

Abb. 3.66 Isometrische Messung der Beckenmuskulatur mit dem Handheld-Dynamometer am Beispiel der Adduktoren.



Abb. 3.67 Lokale Entzündung und Flüssigkeitsansammlung unter dem iliotibialen Bandkomplex. MRT-Bild eines 33-jährigen Läufers.  
**a** Frontales Schnittbild.  
**b** Axiales Schnittbild.

## Therapie

### Konservative Therapie

Die primär konservative Behandlung des DTIS umfasst nicht nur die lokalen Symptome am lateralen Kniegelenk, sondern insbesondere auch biomechanische Auffälligkeiten im Bereich der Füße und der Hüften, des Rumpfes sowie des Laufstils, um langfristig gute Ergebnisse zu erzie-

len. Obwohl sich die Pathologie distal am Knie befindet, sollte der Fokus der Behandlung mehr proximal liegen [4], [6], [9], [11], [13], [14], [21], [26], [43], [47], [66], [69], [74], [18].

Wie bei vielen anderen Weichteilverletzungen unterteilt sich die Therapie in vier Phasen (► Tab. 3.13) [9], [29], [31], [49]. Die akute Phase beginnt mit der Therapie der lokalen schmerzhaften Entzündung, die subakute

Tab. 3.13 Behandlungsschema des distalen Tractus iliotibialis Syndroms [29].

Phase	Ziele	Behandlung
akute Phase	Schmerzkontrolle, Reduktion der Entzündung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trainingsmodifikation</li> <li>• lokale Eisapplikation</li> <li>• orale NSAR</li> <li>• Kortikosteroidinjektion bei starken Schmerzen oder Schwellungen</li> </ul>
subakute Phase (beginnt nach Entzündungs- und Schmerzrückgang)	Korrektur biomechanischer Veränderungen, Auflösen myofaszialer Einschränkungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dehnung des ITB</li> <li>• Dehnung des M. iliopsoas, des M. rectus femoris und des ITB/TFL-Komplexes</li> <li>• Weichteiltechniken für myofasziale Veränderungen</li> </ul>
Rehabilitations- und Kräftigungsphase (nach Auflösung von Bewegungs- und myofaszialen Einschränkungen)	abgestimmtes Übungsprogramm, um Hüftabduktoren zu stärken	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beine in Seitenlage anheben</li> <li>• einbeinige Kniebeugen</li> <li>• Beckenstabilisation</li> <li>• exzentrische Kräftigungsübungen</li> </ul>
„Return to Running“ (wenn offen- und geschlossen-kettige Übungen schmerzfrei absolvierbar sind)	abgestimmte Rückkehr zur vollen Aktivität über 3–4 Wochen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laufen jeden 2. Tag</li> <li>• mit einfachen Sprints beginnen und Bergtraining vermeiden</li> <li>• schrittweises Steigern der Häufigkeit und Intensität</li> </ul>

Phase folgt mit der Korrektur von biomechanischen Auffälligkeiten, darauf schließen sich die Rehabilitations- und Kräftigungsphase sowie die Phase zur Wiederaufnahme der sportlichen Aktivität an:

