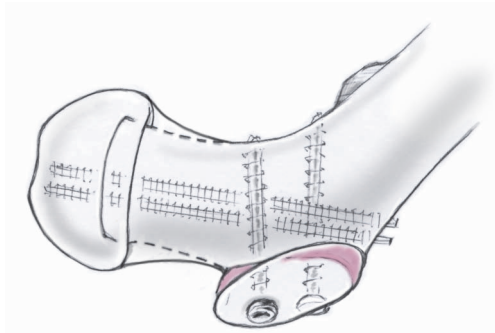


Abbildung 13

Bei anatomischer Position der Kalotte werden ein bis zwei weitere Vollgewindedrähte antegrad zur Sicherung der Kalottenstellung eingebracht. Dabei muss darauf geachtet werden, dass beim Eindrehen der Drahtspitzen in die harte Spongiosa der Kalotte keine Distraction entsteht. Vollgewinde-Kirschner-Drähte lassen sich in der Regel später leichter als 3,5-mm-Schrauben entfernen, bei denen nicht selten der Inbus nachgibt oder die Schraube bricht und ein Teil des Gewindes im Knochen zurückbleibt. Die korrekte Länge der Drähte kann mit erneuter Luxation oder Bildverstärkerkontrolle überprüft werden. Sie sollten gleichmäßig in der Kalotte verteilt sein. Wird der Kalibersprung zwischen Kalotte und Schenkelhals mit Knochenbröckeln aufgefüllt, besteht die Gefahr, den erwünschten Offset zwischen Kopf und Hals zu verlieren. Die spontane knöcherne Überbrückung erfolgt innerhalb weniger Wochen und Monate und führt zu einer harmonischen Taille.

Der Periost-Retinakulum-Schlauch wird mit einigen, unbedingt spannungsfreien Situationsnähten wiederhergestellt. Auch die Kapselnaht darf nicht unter Spannung erfolgen, da sonst der auf das Retinakulum fortgeleitete Zug die Kopfdurchblutung gefährden könnte [20]. Sollte danach der Musculus piriformis auf die Kapsel Zug ausüben, kann seine Sehne etwas gelöst werden. Die Trochanterrefixation erfolgt mit zwei bis drei 3,5-mm-Schrauben, wobei je nach Bedarf eine Distalisierung eingestellt werden kann (Abbildung 14). Wir verschließen die Verschiebeschicht über den Trochanter durch fortlaufende Nähte und legen großen Wert auf eine dichte und stabile Fasziennaht als Garant einer korrekten Aufhängung der dorsalen subkutanen Fettgewebsschicht. Die Naht des Fettgewebes erfolgt mehrschichtig, wobei nur die Septen gefasst werden. Bei sorgfältiger, schichtweiser Rekonstruktion der Weichteilschichten ist eine Redon-Drainage überflüssig.

Als Verband legen wir eine leicht tonisierende Binden-Spica für 2 Tage an. Das Bein wird neutral rotiert in einer Schaumstoffschiene gelagert.

Sofern eine prophylaktische Spickung der Gegenseite vorgesehen ist, kann sie in gleicher Anästhesie nach entsprechender Umlagerung erfolgen.

Figure 13

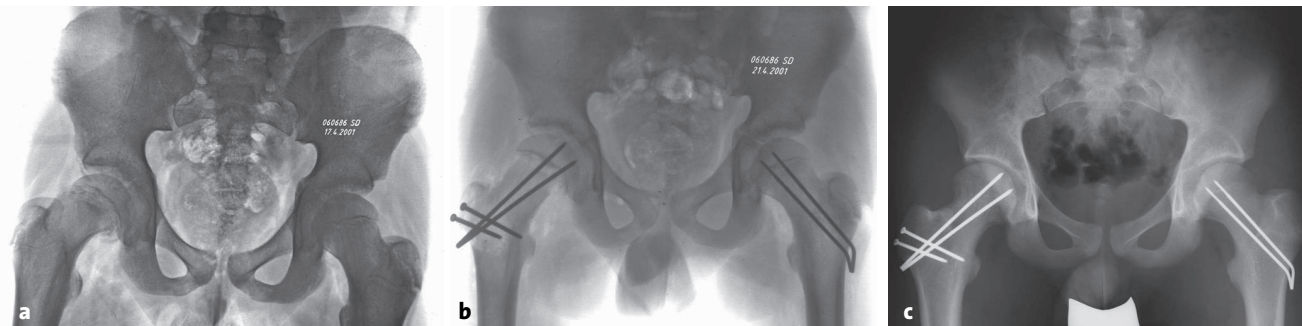
If the head is in the anatomic position, one or two more fully threaded wires are inserted in antegrade technique to secure the position of the head. It is important to ensure that distraction does not occur when inserting the wire tips into the hard cancellous bone of the head. Fully threaded Kirschner wires are generally easier to remove than 3,5-mm screws since the hex socket often strips or the screw breaks and part of the thread remains in the bone. The correct length of wire can be checked by repeated dislocation or with fluoroscopy. The wires should be uniformly distributed in the head. Do not fill the gap between the head and the femoral neck with bone particles, as there is a risk that the desired offset between head and neck will be lost. Spontaneous bony bridging results within a few weeks to months and creates a harmonious waistline contour.

