

# Diagnostik und Therapie bei Quadrizepssehnenruptur

Rupturen der Quadrizepssehne sind keine Erscheinungen des 20. Jahrhunderts. Bereits Galen hatte 100 Jahre vor Christus eine derartige Verletzung beschrieben. Sie tritt im Vergleich zu anderen Sehnenläsionen seltener auf, geht allerdings mit massiven Funktionseinschränkungen bei kompletter Ruptur einher. Hauptursache ist ein indirektes Trauma, welches nicht selten bei der beruflichen Tätigkeit eintritt. Vollständige Rupturen sind eine Domäne der operativen Behandlung. Wichtig ist die frühfunktionelle Nachbehandlung zur Verbesserung des Langzeitergebnisses.

## Historie

Die Erstbeschreibung eines Risses der Quadrizepssehne wird Galen (130–201 n. Chr.) zugesprochen, der als *Sportarzt* einer Gladiatorschule zahlreiche Verletzungen zu behandeln hatte. Erst viel später wurde, u. a. von Rusch, Louis, Petit und Dupuytren eine derartige Verletzung in der europäischen, medizinischen Fachliteratur beschrieben. Die Behandlung bestand in allen Fällen in einer Ruhigstellung [8].

Eine gezielte, operative Behandlung wurde erst nach Etablierung der Lachgasnarkose (Morton 1846) möglich. Als Nahtmaterial wurden Catgut und Silberdraht [9] verwendet.

## Unfall/Traumamechanismen

In den meisten Fällen ist eine degenerative Mitbeteiligung im Rahmen einer unerwarteten Anspannung der Oberschenkelmuskulatur anzunehmen, Z. B. das Ab-

rutschen auf einer Treppe mit plötzlichem Stabilisierungsversuch des Beines. Die Muskelvorspannung ( $\gamma$ -Innervation) und der erwartete Kraftaufwand stehen nicht im Einklang, und die auftretende Kraft überschreitet die Haltbarkeit der Organstruktur. Extrem selten sind direkte Gewaltwirkungen auf die Knieregion oberhalb der Patella oder offene Verletzungen mit direkter Durchtrennung der Quadrizepssehne ursächlich [3].

Ein vom Arzt als degenerativ vorgeschädigt deklarierter Riss der Sehne führt häufig zu Rechtsstreitigkeiten, da Patienten mit einer Unfallversicherung oft nicht verstehen können, dass u. U. kein echter Unfallmechanismus vorliegt, der Ansprüche gegenüber der Versicherung zulässt.

## Anatomie

Der Streckmechanismus des Kniegelenks besteht aus 4 Anteilen:

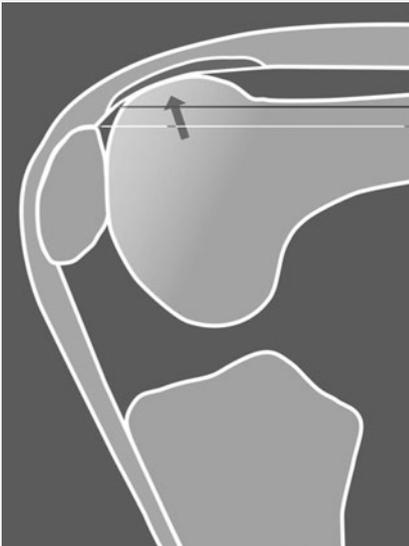
- dem M. quadriceps femoris (M. rectus femoris, M. vastus medialis, M. vastus lateralis),
- dem Retinaculum transversale laterale,
- dem Retinaculum transversale mediale und
- dem M. vastus intermedius,

wobei die Fasern des M. rectus femoris, die z. T. über den vorderen Anteil der Patella ziehen und in das Lig. patellae auslaufen, in die Quadrizepssehne übergehen. Die eigentliche Quadrizepssehne inseriert an der Basis der Patella und geht zu beiden Seiten in die Retinacula (so genannter Reservestreckapparat) über. Ein