- **Akute Phase:** Das erste Ziel der Behandlung ist die Reduktion der schmerzhaften Entzündung über dem lateralen Femurkondylus. Hierzu werden lokale Eisapplikationen und physikalische Maßnahmen angewendet, zudem können kurzzeitig orale NSAR eingenommen werden. Bei starken, persistierenden Schmerzen mit Schwellungen kann auch eine lokale Infiltration mit Kortison helfen, wobei sie sehr selten als solitäre Behandlung ausreicht [41]. Des Weiteren sind Trainingsmodifikationen notwendig. In milden Fällen können die sportlichen Aktivitäten unter der Distanz- bzw. Zeitgrenze bis zum Auftreten der Beschwerden weitergeführt werden. Meistens sind aber alle Trainingsformen mit repetitiven Bewegungen und Stress am lateralen Kniebereich zu vermeiden, und es ist lediglich ein Alternativtraining wie Schwimmen mit einem Pull bouy möglich.
- **Subakute Phase:** Wenn die akute schmerzhaft Entzündung zurückgegangen ist, werden biomechanische Auffälligkeiten und myofasziale Restriktionen korrigiert. Es werden insbesondere Dehnungen des Tractus iliotibialis selbst, der Fascia lata und der Glutealmuskulatur durchgeführt. Aber auch Verkürzungen des M. iliopsoas, des M. quadriceps, der Ischiokruralmuskulatur und des M. triceps surae müssen verbessert werden. Verschiedene Dehnungsprotokolle mit unterschiedlichen Effekten sind beschrieben [28], [29], [31], [49], [67], [68], [83]. Die myofaszialen Restriktionen entlang der lateralen Hüfte und des Oberschenkels umfassen schmerzhaft Triggerpunkte, muskuläre Kontraktionen und fasziale Adhäsionen. Sie müssen erkannt

und mit entsprechenden manuellen Weichteiltechniken, Dry Needling oder Massagen beseitigt werden. Ebenso scheint die Anwendung einer extrakorporellen Stoßwellentherapie in Verbindung mit einem speziellen Übungsprogramm positive Ergebnisse zu zeigen [82].

- **Rehabilitations- und Kräftigungsphase:** Nach Erreichen der normalen Muskelbeweglichkeit und Lösung der myofaszialen Restriktionen sollen besonders die Außenrotatoren sowie Abduktoren der Hüfte gestärkt werden. Die verschiedenen Kräftigungsübungen enthalten exzentrische Kontraktionen, dreidimensionale Bewegungen und integrierte Bewegungsmuster. Des Weiteren sind koordinative Übungen zur Verbesserung der Rumpf- und Beckenstabilität angezeigt [9].
- **Phase zur Wiederaufnahme der sportlichen Aktivität:** Wenn alle Kräftigungsübungen korrekt und schmerzfrei durchgeführt werden, kann das Lauftraining stufenweise mit moderater Geschwindigkeit auf ebenem Untergrund begonnen werden. Es wird empfohlen, zunächst nur jeden zweiten Tag auch mit kleinen Sprints und unter Vermeidung von Bergablaufen zu trainieren. Wenn dies ohne Schmerzen möglich ist, kann die Distanz und Frequenz in den nächsten 3–4 Wochen langsam gesteigert werden [24], [29], [47]. Wenn auch insgesamt nur eingeschränkte wissenschaftliche Evidenz besteht, erreichen die meisten Patienten mit diesen konservativen Maßnahmen innerhalb von 6–12 Wochen Beschwerdefreiheit [5], [9], [21], [43], [48], [49].

### Operative Therapie

In sehr seltenen Fällen persistieren die Schmerzen und erfordern einen operativen Eingriff. Es sind verschiedene Operationstechniken zur Entlastung des distalen iliotibialen Bandkomplexes am lateralen Femurkondylus be-

schrieben. Am häufigsten werden Verfahren mit Resektion eines dreieckförmigen Anteils des distalen Tractus iliotibialis in Höhe des lateralen Femurkondylus in 30° gebeugtem Kniegelenk, Releasestechniken mit Durchschneidung des posterioren Anteils des Tractus iliotibialis oder Z-förmige Verlängerungen desselben empfohlen [11], [14], [19], [29], [46], [71].

## Prävention

Zur Prävention erneuter Beschwerden ist ein ausgeglichenes Training mit regelmäßigen Kräftigungs- und Stabilisationsübungen der hüftumgebenden Muskulatur und des Rumpfes sowie Dehnungsübungen des Tractus iliotibialis indiziert. Zudem sind individuell abgestimmte Laufschuhe, orthopädische Einlagen zur Korrektur von Fußfehlstellungen, Laufstilberatungen und ein gutes Aufwärmen wichtige Aspekte der Vorbeugung.

