

S. Wurm<sup>1</sup>, P. Augat<sup>2</sup>, V. Bühren<sup>1</sup>

# Die Plattenosteosynthese als neue Alternative zur Behandlung von Patellafrakturen

## *Plate osteosynthesis of the patella as an alternative in the treatment of patella fractures*

**Zusammenfassung:** Die Osteosynthese dislozierter Patellafrakturen hat auf Grund der Mobilität der Patella eine nicht zufriedenstellend hohe Komplikationsrate. Winkelstabile Plattensysteme könnten dank ihrer hohen mechanischen Stabilität eine Alternative in der Versorgung von Patellafrakturen darstellen. Ziel dieser Untersuchung war es erstens die mechanische Stabilität eines winkelstabilen Plattensystems im Vergleich zur Zuggurtungsosteosynthese zu untersuchen und zweitens den Erfolg bei der klinischen Anwendung der Plattenosteosynthese zu überprüfen. Die biomechanischen Untersuchungen unter zyklischen Belastungen zeigten eine signifikant höhere Stabilität der Plattenosteosynthese im Vergleich zur Zuggurtung. Bei der klinischen Anwendung der winkelstabilen Plattenosteosynthese bei insgesamt 53 Frakturen überzeugte die Technik durch die gute Möglichkeit der anatomischen Reposition der Gelenkflächen auch bei Mehrfragment- und Trümmerfrakturen. Nachuntersuchungen nach einem Jahr in 19 Patienten zeigten bei 3 Patienten eine insuffiziente Frakturstabilisation mit der Notwendigkeit einer operativen Revision. Insgesamt zeigte die winkelstabile Plattenosteosynthese eine hohe mechanische Stabilität und eine gute Ausheilung auch nach komplexen Patellafrakturen. Bei suboptimaler Schraubenlage kann es jedoch zu Heilungskomplikationen kommen.

**Schlüsselwörter:** Patella, Fraktur, winkelstabil, Osteosynthese, Biomechanik

### Zitierweise

Wurm S, Augat P, Bühren V, Die Plattenosteosynthese als neue Alternative zur Behandlung von Patellafrakturen. OUP 2014; 11: 530–534 DOI 10.3238/oup.2014.0530–0534

**Summary:** A sufficient reduction and stable fixation of comminuted patella fractures is often problematic and leading to a high complication rate. However, locked plating systems provide a high stability and represent a respectable alternative in the treatment of patella fractures. The aim of this research was first the analysis of the mechanical stability of a locked plating system in comparison to tension band wiring. Secondly, we had a look at the first clinical results of the patella plate. The biomechanical testing showed a significant higher mechanical stability of the plate osteosynthesis compared to the tension band wiring. In the first clinical use (53 fractures) we saw an excellent reduction of the fracture, the ability to early weight-bearing and good clinical outcomes even in comminuted fractures. We had a follow up of 19 patients with a median time of 13 months. 11 patients had an excellent outcome, three patients needed a re-operation because of an insufficient stabilisation of the fracture. In conclusion, the locking patella plate showed a high mechanical stability and a good outcome even in comminuted fractures. But a suboptimal position of the screws can lead to complications.

**Keywords:** patella, fracture, locked plating, osteosynthesis, biomechanics

### Citation

Wurm S, Augat P, Bühren V, Plate osteosynthesis of the patella as an alternative in the treatment of patella fractures. OUP 2014; 11: 530–534 DOI 10.3238/oup.2014.0530–0534