The periosteal-retinacular hose is restored with a few absolutely tension-free sutures. Capsule suture must not be under tension either because otherwise that tension will be transferred to the retinaculum, and the blood supply to the head could be endangered [20]. If the piriformis muscle should subsequently place the capsule under tension, its tendon can be slightly released. Refixation of the trochanter is achieved by insertion of two to three 3,5-mm screws, whereby a trochanteric advancement can be made, if required (Figure 14). We restore the sliding layer over the trochanter with continuous sutures and place great emphasis on dense and stable suture of the fascia as a guarantee of correct attachment of the posterior subcutaneous layer of fatty tissue.

Suture of the fatty tissue is multilayered, whereby only the septa are captured. Redon drains are superfluous, if there is careful, layer-by-layer reconstruction of the soft tissues.

We apply a slightly toning spica dressing for 2 days. The leg is placed in neutral rotation in a foam splint.

If prophylactic wire fixation of the contralateral side is planned, it can be performed during the same anesthesia after moving the patient into the lateral position on the other side.



Abbildungen 14a bis 14c

a) „Acute on chronic“ Epiphyseolyse rechts bei einem 14-jährigen Jungen unmittelbar vor der Operation.
 b) Die postoperative Röntgenkontrolle des Beckens zeigt die anatomische Reposition und Stabilisierung mit zwei Gewinde-Kirschner-Drähten. Der Trochanter ist mit zwei 3,5-mm-AO-Schrauben fixiert. Die Gegenhäfte ist prophylaktisch gespickt.
 c) Beckenübersicht 1 Jahr nach der Operation. Die Stufe vom Kopf zum Hals hat sich spontan als homogene Taille geglättet.

Figures 14a to 14c

a) „Acute on chronic“ epiphyseolysis, right side, in a 14-year-old boy immediately before the operation.
 b) Postoperative radiographs of the pelvis show anatomic reduction and stabilization with two fully threaded Kirschner wires. The trochanter is stabilized with two 3.5-mm AO screws. Prophylactic Kirschner wire fixation of the contralateral hip.
 c) Pelvic radiography 1 year after the operation. The step-off from head to neck has smoothed out spontaneously into a homogeneous waistline.

Besonderheiten

- Kommt die Epiphyseolysis capitis femoris erst mit verknöchertem Wachstumsfuge zur Behandlung, ist die beschriebene Mobilisierung der Epiphyse nicht mehr möglich. Sofern der Knorpelzustand im Azetabulum bei der Überprüfung mit einem radialen Arthro-MRT [15] noch nicht allzu sehr geschädigt ist, kommt mit gleicher biomechanischer Überlegung wie für die Reorientierung durch die Wachstumsfuge eine Schenkelhalsosteotomie in Frage (Abbildung 15a). Diese liegt nahe der Schenkelhalsmitte, d.h. so weit distal, dass die Einstrahlung des Retinakulums am Kopf-Hals-Übergang nicht gefährdet wird.
- Luxation des Gelenks und Darstellung des dorsalen Schenkelhalses bzw. Entwicklung des Weichteillappens sind in ihren Schritten identisch. Die Osteotomie erfolgt je nach Art und Ausmaß der Fehlstellung mit einer entsprechenden Keilentnahme vom distalen Fragment. Entsteht dadurch ein kritisch kurzer Schenkelhals mit Gefahr eines extraartikulären Impingements, wird der Trochanter am Ende des Eingriffs lateralisiert und distalisiert. Zu bedenken ist, dass der an der Kalotte verbleibende kurze metaphysäre Knochenanteil des Schenkelhalses zunächst nicht durchblutet ist; diese Beobachtung darf nicht als mangelnde Durchblutung der Kalotte fehlinterpretiert werden.
- An die Fragmentfixation einer Schenkelhalsosteotomie werden etwas höhere und dauerhaftere Ansprüche gestellt. Eine Kompression der Osteotomie