### Fazit



Das distale Tractus-iliotibialis-Syndrom stellt im Sport ein relativ häufiges Überlastungssyndrom mit Schmerzen am lateralen Kniegelenk dar. Es bestehen sowohl in der Beschreibung der Anatomie und Biomechanik, der Ätiologie und des Pathomechanismus als auch in der Evidenz der Therapiemaßnahmen unterschiedliche Theorien und Ergebnisse, die in weiteren Studien untersucht werden müssen. Dennoch scheinen sich trotz der geringen Studienlage Diagnose und Behandlung des distalen Tractus-iliotibialis-Syndroms in der beschriebenen Weise im alltäglichen klinischen Verständnis bewährt zu haben. Es stellt eine primär klinische Diagnose dar, die in den meisten Fällen konservativ erfolgreich behandelt wird. Nur sehr selten sind operative Therapien notwendig.

## Literatur

- [1] Abdelshahed D, Neuman S, Oh-Park M. Dynamic Change in Ultrasonographic Findings in Iliotibial Band Syndrome After Running. *Am J Phys Med Rehabil* 2017 May 5.
- [2] Aderem J, Louw QA. Biomechanical risk factors associated with iliotibial band syndrome in runners: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord* 2015; 16: 356
- [3] Albers M, Shaikh H, Herbst E et al. The iliotibial band and anterolateral capsule have a combined attachment to the Segond fracture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2017 Apr 26
- [4] Allen DJ. Treatment of distal iliotibial band syndrome in a long distance runner with gait re-training emphasizing step rate manipulation. *Int J Sports Phys Ther* 2014; 9 (2): 222-231
- [5] Almekinders L. An in vitro investigation into the effects of repetitive motion and non-steroidal anti-inflammatory medication on human tendon fibroblasts. *Am J Sports Med* 1995; 23: 119-123
- [6] Anderson G. Iliotibial band friction syndrome. *Aust J Sci Med Sport* 1991; 23 (3): 81-83
- [7] Busseuil C, Freychat P, Guedj EB, Lacour JR. Rearfoot-forefoot orientation and traumatic risk for runners. *Foot Ankle Int* 1998; 19: 32-37
- [8] Aydingöz Ü, Özdemir ZM, Güneş A, Ergen FB. MRI of lower extremity impingement and friction syndromes in children. *Diagn Interv Radiol* 2016; 22 (6): 566-573
- [9] Baker RL, Fredericson M. Iliotibial Band Syndrome in Runners: Biomechanical Implications and Exercise Interventions. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2016; 27 (1): 53-77
- [10] Beals RK. The iliotibial tract: a review. *Curr Orthop Prac* 2009; 20 (1): 87-91
- [11] Beals C, Flanigan D. A Review of Treatments for Iliotibial Band Syndrome in the Athletic Population. *J Sports Med (Hindawi Publ Corp)* 2013: 367169
- [12] Birnbaum K, Siebert CH, Pandorf T et al. Anatomical and biomechanical investigations of the iliotibial tract. *Surg Radiol Anat* 2004; 26 (6): 433-446
- [13] Brown AM, Zifchock RA, Hillstrom HJ et al. The effects of fatigue on lower extremity kinematics, kinetics and joint coupling in symptomatic female runners with iliotibial band syndrome. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2016; 39: 84-90
- [14] Brukner P, Khan K. *Brukner & Khan's Clinical sports medicine*. 4th ed. McGraw-Hill; 2012