<sup>1</sup> Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Murnau

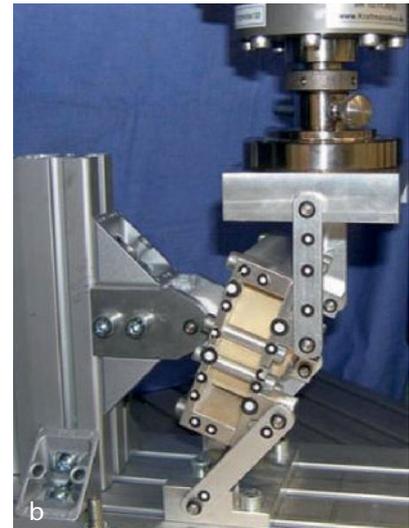
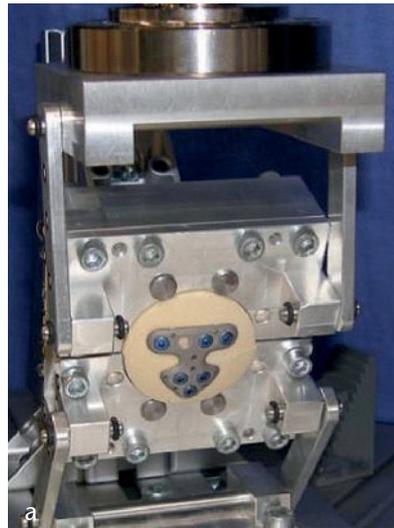
<sup>2</sup> Institut für Biomechanik, Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Murnau und Paracelsus Medizinische Privatuniversität Salzburg

## Einleitung

Die Patella ist ein Hypomochlion, das in die Sehne des M. quadriceps femoris eingelagert ist und dessen Effektivität um ca. 30 % erhöht. Neben ihrer Bedeutung bei der Kniestreckung wirkt sie vor allem beim Abwärtsgehen wie eine Bremsbacke, indem sie Zugkräfte in Kompressionskräfte umwandelt und damit die Beugung abbremsst, was auch als patellofemorale Gelenkreaktion bezeichnet wird [1–3]. Patellafrakturen machen 0,5–1,5 % aller Extremitätenverletzungen aus, wobei der Altersgipfel zwischen 30 und 60 Jahren liegt [4]. Bei jüngeren Patienten kommt es durch die Krafteinwirkung des M. quadriceps femoris überwiegend zu Querfrakturen, wohingegen Ältere häufig Trümmerfrakturen erleiden [3].

Aufgrund der funktionellen Bedeutung der Patella ist eine Wiederherstellung der Beweglichkeit nach Patellafraktur essenziell. Undislozierte Frakturen können in der Regel konservativ therapiert werden. Bei Frakturen mit einer Dislokation von 2 mm, Stufen im Gelenkbereich sowie allen offenen und Trümmerfrakturen ist jedoch eine operative Versorgung indiziert. Ziel der operativen Versorgung ist hierbei eine stufenlose Wiederherstellung der Gelenkfläche, da eine verbleibende Inkongruenz eine frühe posttraumatische Retropatellararthrose begünstigt, sowie Belastungsstabilität, die eine schnelle aktive Übungsbehandlung zulässt und damit einer posttraumatischen Knieeisteife entgegenwirkt.

Zuggurtung und Schraubenosteosynthese waren lange Zeit das Verfahren der Wahl bei der Versorgung von Patellafrakturen. Biomechanische Studien haben jedoch für die Zuggurtungsosteosynthese gezeigt, dass vor allem in Extension die Fragmentkompression unter zyklischer Belastung neutralisiert wird, sodass sich der Frakturspalt öffnen kann. Des Weiteren zeigen sich häufig klinische Komplikationen, wie ein Auslockern der Cerclage, Durchschneiden der Drähte und Fragmentdislokation [4–6]. Auch wenn die Schraubenosteosynthese im Vergleich zur Zuggurtung eine signifikant höhere Stabilität aufweist [7–8], bleibt die Versorgung von Mehrfragment- und Trümmerfrakturen mit den gängigen Osteosyntheseverfahren problematisch. Die oft nur unzureichende Wiederherstellung der Gelenkfläche



**Abbildung 1a-b** Kombinierte Zug- und Biegebelastung zur physiologischen Belastung der Patella während des Gangzyklus bei 45°-Beugung des Kniegelenks.

führt zu einer hohen Zahl an posttraumatischen Arthrosen. Insgesamt beklagen 30–50 % nach Patellafraktur Beschwerden und 15–30 % haben eine funktionelle Beeinträchtigung [3].

Zur besseren Versorgung gerade von den komplikationsträchtigen Patellamehrfragment- und -trümmerfrakturen wurden jetzt 2 winkelstabile Platten entwickelt: Die pfeilförmige Arrowplate (Fa. Arthrex, Karlsfeld) ist besonders für Polfrakturen geeignet, wohingegen die Starplate (Fa. Arthrex, Karlsfeld) aufgrund ihrer vielen Besetzungsoptionen ideal für Trümmerfrakturen ist. Beide Platten sind anatomisch vorgeformt, sodass sie sich gut an die Patella anpassen, und zudem Verankerungsmöglichkeiten für Suturen aufweisen.