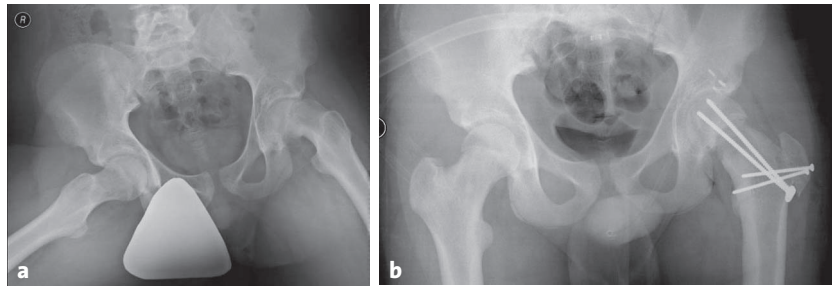
Special Considerations

- If slipped capital femoral epiphysis only presents for treatment when the growth plate has ossified, then mobilization of the epiphysis as described is no longer possible. If, after examination with radial arthro-MRI [15], the cartilage in the acetabulum does not appear too badly damaged, femoral neck osteotomy can be regarded as a possibility on the basis of the same biomechanical considerations that apply to realignment through the epiphyseal plate (Figure 15a). The femoral neck osteotomy is placed more toward the middle of the femoral neck, that is, so far distally that the retinacular insertions at the head-neck junction are not put at risk.
- Dislocation of the joint and exposure of the posterior femoral neck as well as development of a soft-tissue flap follow the identical procedure. The osteotomy is performed depending on the type and extent of the deformity with appropriate excision of a wedge from the distal fragment. If this leads to a critically short femoral neck with the risk of extraarticular impingement, the trochanter is lateralized and distalized at the end of the operation. It is to be remembered that the short metaphyseal bone segment still connected to the head is initially not vascularized; this observation should not erroneously be interpreted as a lack of blood supply to the head.
- Higher and more permanent demands are made on fragment fixation of a femoral neck osteotomy.

Abbildungen 15a und 15b

a) Chronische Epiphyseolyse der linken Hüfte mit schmerzhafter Bewegungseinschränkung (Flexion/Innenrotation/Abduktion) bei einem 17-jährigen Jungen. Die Epiphysenfugen sind weitgehend geschlossen.

b) Reorientierung des Kopfs mittels Schenkelhalsosteotomie. Das Kopfsegment ist im Vergleich zur Reorientierung durch die Fuge entsprechend höher. Relative Schenkelhalsverlängerung und Lateralisierung des Trochanter major. Fixation der Schenkelhalsosteotomie mit 4,5-mm-AO-Schrauben und des Trochanters mit 3,5-mm-AO-Schrauben.



Figures 15a and 15b

a) Chronic epiphyseolysis of the left hip with painful restricted movement (flexion/internal rotation/abduction) in a 17-year-old boy. The epiphyseal plates are more or less completely closed.

b) Realignment of the head by femoral neck osteotomy. The head fragment is correspondingly longer in comparison to realignment at the growth plate. Relative lengthening of the femoral neck and lateralization of the greater trochanter. Stabilization of the femoral neck osteotomy with 4.5-mm AO screws and of the trochanter with 3.5-mm AO screws.

mit zwei bis drei 4,5-mm-AO-Kortikalis- oder bei voluminösem Schenkelhals mit 6,5-mm-Spongiosa-Zugschrauben ist sinnvoll (Abbildung 15b). Die Konsolidierungszeit ist mit ca. 3 Monaten etwas länger als bei der subkapitalen Reorientierung.

Postoperative Behandlung

- Der Verband wird nach 2 Tagen entfernt und durch einen einfachen Wundverband für weitere 2–3 Tage ersetzt. Das resorbierbare und farblose Material der Intrakutannaht muss nicht entfernt werden. Wir verordnen eine motorisierte Bewegungsschiene während des stationären Aufenthalts. Es sollte weder ein Streckausfall noch eine Außenrotationsfehlstellung entstehen. Der/die Physiotherapeut/-in instruiert den Patienten, wie mit Unterstützung des Gegenbeins das operierte Bein ohne dessen aktive Muskelanspannung aus dem Bett gehoben wird. Die Unterweisung umfasst auch, wie der Fuß bei Bodenberührung an zwei Stöcken abgerollt wird und wie man sich beim Hinsetzen und Aufstehen verhält. Stühle sollten möglichst hoch und mit Armlehnen versehen sein. Die Instruktion beinhaltet Treppensteigen und -heruntergehen. Bei größeren Patienten kann die Verordnung eines Keilkissens und eines Toilettenaufsatzes erwogen werden.
- Eine Thromboseprophylaxe findet bei diesen jungen Patienten nicht routinemäßig statt.
- Nach 8 Wochen zeigt das Röntgenbild den Fortschritt der Konsolidierung und hilft bei der Entscheidung, ob die Belastung bereits gesteigert oder im Zweifelsfall um weitere 3–4 Wochen hinausgeschoben werden sollte.