- [15] Busseuil C, Freychat P, Guedj EB, Lacour JR. Rearfoot-forefoot orientation and traumatic risk for runners. *Foot Ankle Int* 1998; 19: 32-37
- [16] Costa ML, Marshall T, Donell ST, Phillips H. Knee synovial cyst presenting as iliotibial band friction syndrome. *Knee* 2004; 3: 247-248
- [17] Cruz-López F, Mallen-Trejo A, Pascual-Vidriales C et al. Iliotibial band friction syndrome due to bioabsorbable pins in ACL reconstruction. *Acta Ortop Mex* 2016; 30 (6): 307-310
- [18] Devan MR, Pescatello LS, Faghri P, Anderson J. A prospective study of overuse knee injuries among female athletes with muscle imbalances and structural abnormalities. *J Athl Train* 2004; 39 (3): 263-267
- [19] Drogset JO, Rossvoll I, Grontvedt T. Surgical treatment of iliotibial band friction syndrome. A retrospective study of 45 patients. *Scand J Med Sci Sports* 1999; 9: 296-298
- [20] Ekman EF, Pope T, Martin DF et al. Magnetic resonance imaging of iliotibial band syndrome. *Am J Sports Med* 1994; 22: 851-854
- [21] Ellis R, Hing W, Reid D. Iliotibial band friction syndrome - a systematic review. *Man Ther* 2007; 12: 200-208
- [22] Fairclough J, Hayashi K, Toumi H et al. The functional anatomy of the iliotibial band during flexion and extension of the knee implications for understanding iliotibial band syndrome. *J Anat* 2006; 208: 309-316
- [23] Fairclough J, Hayashi K, Toumi H et al. Is iliotibial band syndrome really a friction syndrome? *J Sci Med Sport* 2007; 10: 74-76
- [24] Falvey EC, Clark RA, Franklyn-Miller A et al. Iliotibial band syndrome: an examination of the evidence behind a number of treatment options. *Scand J Med Sci Sports* 2010; 20 (4): 580-587
- [25] Fay K, Mannem R, Baynes K et al. Iliotibial band avulsion fracture: a case report with differential diagnosis. *Emerg Radiol* 2016; 23 (1): 93-96
- [26] Flato R, Passanante GJ, Skalski MR et al. The iliotibial tract: imaging, anatomy, injuries, and other pathology. *Skeletal Radiol* 2017; 46 (5): 605-622
- [27] Foch E, Reinbolt JA, Zhang S et al. Associations between iliotibial band injury status and running biomechanics in women. *Gait Posture* 2015; 41 (2): 706-710
- [28] Fredericson M, Cookingham CL, Chaudhari AM et al. Hip abductor weakness in distance runners with iliotibial band syndrome. *Clin J Sport Med* 2000; 10: 169-175
- [29] Fredericson M, Weir A. Practical Management of Iliotibial Band Friction Syndrome in Runners. *Clin J Sport Med* 2006; 16: 261-268
- [30] Fredericson M, White J, MacMahon J, Andriacchi T. Quantitative analysis of the relative effectiveness of 3 iliotibial band stretches. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83 (5): 589-592
- [31] Fredericson M, Wolf C. Iliotibial band syndrome in runners: innovations in treatment. *Sports Med* 2005; 35: 451-459
- [32] Gajdosik R, Sandler M, Marr H. Influence of knee positions and gender on the Ober test for length of the iliotibial band. *Clin Biomech* 2003; 18: 77-79
- [33] Godin JA, Chahla J, Moatshe G et al. A comprehensive reanalysis of the distal iliotibial band: quantitative anatomy, radiographic markers,