Ziel dieser kombinierten biomechanischen und klinischen Untersuchung war es, die neu entwickelte winkelstabile Plattenfixation auf ihre mechanische Stabilität und ihre klinische Eignung für die Behandlung komplexer Patellafrakturen zu untersuchen.

## Material und Methoden

### Biomechanische Untersuchung

Zur Untersuchung der Primärstabilität der winkelstabilen Patellaplatte wurde die „Arrow Plate“ (Arthrex GmbH, München) gegen eine Zuggurtung mit K-Drähten in einem zyklischen Belas-

tungstest unter physiologischer Last-einleitung getestet.

Die Versuche wurden an speziell angefertigten Dom-artigen Kunstknochenmodellen (30pcf Schaumböcke, Firma Sawbones, Malmö, Schweden) durchgeführt, die die Geometrie der Patella und die mechanischen Eigenschaften humanen Knochens nachbildeten. Als Fraktur wurde eine komplette Querfraktur der Patella simuliert und jeweils 10 Knochenmodelle mit der winkelstabilen Patellaplatte und der Zuggurtung versorgt. In einem eigens gefertigten Testaufbau wurden die Knochenmodelle fixiert und mit Hilfe einer elektromechanischen Prüfmaschine (z10 Firma Zwick, Einsingen) einer kombinierten Zug- und Biegebelastung unterworfen (Abb. 1a-b). Die Last wurde zyklisch mit einer Geschwindigkeit von 1 mm/min aufgebracht, wobei die Höhe der Zuglast bei jedem Belastungszyklus bis zum Versagen der Osteosynthese erhöht wurde. Die Bewegung im Frakturspalt wurde mit einem 3D-Bewegungsanalysesystem (Pontos, Firma GOM, Braunschweig) erfasst. Als Messergebnis wurden die Last beim Versagen und die Dislokation der Frakturspalte festgehalten, wobei als Versagen der Osteosynthese ein Bruch des Kunstknochens oder eine Dislokation der Fragmente von  $\geq 3$  mm gewertet wurde. Zum statistischen Vergleich wurden die Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet und ein Wilcoxon-signed-Rank-Test durchgeführt (SPSS).

	Patellaplatte	Zuggurtung	p-Wert
Versagenslast $F_{max}$	1052N $\pm$ 32N	627 N $\pm$ 231 N	0,002
Dislokation bei $F = 350$ N	0,5mm $\pm$ 0,1mm	2,4mm $\pm$ 1,1mm	0,002
Dislokation bei $F_{max}$	1,8mm $\pm$ 0,3mm	5,1mm $\pm$ 1,8mm	0,002

**Tabelle 1** Biomechanischer Vergleich der Plattenosteosynthese (n=10) mit der Zuggurtung (n=10) einer Patellaquerfraktur unter physiologischer Belastung.

### Klinische Untersuchung

In der BG-Unfallklinik Murnau wurden seit 6/2011 insgesamt 53 Patienten (58,3  $\pm$  17,1 Jahre) mit Patellaplatte osteosynthetisch versorgt, davon waren 8 Eingriffe Revisionsoperationen bei Pseudarthrose oder Implantatversagen. 28 Patienten wurden mit der Starplate versorgt, 25 mit der Arrowplate. Bei 10 Patienten wurde die Fraktur zusätzlich zur Platte noch mit Schrauben oder Cerclage stabilisiert.

Ein Follow-up haben wir von 19 Patienten mit einer mittleren Zeit von 14 Monaten ( $\pm$  9,2 Monate; Median: 13 Monate). Von diesen Patienten wurden 9 mit Arrowplate und 10 mit Starplate versorgt. Bei 6 Patienten war die Plattenosteosynthese ein Revisionseingriff (2-mal Refraktur, 3-mal Pseudarthrose bei Zuggurtung, 1-mal Infektverlauf).