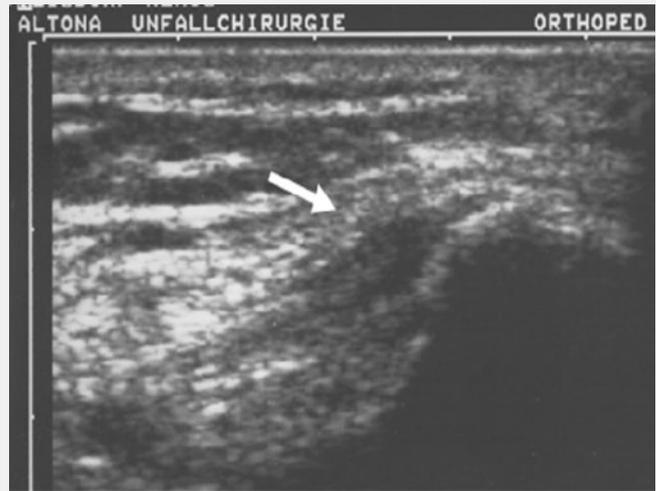
Teil der Fasern des M. vastus intermedius geht als M. articularis genus in die Spitze des Recessus suprapatellaris über. Der M. articularis genus verhindert bei der vollständigen Streckung eine Einklemmung des Schleimbeutels. Der Streckapparat wird im mittleren Anteil über die Aa. circumflexa femoris lateralis und medialis sowie über die Aa. superior medialis und lateralis genus versorgt. Es handelt sich um ein peritendinöses Gefäßgeflecht, von dem aus die Blutgefäße horizontal in die Sehne eindringen und sich im Sehnenverlauf ausrichten. Eine avaskuläre Zone ist lateral etwa 1 cm oberhalb der Patella lokalisiert, beginnend mit einer Gesamtausdehnung von 30 × 15 mm sagittal und 3–4 mm posterior. Wie bei anderen Sehnen auch, die bei Bewegungen über ein Hypomochleon laufen müssen, liegt in diesen Regionen eine Beanspruchung auf Druck und Zug vor, am Kniegelenk insbesondere bei einer Beugung über 90° (■ Abb. 1, [18]).

## Sehnenschwächung

Mangelhafte Oxygenierung verursacht eine hypoxische Schädigung der Zelle und führt zu einer insuffizienten Proteinsynthese und zur Fibrillendegeneration. Die gleichzeitig resultierende Fibrozytenmembraninsuffizienz bedingt hydropische Zellveränderungen und leitet eine mukoide Degeneration ein, die in der Apoptose endet. Nekrobiose lässt ein saures Milieu entstehen und aktiviert lysosomale Enzyme. Dieser Effekt kann einen lokalen Anstieg der Kalziumionenkonzentration auslösen, der über eine sekundäre Alkalisierung eine Kristallbil-



**Abb. 1** ◀ Region der avaskulären Zone mit maximaler Beanspruchung bei Beugung



**Abb. 3** ▶ Sonographie des Kniegelenks im Längsschnitt, Strukturverlust mit Hämatom am Oberrand der Patella, Diskontinuität des Quadrizepssehne



**Abb. 2** ◀ Klinischer Befund bei Quadrizepssehnenruptur, **a** Defekt als Delle in der Oberfläche sichtbar, **b** Tasten des Defekts mit dem Finger

derung einleitet und in einer Sehnenverkalkung resultiert. Eine andere Form der Sehnenschwächung sind Speicherphänomene wie die Tendolipomatose [11].

### Diagnose

#### Klinischer Befund

Je nach Länge des zeitlichen Intervalls zwischen dem Trauma und der klinischen Diagnose lassen sich unterschiedliche Befunde erheben: Unmittelbar nach dem Trauma erkennt man eindeutig eine Delle oberhalb der Patella, die auch ohne jedes technische Hilfsmittel durch Auflegen des Fingers quer zur Beinachse zu ertasten ist (■ **Abb. 2**). Nach einem kurzen Intervall kommt es zur Einblutung oder zum Ödem und die bereits mit bloßem Auge erkennbare Delle gleicht einem diffus geschwollenen Kniegelenk, wobei der Befund immer noch durch Palpation zu erheben ist. Ist der Reservestreckapparat ebenfalls zerrissen, fällt der Unterschen-

kel beim Anheben des Beins der Schwerkraft folgend nach unten [15].