The osteotomy can effectively be placed under compression by insertion of two to three 4.5-mm AO cortical or with a big femoral neck 6.5-mm cancellous lag screws (Figure 15b). Consolidation time is about 3 months, which is somewhat longer than for subcapital realignment.

Postoperative Management

- The bandage can be removed after 2 days and replaced by a simple wound dressing for a further 2–3 days. The resorbable and colorless material of the intracutaneous suture does not have to be removed. We prescribe a motorized passive motion device for the duration of the hospital stay. Neither an extension deficit nor an external rotation deformity should develop. The physiotherapist gives instruction on how to lift the operated leg out of the bed without actively tensioning the muscles by relying on the support of the contralateral leg. Instruction is also given on how to roll the foot on the floor when walking on two sticks and how to sit down and get up again. Chairs should be as high as possible and have arm rests. Instruction includes walking up and down stairs. For larger patients prescription of a wedge-shaped bolster and raised toilet seat should be considered.
- Thrombosis prophylaxis is not routinely prescribed for these young patients.
- After 8 weeks, the radiograph shows the progress of consolidation and helps to decide whether loading can be increased already or whether, in cases of doubt, it should be postponed for a further 3–4 weeks.

- Nach 8 Wochen ist die Trochanterosteotomie sicher konsolidiert, was den Beginn von eigenständigem und täglichem Abduktorentraining ermöglicht. Die Detailinstruktionen sollten durch den Arzt erteilt werden. Die Stockhilfe kann reduziert werden, wenn die Konsolidierung subkapital im anteroposterioren und axialen Bild sichtbar ausreicht. Auf einen Stock in der Gegenhand sollte erst verzichtet werden, wenn die Kraft des Musculus gluteus medius nahezu symmetrisch ist (etwa Kraftgrad M5). Konsolidierung und Rehabilitationsfortschritt werden erneut 12–14 Wochen nach dem Eingriff überprüft. Danach wird die Hüfte in der Regel für den Alltagsgebrauch freigegeben. Eine Schrauben- bzw. Drahtentfernung sollte frühestens 1 Jahr nach der Operation erfolgen, sie kann aber je nach Umständen auch später durchgeführt werden. Die Implantate der prophylaktisch verschraubten Gegenhüfte sind bis zur Verknöcherung der Wachstumsfuge zu belassen.

Fehler, Gefahren, Komplikationen

- Häufigster „Fehler“ ist die mangelhafte Detailtreue bei der Durchführung des Eingriffs. Der Verlauf der Arteria circumflexa femoris medialis, der wichtigsten Blutzufuhr zur Epiphyse, muss in Beziehung zu den Außenrotatoren entlang dem dorsalen Trochanterrand bekannt sein [5, 7].
 - Zugang nach proximal zu kurz, deshalb mangelhafte Übersicht, Schädigung der Muskulatur, schwierige Luxation: Erweiterung des Zugangs nach proximal.
 - Einriss des Retinakulums am Kopf-Hals-Übergang bei der subperiostalen Präparation mit Gefahr der Kopfnekrose: Subperiostale Mobilisation des Retinakulums mit Vorsicht und Bedacht beim Einsatz des scharfen Periostelevatoriums, das nicht abrutschen darf. Vorsicht bei Innenrotation des Beins, wenn ein Hebel subperiostal am Schenkelhals eingeschoben ist.
 - Einriss des Retinakulums bei den Manipulationen zur Kallusentfernung am Schenkelhals und zur Reposition. Ist die vom Schenkelhals gelöste Kalotte auch aus der Pfanne luxiert, ist das Retinakulum viel weniger durch ungewollte Bewegungen, etwa am Bein, oder durch instrumentelle Manipulationen gefährdet, weil der freie Kopf ausweichen kann. Bei der Kürettage des Fugenknorpels kann die luxierte Kalotte manuell stabilisiert werden, ein Vorgang, der bei reponierter Kalotte hinsichtlich der Retinakulumintegrität viel unkontrollierter stattfinden muss. Schließlich kann die luxierte Kalotte unter
- After 8 weeks, the trochanteric osteotomy will definitely have consolidated, thus facilitating the start of independent and daily abductor training. The doctor should give detailed instructions. The use of sticks can be reduced, if subcapital consolidation as seen on the anteroposterior and axial radiographs is visibly adequate. The stick used by the opposite hand can be left aside first, if the strength of gluteus medius is almost symmetrical (about strength grade M5). Consolidation and progress in rehabilitation are reevaluated 12–14 weeks after surgery. Then, normal use of the hip for daily activities can be permitted. Screw and/or wire removal can be scheduled for 1 year after the operation at the earliest, but can be performed later depending on the circumstances. The implants in the prophylactically stabilized hip are left in situ until the growth plate is ossified.