### Ergebnisse

#### Biomechanische Untersuchung

Unter der zyklischen Belastung kam es in allen Fällen zu einem Versagen des

künstlichen Knochenmaterials. Ein Versagen der Osteosynthese wurde zuerst bei 370 N unter Zuggurtung beobachtet. Die mittlere Versagenslast bei der Plattenosteosynthese war um 68 % höher als bei der Zuggurtungsosteosynthese (Tab. 1). Bei der Zuggurtung kam es bereits vor dem Versagen zu einer fast 5-fmal höheren Dislokation der Frakturenden (Tab 1).

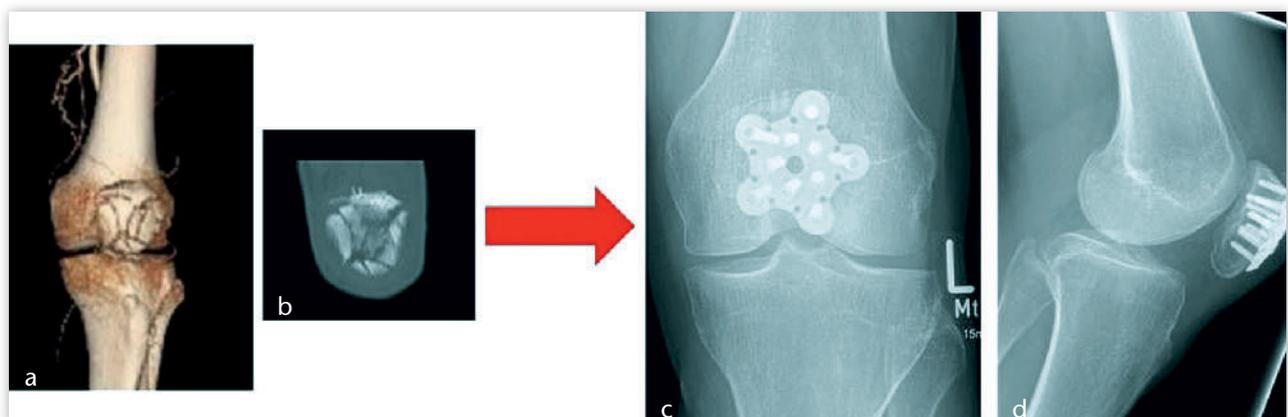
#### Klinische Untersuchung

Bei 11 Patienten kam es zu einer komplikationslosen Konsolidierung der Fraktur. Die Patienten waren beschwerdefrei und hatten bei der Abschlussuntersuchung eine freie Beweglichkeit. Drei Patienten beklagten noch belastungsabhängige Schmerzen bei jedoch freier Beweglichkeit. Bei dem Patienten mit Infektvorgeschichte kam es zu einem Infektrezidiv, sodass die Platte nach 3 Monaten vorzeitig entfernt werden musste. Der Patient hatte eine Beweglichkeit von 0/0/100° und war weitestgehend beschwerdefrei, im Röntgen zeigte sich jedoch noch keine vollständige knöcherne Konsolidierung der Fraktur. Eine Pa-