Obwohl diese klinischen Untersuchungszeichen bei kompletter Ruptur eindeutig sind, werden sie hin und wieder nicht erkannt und bildgebende Verfahren bemüht, um die Diagnose zu sichern.

#### Nativröntgenaufnahme des Kniegelenks

Sie wird empfohlen, um die Art der Ruptur definieren und die Operationsvorbereitungen exakter planen zu können. Patellafrakturen lassen sich von intraligamentären Läsionen oder Abrissen vom Patellaoberrand differenzieren (Patellatiefstand). Aufnahmen in 2 Ebenen sind die Regel.

#### Sonographie des Kniegelenks

Da die Quadrizepssehne dicht unter der Haut liegt, werden für Längs- und Querschnitte Linearschallköpfe mit 7,5 MHz

verwendet. Eine Rolle unter dem Knie führt zu leicht gespannten Gewebeverhältnissen und einem besseren Kontakt des Schallkopfes an die Haut.

Während bei einem Normalbefund die klassische Schichtung zwischen Haut, Unterhautfettgewebe und Sehnenstruktur deutlich zu erkennen ist, entsteht bei einer Ruptur im Längsschnitt ein unruhiges Bild mit unterschiedlich schallarmer Zone oberhalb der Patella als Ausdruck eines Hämatoms (■ **Abb. 3**). Knochen (Patella) ruft ein helles Grenzzonen-echo hervor. Bei dynamischer Prüfung wird bei zunehmender Beugung die Distanz zwischen den Sehnenenden größer. Im Querschnitt geht die klassische Schichtung ebenfalls verloren [6].

#### Magnetresonanztomographie (MRT)

Mit Beschluss vom 29.01.1999 der Bundesärztekammer [2] wurden die Leitlinien

**Tab. 1 Stoffwechselerkrankungen in Zusammenhang mit Quadrizepssehnenrupturen. (Nach [4, 5])**

Hyperparathyreoidismus
Chronisches Nierenversagen/Dialyse
Alkaptonurie
Adipositas
Leukämie
Rheumatoide Arthritis
Diabetes mellitus
Lupus erythematoses
Steroidmissbrauch
Tumoren
Immobilisierung
Infektion
Osteogenesis imperfecta
Osteomalazie

**Tab. 2 Eigenes Vorgehen**

Zeitpunkt	Maßnahmen
1. Tag	Motorschiene 0°/0°/30° mit Drainage
2. Tag	Motorschiene 0°/0°/40°, Drainagenentfernung Aufstehen mit Belastung nach Toleranz, Unterarmgehstützen und Gangschulung
3. Tag	Beugung bis Schmerzgrenze, mindestens 60°
6. Woche	Muskelaufbau Koordinationstraining

zur MRT-Untersuchung eines Kniegelenkes wie folgt festgelegt:

- T1 (Längsrelaxation): SE (Spinecho),
- TR<300–650 ms (Repetitionszeit),
- TE<20 ms (Echozeit),
- FOV=25 cm („field of view“),
- SD=3 mm (Standardabweichung),
- Matrix 512fach (256–512),
- Messzeit <7 min

Das Auflösungsvermögen der MRT lässt eine Differenzierung von bis zu 4 Lamellen innerhalb der Schichten der Quadrizepssehne zu. Erklärt wird dies dadurch, dass alle beteiligten Muskeln mit Gewebslagen an der Bildung beteiligt sind. Häufig kann eine oberflächliche von einer tieferen Schicht unterschieden werden, sodass eine partielle Ruptur zum einen bei Erhalt der Retinacula, zum anderen aber auch bei Kontinuität der tieferen Schicht vorliegen kann. Eine T2-Gradientenechosequenz (T2: Querrelaxation) dient im Rahmen der Knieuntersuchung der Knorpel-

Trauma Berufskrankh 2010 · 12 [Suppl 4]:439–443 DOI 10.1007/s10039-010-1659-y © Springer-Verlag 2010