- and biomechanical properties. *Am J Sports Med* 2017; 45 (11): 2595-2603
- [34] Grando H, Chang EY, Chen KC, Chung CB. MR imaging of extrasynovial inflammation and impingement about the knee. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2014; 22 (4): 725-741
- [35] Grau S, Krauss I, Malwald C, Best R, Horstmann T. Hip abductor weakness is not the cause for iliotibial band syndrome. *Int J Sports Med* 2008; 29 (7): 579-583
- [36] Ha DH, Choi S, Kim SJ, Lih W. Intra-articular fibroma of tendon sheath in a knee joint associated with iliotibial bandfriction syndrome. *Korean J Radiol* 2015; 16 (1): 169-174
- [37] Hafer JF, Brown AM, Boyer KA. Exertion and pain do not alter coordination variability in runners with iliotibial bandsyndrome. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2017; 47: 73-78
- [38] Hamill J, Miller R, Noehren B, Davis I. A prospective study of iliotibial band strain in runners. *Clin Biomech* 2008; 23: 1018-1025
- [39] Hariri S, Savidge ET, Reinold MM et al. Treatment of recalcitrant iliotibial band friction syndrome with open iliotibial band bursectomy: indications, technique, and clinical outcomes. *Am J Sports Med* 2009; 37 (7): 1417-1424
- [40] Holmes JC, Pruitt AL, Whalen NJ. Iliotibial band syndrome in cyclists. *Am J Sports Med* 1993; 21 (3): 419-424
- [41] Hong JH, Kim JS. Diagnosis of iliotibial band friction syndrome and ultrasound guided steroid injection. *Korean J Pain* 2013; 26 (4): 387-391
- [42] Hudson Z, Darthuy E. Iliotibial band tightness and patellofemoral pain syndrome: a case-control study. *Man Ther* 2008; 2: 147-151
- [43] Hutterer C. Der Tractus iliotibialis und seine Tücken. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 2018; 4: D1-D3
- [44] Isusi M, Oleaga L, Campo M, Grande D. MRI findings in iliotibial band friction syndrome: a report of two cases. *Radiologia* 2007; 6: 433-435
- [45] Jelsing EJ, Finnoff JT, Cheville AL et al. Sonographic evaluation of the iliotibial band at the lateral femoral epicondyle: does the iliotibial band move? *J Ultrasound Med* 2013; 32 (7): 1199-1206
- [46] Khaund R, Flynn SH. Iliotibial Band Syndrome: A Common Source of Knee Pain. *Am Fam Phys* 2005; 71 (8): 1545-1550
- [47] Kirk K, Kuklo T, Klemme W. Iliotibial band friction syndrome. *Orthopedics* 2000; 23 (11): 1209-1215
- [48] Kulick M. Oral ibuprofen: evaluation of its effect on peritendinous adhesions and the breaking strength of a tenorrhaphy. *J Hand Surg* 1986; 11A: 110-119
- [49] Lavine R. Iliotibial band friction syndrome. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2010; 3: 18-22
- [50] Levin J. Run down: battling IT band syndrome in long distance runners. *Biomechanics* 2003; 1: 22-25
- [51] Louw M, Deary C. The biomechanical variables involved in the aetiology of iliotibial band syndrome in distance runners—A systematic review of the literature. *Phys Ther Sport* 2014; 15 (1): 64-75
- [52] MacMahon JM, Chaudhari AM, Andriacchi TP. Biomechanical injury predictors for marathon runners: striding towards iliotibial band syndrome injury prevention. *Conf Int Soc Biomechanics in Sports, Hong Kong*; June 2000
- [53] McNicol K, Taunton J, Clement D. Iliotibial tract friction syndrome in athletes. *Can J Appl Sport Sci* 1981; 6 (2): 76-80
- [54] Merican AM, Amis AA. Iliotibial band tension affects patellofemoral and tibiofemoral kinematics. *J Biomech* 2009; 10: 1539-1546
- [55] Messier SP, Edwards DG, Martin DF et al. Etiology of iliotibial band friction syndrome in distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27: 951-960
- [56] Miller R, Lowry J, Meardon S, Gillette J. Lower extremity mechanics of iliotibial band syndrome during an exhaustive run. *Gait Posture* 2007; 26: 407-413
- [57] Mucha MD, Caldwell W, Schlueter EL et al. Hip abductor strength and lower extremity running related injury in distance runners: A systematic review. *J Sci Med Sport* 2017; 20 (4): 349-355
- [58] Muhle C, Ahn J, Yeh L et al. Iliotibial band friction syndrome: MR imaging findings in 16 patients and MR arthrographic study of six cadaveric knees. *Radiology* 1999; 212 (1): 103-110