Errors, Hazards, Complications

- The most frequent “error” is a lack of attention to details when performing this surgical procedure. The course of the medial femoral circumflex artery, the most important source of blood supply to the epiphysis, along the posterior trochanteric margin and in relation to the external rotators must be known [5, 7].
- The skin incision is too short proximally, therefore, inadequate visibility, damage to muscles, difficult dislocation: enlarge the approach proximally.
- Tearing of the retinaculum at the head-neck junction during subperiosteal dissection with the risk of head necrosis: subperiosteal mobilization of the retinaculum with care and circumspection when working with the sharp periosteal elevator, which must not be allowed to slip.
- Tearing of the retinaculum during manipulations to remove callus at the femoral neck and in preparation for reduction. Once the head has been detached from the femoral neck and dislocated out of the acetabulum, the retinaculum is far less endangered by unintentional movements, e.g., of the leg or due to instrumental manipulations, because the head is free to respond. The dislocated head can be manually stabilized during curettage of the epiphyseal cartilage, a procedure that can be performed far less accurately with regard to retinacular integrity, if the head is not dislocated. Gradual and spatially perfect reduction of the dislocated head can be performed by hand with the retinaculum under direct vision, a procedure that is by far less harmful to the retinaculum compared with reduction of the femoral neck onto the head placed into the acetabulum.

Sichtkontrolle des Retinakulums von Hand wohl-dosiert und räumlich perfekt reponiert werden, was im Vergleich zur Reposition des Schenkelhalses auf die in der Pfanne befindliche Kalotte wesentlich gefahrloser für das Retinakulum ist.

- Ungenügende Kallusentfernung dorsal am Schenkelhals oder unvollständige Entfernung gelöster Kallusstücke, dadurch umschriebene Spannung im Retinakulum, Durchblutungsstopp und Gefahr der Kopfnekrose: Die Behandlung der Kopfnekrose reicht je nach Lokalisation, Ausdehnung und/oder konsekutiver Subluxation von Entlastung bis zur Revisionsoperation mit Umstellung eines vitalen Kopfanteils.
- Perforation der Gewindedrähte in das Gelenk mit Gefahr einer Schädigung des acetabulären Knorpels: Die Drähte müssen umgehend zurückgezogen werden.
- Mechanisch ungenügende Schraubenplatzierung bei Trochanterfixation: Bei Trochanterpseudarthrose erneute stabile Osteosynthese (Schraubenosteosynthese, selten Cerclagen).
- Verbiegung oder Bruch der Gewindedrähte oder Schrauben durch Überlastung, Fehlstellung der Kalotte: Je nach Ausmaß Revisionsoperation und erneute Fixation oder nur Ruhigstellung im Gipsverband.

Ergebnisse

Ab 1992 führten wir die beschriebene subkapitale Reorientierung nach Dunn mit Kallusresektion nach digastrischer Trochanterosteotomie, allerdings ohne Gelenkluxation durch (19 Hüften). Hüftkopfnekrosen kamen dabei nicht vor. Ab Mai 1996 wurden bis zur Emeritierung des Seniorautors 33 Hüften zusätzlich luxiert. Nach Ausschluss eines bilateralen Abrutschs bei Niereninsuffizienz und einer Hüfte mit bereits etablierter Teilnekrose des Kopfs nach geschlossenem Repositionsversuch und perkutaner Spickung verbleiben 30 Hüften bei 30 Patienten mit klassischer Epiphyseolysis capitis femoris. Eingeschlossen ist eine Hüfte, deren Kalotte erneut abrutschte, nachdem die Drähte 1 Jahr nach Spickung trotz nicht konsolidierter Fuge wieder entfernt worden waren.