V. J. Wening · J. Müller · A. Zylinski

### Diagnostik und Therapie bei Quadrizepssehnenruptur

#### Zusammenfassung

Rupturen der Quadrizepssehne sind seltener als Achillessehnen-, Bizepssehnen- und Rotatorenmanschettentraktionen. Männer sind etwa 4-mal häufiger betroffen als Frauen. Das Alter zum Zeitpunkt der Verletzung liegt zwischen 55 und 65 Jahren, bei Kindern zwischen 5 und 6 Jahren. Rerupturen werden mit einer Inzidenz von bis zu 3% angegeben. Die meisten Verletzten berichten über einen akuten stechenden Schmerz oberhalb der Patella, wo auch unmittelbar nach dem Ereignis eine Lücke tastbar ist. Nativröntgenbilder des Kniegelenks schließen eine Fraktur aus. Die Sonographie oder die Magnetresonanztomographie (MRT) stellen ergänzende Diagnostika dar. Es wird eine traumatische Ursache von einer Überlastungsgenese bei Vorschä-

digung unterschieden. Zahlreiche Stoffwechselerkrankungen werden für die Entstehung mit verantwortlich gemacht. Die Anerkennung als berufsgenossenschaftliches Heilverfahren beruht auf allgemeingültigen Kriterien für Sehnenverletzungen. Ziel der postoperativen Therapie ist die frühfunktionelle Nachbehandlung. Teilrupturen können konservativ behandelt werden. Trotz persistierender Muskelatrophie am Oberschenkel wird oft ein nahezu uneingeschränktes Bewegungsausmaß erreicht.

#### Schlüsselwörter

Quadrizepssehnenruptur · Entstehungsmechanismus · Rekonstruktion · Frühfunktionelle Nachbehandlung · Bewegungsausmaß

### Diagnosis and therapy of quadriceps rupture

#### Abstract

Rupture of the quadriceps tendon is less common than rupture of the Achilles or biceps tendon or rotator cuff rupture. Males are more frequently affected with a male/female ratio of 4:1. Peak incidence is between 55 and 66 years (5–6 years in children). Rerupture has an incidence of up to 3%. The majority of patients describe a severe sharp pain above the patella, where a gap above the patella is palpable. X-ray is able to exclude fractures. Ultrasound and MRI represent complementary diagnostic methods. Distinction is made between a traumatic origin and a history of overuse with degeneration. In addition, it is frequently associated with a number

of chronic metabolic disorders. Acceptance as treatment covered by employers' liability insurance is based on the same rules as those for injuries to other tendons. Early functional after-care is important following surgery. Partial ruptures may be treated conservatively. Despite persistent femoral muscle atrophy, most patients achieve almost unrestricted knee mobility.

#### Keywords

Quadriceps tendon rupture · Mechanism of injury · Reconstruction · Early functional after-care · Range of motion