- [59] Nemeth WC, Sanders BL. The lateral synovial recess of the knee: anatomy and role in chronic iliotibial band friction syndrome. *Arthroscopy* 1996; 12: 574-580
- [60] Netter FH. *Atlas of human anatomy*. 4th ed. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2006
- [61] Noble C. Iliotibial band friction syndrome in runners. *Am J Sports Med* 1980; 8: 232-234
- [62] Noehren B, Davis I, Hamill J. Prospective study of the biomechanical factors associated with iliotibial band syndrome. *Clin Biomech* 2007; 22: 951-956
- [63] Orava S. Iliotibial tract friction syndrome in athletes - an uncommon exertion syndrome on the lateral side of the knee. *Br J Sports Med* 1978; 12: 69-73
- [64] Orchard J, Fricker P, Abud A, Mason B. Biomechanics of iliotibial band friction syndrome in runners. *Am J Sports Med* 1996; 24: 375-379
- [65] Park JH, Kang SY, Choung SD et al. Effects of tibial rotation on Ober's test and patellar tracking. *Knee* 2016; 23 (4): 600-603
- [66] Patel DR, Villalobos A. Evaluation and management of knee pain in young athletes: overuse injuries of the knee. *Transl Pediatr* 2017; 6 (3): 190-198
- [67] Pedowitz RN. Use of osteopathic manipulative treatment for iliotibial band friction syndrome. *J Am Osteopath Assoc* 2006; 12: 563-567
- [68] Pettitt R, Dolski A. Corrective neuromuscular approach to the treatment of iliotibial band friction syndrome: a case report. *J Athl Train* 2000; 35: 96-99
- [69] Phinyomark A, Osis S, Hettinga BA et al. Gender differences in gait kinematics in runners with iliotibial band syndrome. *Scand J Med Sci Sports* 2015; 25 (6): 744-753
- [70] Renne JW. The iliotibial band friction syndrome. *J Bone Joint Surg Am* 1975; 57 (8): 1110-1111
- [71] Richards DP, Alen Barber F, Troop RL. Iliotibial band Z-lengthening. *Arthroscopy* 2003; 19 (3): 326-329
- [72] Rumball JS, Lebrun CM, DiCiacca SR, Orlando K. Rowing injuries. *Sports Med* 2005; 35 (6): 537-555
- [73] Seijas R, Sallent A, Galán M et al. Iliotibial band syndrome following hip arthroscopy: An unreported complication. *Indian J Orthop* 2016; 50 (5): 486-491
- [74] Shamus J, Shamus E. The management of iliotibial band syndrome with a multifaceted approach: a double case report. *Int J Sports Phys Ther* 2015; 10 (3): 378-390
- [75] Strauss EJ, Kim S, Calcei JG, Park D. Iliotibial band syndrome: evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg* 2011; 19 (12): 728-736
- [76] Tateuchi H, Shiratori S, Ichihashi N. The effect of angle and moment of the hip and knee joint on iliotibial band hardness. *Gait Posture* 2015; 41 (2): 522-528
- [77] Tateuchi H, Shiratori S, Ichihashi N. The effect of three-dimensional postural change on shear elastic modulus of the iliotibial band. *J Electromyogr Kinesiol* 2016; 28: 137-142
- [78] Taunton J, Ryan M, Clement D et al. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sports Med* 2002; 36 (2): 95-101
- [79] Tschopp M, Brunner F. Erkrankungen und Überlastungsschäden an der unteren Extremität bei Langstreckenläufern. *Z Rheumatol* 2017; 76 (5): 443-450
- [80] van der Worp MP, van der Horst N, de Wijer A et al. Iliotibial band syndrome in runners: a systematic review. *Sports Med* 2012; 42 (11): 969-992
- [81] Vieira EL, Vieira EA, da Silva RT et al. An anatomic study of the iliotibial tract. *Arthroscopy* 2007; 23 (3): 269-274
- [82] Weckström K, Söderström J. Radial extracorporeal shockwave therapy compared with manual therapy in runners with iliotibial band syndrome. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2016; 29 (1): 161-170
- [83] Wilhelm M, Matthijs O, Browne K et al. Deformation response of the iliotibial band-tensor fascia lata complex to clinical-grade longitudinal tension loading in-vitro. *Int J Sports Phys Ther* 2017; 12 (1): 16-24
- [84] Yeoh C, Lim G, Sathappan SS. Synovial cyst: A culprit for recalcitrant iliotibial band syndrome: A case report. *Malays Orthop J* 2015; 9 (3): 68-70