23 Eingriffe betrafen die linke und nur sieben die rechte Hüfte, wobei die Geschlechtsverteilung ausgeglichen war. Das Alter bei Operation lag zwischen 10 und 17 Jahren. Die Mädchen waren im Durchschnitt 12 Jahre und die Knaben 14 Jahre alt. Der dorsale Abrutsch variierte zwischen 30° und 70°. Ein substantieller linearer Abrutsch nach dorsal konnte besonders bei den geringeren Angulationen beobachtet werden,

- Insufficient removal of callus at the posterior femoral neck or incomplete removal of loose callus particles with localized tension in the retinaculum, cessation of blood flow, and the risk of head necrosis: treatment of head necrosis ranges from unloading to reoperation with adaptation of a vital head segment depending on localization, extent, and/or simultaneous subluxation.
- Perforation of the threaded wires into the joint with the risk of damage to the acetabular cartilage: the wires must be withdrawn immediately.
- Mechanically inadequate screw placement for trochanteric fixation: if trochanter pseudarthrosis develops, repeat stable osteosynthesis (screw fixation, rarely cerclage).
- Bending or breakage of the threaded wires or screws due to overloading, malalignment of the head: depending on the extent, revision surgery and renewed fixation or, alternatively, immobilization in a plaster cast.

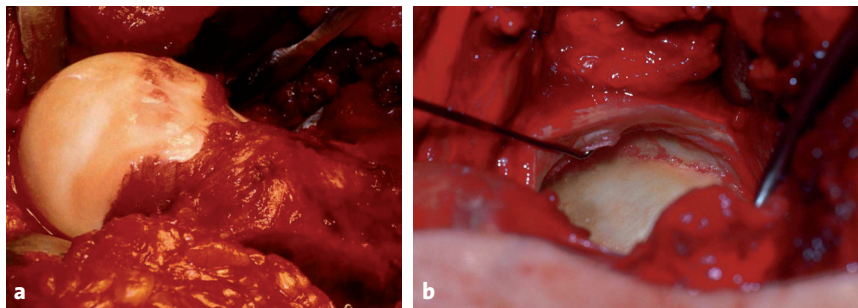
Results

We have performed subcapital reorientation according to Dunn as described here with callus resection after digastric trochanteric osteotomy but without joint dislocation since 1992 (19 hips). Femoral head necrosis did not occur. From May 1996 until the retirement of the senior author (emeritus), 33 hips were additionally dislocated. After exclusion of one bilateral slippage due to renal insufficiency and one hip with established partial head necrosis at surgery after an attempt at closed reduction and percutaneous wire fixation, there remained 30 hips in 30 patients with classic slipped capital femoral epiphysis. One hip has been included which was affected by renewed slippage of the head. The wires had been removed 1 year after fixation even though the growth plate had not yet consolidated.

23 operations were performed on the left hip and only seven on the right, whereby gender distribution was uniform. Age at the time of surgery was between 10 and 17 years. Girls were on average 12 years and boys 14 years old. Posterior displacement varied from 30° to 70°. Substantial linear posterior displacement was observed in particular in cases of less extreme angulation and was often more crucial with regard to impingement (Figure 16a). Six hips presented with an “acute on chronic” displacement; the unstable situation meant that measurement of angles between head and femoral neck was not meaningful. One hip with an “acute on chronic” displacement some 24 h before surgery, only showed pulsation in the retinaculum to the

Abbildungen 16a und 16b

a) Ventrale Kopf/Hals-Kontur eines chronischen Abrutschs von höchstens 30°. Man beachte die scharfkantigen Spongiosaulzerationen, die aus der Fasernorpelschicht über dem Kallus hervorragen.
 b) Neben geringen Abrasionen der Labrumunterfläche sind die Knorpelabrasionen bis auf den subchondralen Knochen trotz des geringgradigen Abrutschs eindrucklich.



Figures 16a and 16b

a) Anterior head/neck contour in chronic displacement of maximum 30°. The sharp-edged cancellous bone ulcerations that protrude through the fibrous cartilage layer to beyond the callus should be especially noted.
 b) In addition to slight abrasions of the undersurface of the labrum, the cartilage abrasions extending to the subchondral bone despite only slight displacement are impressive.

und war für das Impingement oft entscheidender (Abbildung 16a). Sechs Hüften wiesen einen sog. „acute on chronic“ Abrutsch auf; die instabile Beziehung machte eine Winkelmessung zwischen Kopf und Schenkelhals wenig sinnvoll. Eine Hüfte mit „acute on chronic“ Abrutsch gut 24 h vor der Operation zeigte bei der intraoperativen LDF-Messung nur Pulsationen im Retinakulum bis zum Eintritt in die Kopfkalotte, während sich in der Epiphyse keine Signale ermitteln ließen. 6 Wochen nach der Operation stürzte der Knabe und zog sich einen wesentlichen Stellungsverlust der Epiphyse zu, was zur Revisionsoperation zwang. Dabei blutete nun die Epiphyse nicht nur eindeutig, sondern es ließen sich auch mit der Doppler-Sonde Pulsationen im epiphysären Knochen messen. Im bisherigen 5-jährigen Verlauf entwickelte diese Hüfte keine Nekrose. Eine Hüfte wies eine krummstabartige Deformation des Schenkelhalses als Ausdruck des sich über Jahre erstreckenden Abrutschprozesses auf.