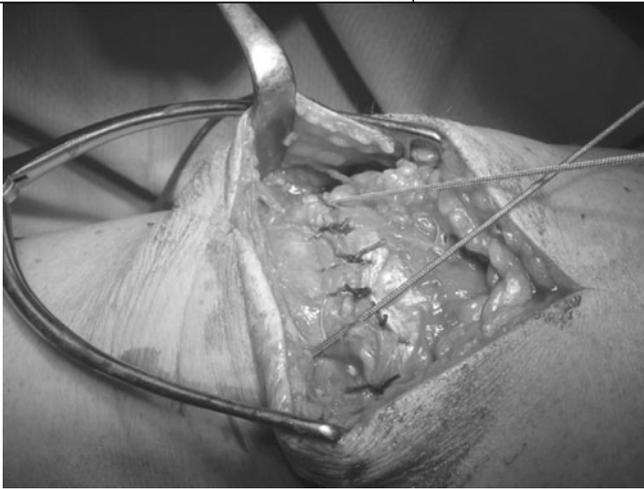


Abb. 4 ▲ Intraoperative Nähte

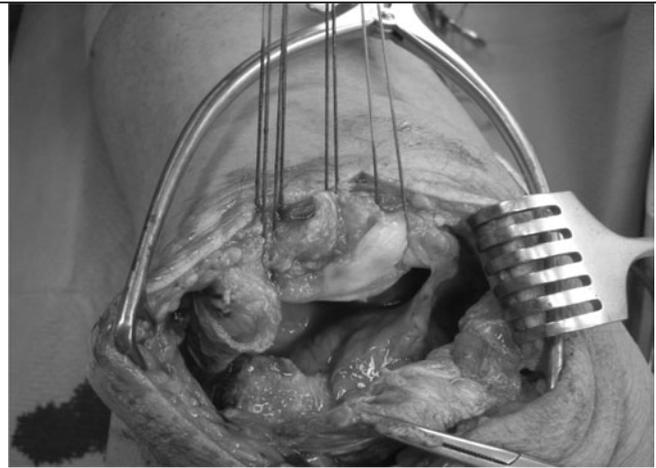


Abb. 5 ▲ PDS-Augmentation

beurteilung. Komplette Rupturen zeigen ähnlich dem Sonographiebefund die Diskontinuität mit Hämatom und manchmal einen Patellatiefstand [20].

### Gewebeentnahme und Histologie

Zur Klärung der Ursache einer nicht traumatisch bedingten Sehnenruptur soll eine intraoperative Präparatentnahme beitragen, die nicht unmittelbar an der Rupturstelle, sondern rupturnah im Gesunden erfolgt. Hilfreich sind für den Pathologen klinische Angaben zum Rupturzeitpunkt.

Degenerative Prozesse sind im Präparat nach 2–3 Tagen sichtbar. Es kommt zu einer ödematösen Auffaserung der kollagenen Grundsubstanz sowie einer lockeren, wellenförmigen Faserkonstellation. Die Nuklei der nekrotischen Tendozyten sind nicht sichtbar. Zahlreiche neutrophile Granulozyten treten bis etwa zum 10. Tag nach der Ruptur auf. Nach 3–4 Tagen kommt es zur perivaskulären Neubildung von Granulationsgewebe und einer Proliferation der Entzündungs- und Stromazellen. 4–6 Tage nach dem Ereignis sind vereinzelt Tendozytenmitosen zu sehen, nach 6–8 Tagen Eisen speichernde Granulozyten (Siderophagen). Reparatonsgewebe entsteht innerhalb von 2 Monaten [17].

### Begleiterkrankungen und -verletzungen

Stoffwechselerkrankungen können ursächlich eine Ruptur der Quadrizepssehne begünstigen (■ Tab. 1). Als Raritäten

gelten isochrome Frakturen bei chronischer Nephropathie, ein Kompartmentsyndrom des Unterschenkels oder zeitgleiche beidseitige Rupturen [4, 5].

### Operative Versorgung

#### Primäre Rekonstruktion

Zu unterscheiden sind

- die Versorgung der akuten Verletzung und
- die sekundären Rekonstruktion.

Bei beiden Verfahren hat sich der gerade Mittelschnitt über dem Oberrand der Patella bewährt. Neben transossären vom Unterrand der Patella nach kranial verlaufenden Bohrkanälen ist auch die Refixierung über Nahtanker am oberen Rand etabliert. Als Nahtmaterial werden sowohl resorbierbare Materialien, wie Polydioxanon (PDS), als auch nicht resorbierbare, wie „fiber wire“, verwendet (■ Abb. 4). Zusätzliche Sicherheit für eine frühfunktionelle Nachbehandlung verleiht eine Augmentation durch eine PDS-Kordel oder durch freie/gestielte Sehnen (■ Abb. 5). Ist am kranialen Teil der Patella ein Bandrest erhalten, können reine Weichteilnähte zusätzliche Festigkeit bewirken. U-Nähte schützen besser vor einem Ausriss der Naht als Einzelknopfnähte. Sind die Retinacula beteiligt, sollten sie in anatomischer Form rekonstruiert werden [7, 19].

### Sekundäre Rekonstruktion

Zur plastischen Rekonstruktion größerer Defekte bietet sich ortsständiges Gewebe, wie das zentrale Drittel des Lig. patellae, ein M.-vastus-medialis-Flap oder die zungenförmige, gestielte Verlagerung der weiter proximal erhaltenen Quadrizepssehne an. Die Sehnen des M. gracilis und des M. semitendinosus können bei entsprechender anatomischer Ausprägung ebenfalls als Überbrückungsmaterial verwendet werden. Anteile des M. gastrocnemius stehen weiterhin bei großen Defekten zur Verfügung [13].

Vorwiegend in den USA scheinen Kunstmaterialien wie Dacron- oder Polyesterstreifen sowie homologe Transplantate (Achillessehne aus der Organbank) und als Fremdmaterial Kängurusehne akzeptiert zu sein [14].