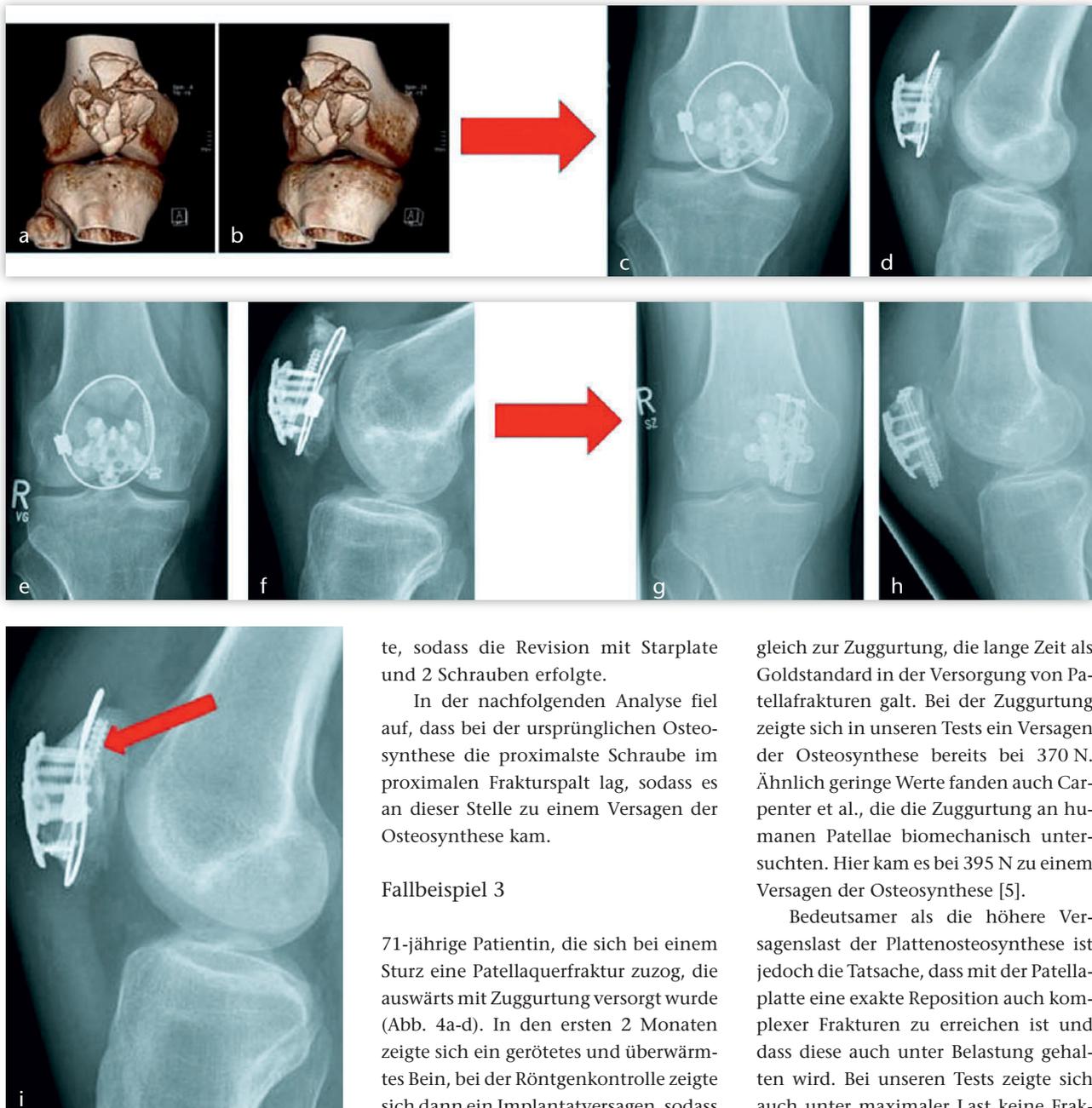
tientin stürzte kurz nach der Osteosynthese und zog sich dabei eine Querfraktur distal der Platte zu. Hier wurde die Querfraktur mit 2 Schrauben und Fibrewire stabilisiert, die Platte konnte belassen werden. 12 Monate nach der zweiten Fraktur erfolgte die vollständige Materialentfernung, die Patientin ist beschwerdefrei. Bei 3 Patienten kam es im Verlauf zu einer sekundären Dislokation, sodass eine operative Revision durchgeführt werden musste.

#### Fallbeispiel 1

55-jährige Patientin, die sich bei einem Verkehrsunfall als Fahrradfahrerin gegen Auto unter anderem eine Patella-trümmerfraktur zugezogen hat (Abb. 2a-d). Nach Rückverlegung aus der Türkei wurde eine Woche nach Unfall die Osteosynthese mit Starplate durchgeführt. Bei der letzten Kontrolle 16 Monate nach Unfall war die Patientin beschwerdefrei mit freier Beweglichkeit. Die Fraktur ist knöchern konsolidiert mit exakt reponierter Gelenkfläche. Da die Platte nicht störte, wünschte die Patientin keine Materialentfernung.



**Abbildung 2a-d** Fallbeispiel einer 55-jährigen Patientin nach Fahrradunfall mit PKW.



**Abbildung 3a-i** Fallbeispiel eines 49-jährigen Patienten.

### Fallbeispiel 2

49-jähriger Patient, der sich bei einem Sturz eine Patellatrümmerfraktur zugezogen hat (Abb. 3a-i). Es erfolgte die Osteosynthese mit Starplate sowie additiver Schraube und Cerclage. Bei einer Kontrolluntersuchung nach 7 Monaten war der Patient komplett beschwerdefrei und hatte eine Beweglichkeit von 0/0/120°. Die durchgeführte Röntgenkontrolle zeigte jedoch eine Dislokation der proximalen Fragmenten,

so dass die Revision mit Starplate und 2 Schrauben erfolgte.