## 3.12 Bursitis praepatellaris

Cornelia Zeitler

### 3.12.1 Physiologische Grundlagen

Obwohl eine Anlage von Bursen des Kniegelenks bereits ab der 14. Woche der embryonalen Entwicklung in der Literatur diskutiert wurde [12], deuten andere Arbeiten darauf hin, dass diese erst nach der Geburt in Abhängigkeit von Bewegung und Funktionsanspruch als Gleitlager zwischen zwei Gewebeschichten angelegt werden [6]. Als solche formen sie einen geschlossenen bindegewebigen Sack, der durch Synovialmembran ausgekleidet wird.

### 3.12.2 Epidemiologie

Bei einer Prävalenz von 1–12 Fällen pro 10000 Hospitalisierungen wird eine jährliche Inzidenz von 10/100 000 berichtet mit einem Anteil von über 65–80% an männlichen Patienten [15], [19], [23]. Eine statistische Häufung tritt im Alter zwischen 40 und 60 Jahren auf. Etwa zwei Drittel aller Fälle sind auf aseptische Genese zurückzuführen, wobei septische Bursitiden an der Bursa olecrani viermal häufiger vorkommen als an der Bursa praepatellaris [7], [24].

### 3.12.3 Pathogenese

Von den über 140 Bursen im gesamten Körper sind die Bursa praepatellaris und die Bursa olecrani am häufigsten von entzündlichen Veränderungen betroffen. Beide Bursen liegen sehr oberflächlich, weswegen reaktive Prozesse oftmals nicht nur überlastungsbedingt auftreten, sondern auch durch direkte Einwirkung äußerlicher Traumata begünstigt werden. Viele Überlegungen zu Ätiologie, Pathogenese und Therapie gelten sowohl für die Bursitis olecrani als auch für die Bursitis praepatellaris, in der bisher publizierten Literatur wurden die beiden Krankheitsbilder daher auch oftmals gemeinsam abgehandelt.

In der Literatur wie auch in der klinischen Praxis ist die Unterscheidung zwischen septischer und aseptischer Bursitis von großer Bedeutung. Als **aseptische Bursitiden** werden sterile Entzündungen bezeichnet, die posttraumatisch auftreten können, als Überlastungssymptom oder getriggert werden durch kristalline Ablagerungen (Gicht, Pseudogicht) oder systemische Erkrankungen (Rheumatoide Arthritiden, Systemischer Lupus Erythematoses oder Urämie) [9]. Mechanisch können Verletzungen von oberflächlichen Bursen durch einmaliges direktes Trauma, mehrere kleinere Traumen oder konstant ausgeübten Druck im Sinne einer chronischen Überbelastung zustande kommen. Durch vermehrte Belastung der betroffenen Region sind bestimmte Berufsgruppen (Tepichleger, Gärtner, Dachdecker) gehäuft betroffen, ebenso zeigte sich ein vermehrtes Auftreten bei Athleten be-

stimmter Sportarten, wie Wrestling [10], [14] oder Eishockey [13]. Als pathogenetisch für die Schwellung und Gewebereizung wird eine akute entzündliche Reaktion mit Überproduktion von Flüssigkeit und Verdickung der Bursablätter betrachtet. In manchen Fällen kann es auch zu Einblutungen in die Bursa kommen.