### Nachbehandlung – Physiotherapie

Konzepte der Nachbehandlung sind offensichtlich sehr unterschiedlich und reichen von konsequenter Ruhigstellung in einem Cast oder sogar Gips bis zur frühfunktionellen Belastung und Mobilisierung. Einigkeit besteht dahingehend, dass eine große Sehne wenigstens 6 Wochen einer protektiven Behandlung bedarf und ein Muskelaufbautraining erst nach der 12. Woche beginnen sollte. In unserer Klinik ist das in ■ Tab. 2 dargestellte Vorgehen etabliert.

Die Thromboseprophylaxe erfolgt mit einem niedermolekularen Heparin bei

normalen Nierenwerten sowie mit Kompressionsstrümpfen bzw. elastischer Kompressionswicklung, sobald dies vom Verletzten toleriert wird.

## Begutachtung

Versicherungsgeber hinterfragen in der Regel, ob im Sinne der Vertragslage tatsächlich ein Unfall vorgelegen hat: *Ein Unfall ist ein unvermutetes, unvorhersehbares und unfreiwilliges von außen rasch einwirkendes Ereignis.*

Wichtig für den Patienten zur Durchsetzung seiner Interessen ist eine vom Arzt angemessene Dokumentation des geschilderten Unfallhergangs. Der deutsche Versicherungsverband spricht von einem Unfall, wenn durch eine erhöhte Kraftanstrengung an Gliedmaßen ein Gelenk verrenkt wird, oder Muskeln, Sehnen, Bänder oder Kapseln gezerzt oder zerrissen werden. Im Allgemeinen sind folgende Bewertungen akzeptiert [10]:

- Gesetzliche Unfallversicherung: 10–30 von Hundert,
- Private Unfallversicherung: 1/7–2/10 des Beinwertes, ggf. auch darüber.

## Ergebnisse bei operativer Behandlung

Eine Literaturrecherche zum Thema Quadrizepssehnenruptur führt zu vielen Kasuistiken von einseitigen Rupturen mit Literaturanalysen. Isochrone, beidseitige Rupturen sind eine Rarität. Abgesehen vom Diabetes mellitus und chronischen Nierenerkrankungen sind ursächlich angeschuldigte Stoffwechselerkrankungen (■ **Tab. 1**) eher die Ausnahme [4, 5].

Bei einem Durchschnittsalter von 62 Jahren ist der häufigste Ereignismechanismus die Kraftentwicklung gegen einen unangekündigten Widerstand. Eine Besonderheit stellen kindliche Quadrizepssehnenrupturen dar [16].

Infektionen mit Wundheilungsstörungen treten in weniger als 1% der operativen Versorgungen auf. Rerupturen sollen in bis zu 3% der Fälle vorkommen. Thrombosen oder thrombembolische Ereignisse firmieren ebenfalls deutlich unter 1% – bei Wahrung der üblichen Vorsorgemaßnahmen. 83% der Patienten können ihren Beruf wieder ausüben, 51% erreichen ihren

alten Aktivitätsgrad, 53% registrieren einen verbleibenden Kraftverlust (größer 20%) mit einem mittleren Umfangsdefizit von 1,5 cm am Oberschenkel. Sofern eine Bewegungseinschränkung verbleibt, wird sie häufig nicht wahrgenommen [Defizit-ROM 5°(ROM: „range of motion“)]. Das Gangbild ist nach ausgeheilter Verletzung ungestört [1, 12].

## Fazit für die Praxis

**Die Diagnose einer Quadrizepssehnenruptur wird klinisch gestellt und sekundär durch bildgebende Verfahren untermauert. Dem Nativröntgenbild des Kniegelenks folgt bei Unsicherheit die Sonographie. Die MRT kann bei sekundärem Befund hilfreich sein. Transossäre Nähte oder Nahtanker stellen anatomische Verhältnisse wieder her. Plastisch-rekonstruktive Techniken bei sekundärer Versorgung greifen in erster Linie auf ortständige Gewebe zurück. Die Anamnese sollte den genauen Unfallmechanismus erfragen und Stoffwechselerkrankungen berücksichtigen, um evtl. Ansprüche der Patienten gegenüber Versicherungen geltend machen zu können. Die operativen Ergebnisse führen in der Mehrheit der Fälle zu einer uneingeschränkten Lebensqualität. Rerupturen und beidseitige Verletzungen sind selten.**