Die intraoperativen Labrumschäden waren in der Regel ausgeprägt. Azetabuläre Knorpelschäden waren tendenziell ausgeprägter bei den kleineren Abrutschten (Abbildung 16b), da bei höhergradigem Abrutsch die Metaphyse eher am Pfannenrand anstieß und nicht (oder nicht mehr) in die Pfanne eindringen konnte.

Die Nachkontrollzeit beträgt minimal 24, maximal 96 Monate und im Durchschnitt knapp 5 Jahre (55 Monate). In der Beobachtungszeit war mit der beschriebenen Operationstechnik keine Hüftkopfnekrose zu verzeichnen. Drei Hüften wurden wegen Korrekturverlust durch Verbiegung (Vollgewindedrähte, ein Fall) oder Implantatbruch (3,5-mm-Schrauben) erfolgreich erneut operiert. Alle drei weisen eine Verkürzung von maximal 1 cm auf. Bei einem Fall mit ventraler ektoper Ossifikation am distalen Schenkelhals ist dabei die In-

point of insertion into the femoral head during intraoperative LDF testing, whereas no signals were recorded for the epiphysis. The boy fell over 6 weeks after the operation and sustained considerable loss of alignment of the epiphysis so that reoperation was unavoidable. At that time the epiphysis was not only clearly bleeding, but Doppler probe pulsations were recorded in the epiphyseal bone. So far, 5 years after the operation, this hip has not become necrotic. One hip showed a crooked-stick-type deformity of the femoral neck as a result of a displacement process lasting for years.

Intraoperative damage to the labrum was generally very clear. Damage to the acetabular cartilage was tentatively worse for smaller displacements (Figure 16b). For larger displacement the metaphysis tended to abut with the acetabular rim and could not (or no longer) penetrate into the acetabulum.

The time to follow-up was minimum 24 and maximum 96 months and on average about 5 years (55 months). No cases of femoral head necrosis were recorded during the period of observation for the surgical technique described here. Three hips were successfully reoperated to manage correction loss due to bending (fully threaded wires, one case) or implant failure (3.5-mm screws). After reoperation all three showed shortening of maximum 1 cm. In one case with anterior ectopic bone formation at the distal femoral neck, internal rotation in flexion was reduced by half. It is planned to trim this bone during metal removal.

Subcapital realignment of the displaced head has become better standardized as a result of the procedures described here and has become safer with regard to the risk of femoral necrosis compared to reports in the literature [1, 3, 4]. However, a larger patient sample is

nenrotation in Beugung auf die Hälfte reduziert und soll mit der geplanten Materialentfernung abgetragen werden.

Die subkapitale Reorientierung der abgerutschten Kalotte hat durch die hier beschriebenen Maßnahmen eine wesentliche Standardisierung erfahren und ist hinsichtlich der Gefahr einer Hüftkopfnekrose auch im Literaturvergleich sicherer geworden [1, 3, 4]. Zur Bestätigung unserer Angaben bedarf es allerdings eines noch größeren Krankenguts. Das gilt auch für die Indikationsstellung bei geringem Abrutsch.

Der Eingriff ist zweifellos anspruchsvoll und bedarf einer sorgfältigen Schulung auf der Grundlage genauer anatomischer Kenntnisse; diese liegen deutlich über den für klassische Hüftzugänge erforderlichen Kenntnissen. Insgesamt erscheint es dennoch sinnvoll, in eine gelenkrekonstruierende Maßnahme für ein sehr junges Patientengut zu investieren, auch wenn längere Beobachtungszeiten zur Rechtfertigung des operativen Aufwands notwendig sind.