In der nachfolgenden Analyse fiel auf, dass bei der ursprünglichen Osteosynthese die proximalste Schraube im proximalen Frakturspalt lag, sodass es an dieser Stelle zu einem Versagen der Osteosynthese kam.

### Fallbeispiel 3

71-jährige Patientin, die sich bei einem Sturz eine Patellaquerfraktur zuzog, die auswärts mit Zuggurtung versorgt wurde (Abb. 4a-d). In den ersten 2 Monaten zeigte sich ein gerötetes und überwärmtes Bein, bei der Röntgenkontrolle zeigte sich dann ein Implantatversagen, sodass die Materialentfernung und Re-Osteosynthese mit Arrowplate und Schraube durchgeführt wurde. Bei der letzten Kontrolluntersuchung war die Patientin beschwerdefrei, das Osteosynthesematerial ist noch einliegend.

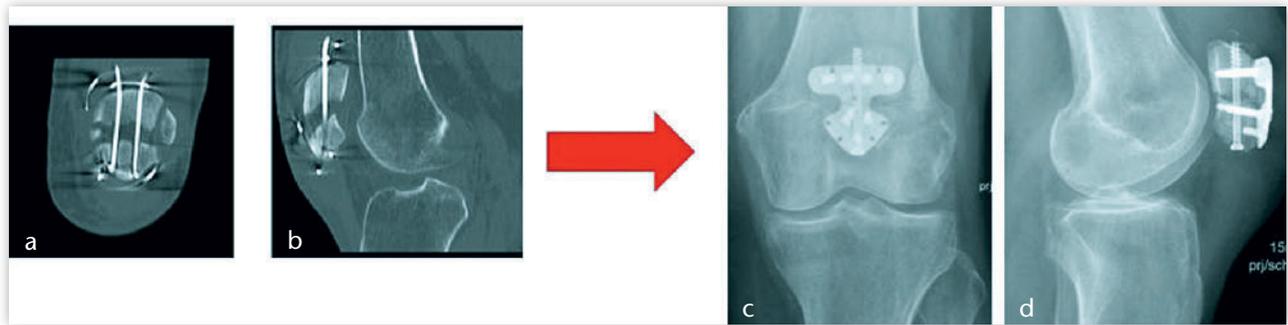
### Diskussion

Insgesamt zeigte sich in unserer Studie, dass die winkelstabile Patellaplatte eine gute Alternative in der Versorgung von Patellafrakturen darstellt, insbesondere bei Mehrfragment- und Trümmerfrakturen. Die biomechanischen Tests zeigten für die Patellaplatte eine signifikant geringere Frakturspaltdislokation und eine signifikant höhere Versagenslast im Ver-

gleich zur Zuggurtung, die lange Zeit als Goldstandard in der Versorgung von Patellafrakturen galt. Bei der Zuggurtung zeigte sich in unseren Tests ein Versagen der Osteosynthese bereits bei 370 N. Ähnlich geringe Werte fanden auch Carpenter et al., die die Zuggurtung an humanen Patellae biomechanisch untersuchten. Hier kam es bei 395 N zu einem Versagen der Osteosynthese [5].

Bedeutsamer als die höhere Versagenslast der Plattenosteosynthese ist jedoch die Tatsache, dass mit der Patellaplatte eine exakte Reposition auch komplexer Frakturen zu erreichen ist und dass diese auch unter Belastung gehalten wird. Bei unseren Tests zeigte sich auch unter maximaler Last keine Frakturspaltöffnung über 2 mm, wohingegen bei der Zuggurtung schon unter 350 N eine Frakturspaltöffnung von 2 mm und mehr resultierte, was in vivo die Frakturheilung negativ beeinflussen und gegebenenfalls zu Pseudarthrosen führen kann. Demgegenüber bewirkt die Stabilität der Reposition unter Belastung eine schnellere Konsolidierung der Fraktur und damit eine frühere funktionelle Nachbehandlung [9].