## Korrespondenzadressen

### Prof. Dr. V. J. Wening



Abteilung für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie/Orthopädie, Asklepios-Klinik Altona, Paul-Ehrlich-Straße 1, 22763 Hamburg  
j.wening@asklepios.com

### J. Müller

Abteilung für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie/Orthopädie, Asklepios-Klinik Altona, Paul-Ehrlich-Straße 1, 22763 Hamburg

**Interessenkonflikt.** Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Literatur

1. Baere T, Geulette B, Manche E, Barras L (2002) Functional results after surgical repair of quadriceps tendon rupture. *Acta Orthop Belg* 2:146–149

2. Bundesärztekammer (2000) Leitlinien der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung der Magnet-Resonanz-Tomographie. *Dtsch Arztebl* 97:A2557–A2568
3. Clayton RAE, Court-Brown CM (2008) The epidemiology of musculoskeletal tendinous and ligamentous injuries. *Injury* 12:1338–1344
4. Grecomorro G, Camarda L, Martorana U (2008) Simultaneous chronic rupture of quadriceps tendon and contra-lateral patellar tendon in a patient affected by tertiary hyperparathyroidism. *J Orthop Traumatol* 3:159–162
5. Kim YM, Shafi M, Lee YS et al (2006) Spontaneous and simultaneous rupture of both quadriceps tendons in a patient with chronic renal failure. A case studied by MRI both preoperatively and postoperatively. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1:55–59
6. La Rocco BG, Zlupko G, Sierzenski P (2008) Ultrasound diagnosis of quadriceps tendon rupture. *J Emerg Med* 3:293–295
7. Levy M, Goldstein J, Rosner M (1987) A method of repair for quadriceps tendon or patellar ligament (tendon) ruptures without cast immobilization. Preliminary report. *Clin Orthop* 218:297–301
8. Lyle J (2008) Quadriceps tendon rupture. *eMedicine*
9. McBurney C (1887) Suture of the divided ends of a ruptured quadriceps extensor tendon with perfect recovery. *Ann Surg* 6:170
10. Mollowitz GG (Hrsg) (1999) Der Unfallmann. Begutachtung der Folgen von Arbeitsunfällen, privaten Unfällen und Berufskrankheiten. Springer, Berlin Heidelberg New York
11. Petersen W, Stein V, Tillmann B (1999) Blutgefäßversorgung der Quadrizepssehne. *Unfallchirurg* 102:543–547
12. Puranik GS, Faraj A (2006) Outcome of quadriceps tendon repair. *Acta Orthop Belg* 2:176–178
13. Rhomberg M, Schwabegger AH, Ninkovic M et al (2000) Gastrocnemius myotendinous flap for patellar or quadriceps tendon repair, or both. *Clin Orthop* 377:152–160
14. Rust PA, Tanna N, Spicer DDM (2008) Repair of ruptured quadriceps tendon with Leeds-Keio ligament following revision knee surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 4:370–372
15. Scuderi C (1958) Ruptures of the quadriceps tendon; study of twenty tendon ruptures. *Am J Surg* 4:626–634
16. Sesia SB, Hasler CC, Köhler M, Mayr J (2007) Partial rupture of the quadriceps tendon in a 6-year-old boy. *Unfallchirurg* 10:907–910
17. Trobisch PD, Bauman M, Weise K et al (2010) Histologic analysis of ruptured quadriceps tendons. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1:85–88
18. Waligora AC, Johanson NA, Hirsch BE (2009) Clinical anatomy of the quadriceps femoris and extensor apparatus of the knee. *Clin Orthop* 12:3297–3306
19. West JL, Keene JS, Kaplan LD (2008) Early motion after quadriceps and patellar tendon repairs: outcomes with single-suture augmentation. *Am J Sports Med* 2:316–323
20. Yu JS, Petersilge C, Sartoris DJ et al (1994) MR imaging of injuries of the extensor mechanism of the knee. *Radiographics* 3:541–551