Literatur – References

- Ballmer PM, Gilg M, Aebi B, et al. Ergebnisse nach subkapitaler und Imhäuser-Weber Osteotomie bei Epiphyseolysis capitis femoris. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1990;128:63–6.
- Carney BT, Weinstein SL, Noble J. Long-term follow-up of slipped capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg Am* 1991;73:667–74.
- Dunn DM, Angel JC. Replacement of the femoral head by open operation in severe adolescent slipping of the upper femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg Br* 1978;60:394–403.
- Fish JB. Cuneiform osteotomy of the femoral neck in the treatment of slipped capital femoral epiphysis. A follow-up note. *J Bone Joint Surg Am* 1994;76:46–59.
- Ganz R, Gill TJ, Gautier E, et al. Surgical dislocation of the adult hip a technique with full access to the femoral head and acetabulum without the risk of avascular necrosis. *J Bone Joint Surg Br* 2001;83:119–24.
- Ganz R, Parvizi J, Beck M, et al. Femoroacetabular impingement: a cause for osteoarthritis of the hip. *Clin Orthop* 2003;417:112–20.
- Gautier E, Ganz K, Krugel N, et al. Anatomy of the medial femoral circumflex artery and its surgical implications. *J Bone Joint Surg Br* 2000;82:679–83.
- Gibson A. A posterior exposure of the hip. *J Bone Joint Surg Br* 1950;32:183–6.
- Gill TJ, Sledge JB, Ekkernkamp A, et al. Intraoperative assessment of femoral head vascularity after femoral neck fracture. *J Orthop Trauma* 1998;12:474–8.
- Goodman DA, Feighan JE, Smith AD, et al. Subclinical slipped capital femoral epiphysis. Relationship to osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 1997;79:1489–97.
- Henry AK. Exposures of long bones and other surgical methods. *Bristol: Wrist & Sons*, 1927.
- Imhäuser G. Die Imhäuser-Osteotomie bei floridem Gleitprozess. Bemerkungen zu der gleichlautenden Arbeit von B.G. Weber. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1966;102:327–9.
- Leunig M, Fraitz CR, Ganz R. Frühe Schädigung des acetabulären Knorpels bei der Epiphyseolysis capitis femoris. Therapeutische Konsequenzen. *Orthopäde* 2002;31:894–9.

required to obtain confirmation of our findings. This applies equally to the appropriate indications in cases of slight displacement.

The surgical procedure is indubitably demanding and requires thorough training on the basis of a precise knowledge of the anatomy; this is clearly above and beyond the knowledge required for conventional hip approaches. Overall, it would, however, seem valuable to invest in a joint reconstruction procedure for very young patient population, even if longer observation time is necessary to justify the surgical complexity.

- Leunig M, Südkamp N, Trentz O, et al. Severely displaced mal- and non-union of the femoral neck in the younger age group. An approach to facilitate the preservation of the vital femoral head during reconstructive surgery. In: Marti RK, VanHeerwaarden RJ eds. *Osteotomies for posttraumatic deformities*. Stuttgart: Thieme 2008.
- Leunig M, Werlen S, Ungersbock A, et al. Evaluation of the acetabular labrum by MR arthrography. *J Bone Joint Surg Br* 1997;79:230–4.
- Mardones RM, Gonzalez C, Chen Q, et al. Surgical treatment of femoroacetabular impingement: evaluation of the effect of the size of the resection. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87:273–9.
- Mercati E, Guary A, Myquel C, et al. Une voie d'abord postéro-externe de la hanche. Intérêt de la réalisation d'un muscle digastrique. *J Chir (Paris)* 1972;103:499–504.
- Müller ME. Diagnosi e terapia delle disfunzioni meccaniche dell'anca nel bambino quale profilassi dell'artrosi secondaria. *Minerva Ortop* 1968;19:267–73.
- Nork SE, Schar M, Pfander G, et al. Anatomic considerations for the choice of surgical approach for hip resurfacing arthroplasty. *Orthop Clin North Am* 2005;36:163–70.
- Nötzli HP, Siebenrock KA, Hempfing A, et al. Perfusion of the femoral head during surgical dislocation of the hip. Monitoring by laser Doppler flowmetry. *J Bone Joint Surg Br* 2002;84:300–4.
- Rab GT. The geometry of slipped capital femoral epiphysis: implications for movement, impingement, and corrective osteotomy. *J Pediatr Orthop* 1999;19:419–24.
- Sewitt S, Thompson RG. The distribution and anastomoses of arteries supplying the head and neck of the femur. *J Bone Joint Surg Br* 1965;47:560–73.
- Weber BG. Die Imhäuser-Osteotomie bei floridem Gleitprozess. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1965;100:312–20.

Korrespondenzanschrift – Address for Correspondence

PD Dr. Michael Leunig
Orthopädie, spez. Hüfte
Schulthess Klinik
Lengghalde 2
CH-8008 Zürich
Telefon (+41/44) 385-7312, -7322 (Sekr.), Fax -7795
E-Mail: michael.leunig@kws.ch