Auch die ersten klinischen Ergebnisse zeigten ein sehr gutes Outcome und das, obwohl ein Drittel der nachuntersuchten Patienten erst im Rahmen einer Revision mit der Platte versorgt wurde und wir die Platte überwiegend bei komplexen Frakturen angewendet haben. Insgesamt 58 % der Patienten hatten ein



**Abbildung 4a-d** 71-jährige Patientin mit Patellafraktur nach Sturz.

exzellentes Outcome, 16 % beklagten belastungsabhängige Schmerzen, jedoch ohne funktionelle Beeinträchtigungen. In der Literatur wird nach Zuggurtungs- bzw. Schraubenosteosynthese eine deutlich höhere Komplikationsrate angegeben mit 30–50 %, die noch (belastungsabhängige) Schmerzen haben, und 15–30 % mit funktionellen Einschränkungen [3]. In den 3 Fällen, in denen es zu einer sekundären Dislokation kam, war das Problem (wie in Fall 2 dargestellt) eine Lage der proximalsten oder distalsten Schraube im Frakturspalt, sodass es in diesem Bereich zu einem Versagen der Osteosynthese kam. Bei Frakturen, bei denen sich aufgrund der Anzahl oder Lage der Fragmente eine Schraubenlage im Frakturspalt nicht vermeiden lässt, empfiehlt sich daher

die zusätzliche Stabilisierung mit frakturspaltüberbrückenden Schrauben.

Neben den guten ersten klinischen Ergebnissen der Plattenosteosynthese ist ein weiterer Vorteil der Patellaplatte der relativ kleine Zugangsweg. Zudem schmiegt sich die Platte durch ihre anatomische Form sehr gut an den Knochen an, was Weichteilirritation verhindert, sodass eine Materialentfernung nicht obligat ist.

Abschließend lässt sich sagen, dass die winkelstabile Plattenosteosynthese eine hohe mechanische Stabilität und eine gute Ausheilung auch nach komplexen Patellafrakturen aufweist, sodass sie eine gute Alternative in der Versorgung von Patellafrakturen darstellt. Eine sorgfältige Schraubenplatzierung ist jedoch essenziell, und je nach Komple-

xität der Fraktur kann eine additive Stabilisierung mit frakturspaltüberbrückenden Schrauben erwogen werden, da es bei suboptimaler Schraubenlage zu Heilungskomplikationen kommen kann. 

**Interessenkonflikt:** Die Patellaplatzen für die biomechanische Testung wurden von der Fa. Arthrex (München, Deutschland) zur Verfügung gestellt.

#### Korrespondenzadresse

Dr. Simone Wurm  
Berufsgenossenschaftliche  
Unfallklinik Murnau  
Prof. Küntscher-Str. 8  
82418 Murnau  
Simone.Wurm@bgu-murnau.de

#### Literatur

1. Benjamin J, Bried J, Dohm M et al. Biomechanical evaluation of various forms of fixation of transverse patellar fractures. *J Orthop Trauma* 1987; 1: 219–222
2. Koval KJ, Kim YH. Patella fractures. Evaluation and treatment. *Am J Knee Surg* 1997; 10: 101–108
3. Wild M, Windolf J, Flohé S. Patellafrakturen. *Unfallchirurg* 2010; 113: 401–412
4. Galla M, Lobenhoffer P. Frakturen der Patella. *Chirurg* 2005; 76: 987–999
5. Carpenter JE, Kasman RA, Matthews LS. Fractures of the patella. *J Bone Joint Surg AM* 1993; 75: 1550–1561
6. Wild M, Khayal T, Miersch D et al. Die Zuggurtungsosteosynthese nach Patellafraktur. *Unfallchirurg* 2008; 111: 892–897
7. Burvant JG, Thomas KA, Alexander R et al. Evaluation of methods of internal fixation of transverse patella fractures: a biomechanical study. *J Orthop Trauma* 1994; 8: 147–153
8. Carpenter JE, Kasman RA, Patel N et al. Biomechanical evaluation of current patella fracture fixation techniques. *J Orthop Trauma* 1997; 11: 351–356
9. Augat P, Simon U, Liedert A, et al. Mechanics and mechano-biology of fracture healing in normal and osteoporotic bone. *Osteoporos Int* 2005; 16/2: 36–43