Infolge dieser entzündlichen Veränderungen wird nach und nach das Bursaepithel geschädigt, was wiederum eine Besiedelung mit pathogenen Keimen begünstigt. Dies ist der Fall bei der **septischen Bursitis**. Durch Hautläsionen oder sekundäre Streuung kommt es zur Infiltration von Bakterien in das Bursagewebe. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle wird *Staphylococcus aureus* als primärer Keim identifiziert, gefolgt von Streptokokken der Gruppe A [2], [24]. In der Literatur beschriebene Fälle von Weichteilinfektionen bei Sportlern und Besiedelung von Sportequipment mit pathogenen Keimen legen einen Zusammenhang nahe [16], [21]. Umso wichtiger ist es, bereits initial zwischen septischer und aseptischer Genese zu unterscheiden, um die adäquate Therapie zu wählen.

### 3.12.4 Diagnostik

Das klinische Erscheinungsbild der Bursitis praepatellaris beinhaltet Schwellung, Rötung und Spannungsgefühl, bei der septischen als auch bei der aseptischen Form. Als Kriterien für die Differenzierung können daher laut einer 2014 publizierten Literaturrecherche lediglich die folgenden drei klinischen Befunde herangezogen werden [2]:

- Fieber > 37,7 °C
- lokale Erwärmung der Bursa um > 2,2 °C im Vergleich zur Gegenseite
- Hautläsionen in der näheren Umgebung

Wenn auch unzureichend zur Unterscheidung zwischen septischer und aseptischer Ätiologie, sollten vor Punktion der Bursa native Röntgenbilder in zwei Ebenen angefertigt werden, um die wichtigsten Differenzialdiagnosen zu klären (Chondropathia patellae, Morbus Osgood-Schlatter, Osteomyelitis) [8]. Eine Sonografie kann zusätzlich helfen, die genaue Lokalisation, Ausdehnung und den Organisationsgrad der Bursitis zu erkennen, sowie freies Gewebe, rheumatoide Knotenbildung oder Gichtkristalle zu lokalisieren [20].

Im Zuge der weiterführenden Diagnostik sollte anhand von Bursapunktat eine genauere Differenzierung erfolgen. Im Falle einer aseptischen Genese stellt sich dieses meist klar, milchig oder hämorrhagisch dar, während purulentes Sekret eher auf ein septisches Geschehen hindeutet [24]. Eine genauere Analyse des Aspirats auf die folgenden Parameter, kann weitere Hinweise auf eine septische Bursitis geben [2]:

- Leukozytenzahl > 3000/µl
- Glukose < 31 mg/dl
- Anteil der polymorphkernigen Zellen > 50%
- positive Gram-Färbung

Sollte eine positive Gram-Färbung vorliegen, kann diese als diagnostisch gewertet werden, jedoch sollte auch in Hinblick auf die Therapieentscheidung noch ein Keimnachweis in flüssigem Kulturmedium erfolgen. Letztlich können noch Leukozytenzahl und Entzündungsparameter im Blut bestimmt werden, um einerseits bei der Differenzierung septisch/aseptisch zu helfen und andererseits einen Anhalt für die systemische Beteiligung zu bekommen.

### 3.12.5 Therapie

Die Therapie ist immer abhängig von der initialen Unterscheidung zwischen septischer und aseptischer Bursitis, sollte jedoch bei fehlendem Therapieansprechen oder bei Änderung der Klinik im Therapieverlauf kritisch geprüft werden. Bei mildem Krankheitsverlauf ist bei septischer wie auch bei aseptischer Bursitis eine konservative Therapie den operativen Maßnahmen vorzuziehen [2], auch wenn mehrere Übersichtsarbeiten zeigen, dass gerade im deutschsprachigen Raum sehr großzügig mit der Indikation zur offenen Sanierung umgegangen wird [1], [3], [4].

Punktion, lokale und systemische antiphlogistische Maßnahmen stehen bei der konservativen Therapie im Vordergrund, ebenso Schutz, Schonung, Kühlung, Kompression und Hochlagerung nach dem PRICE-Schema (engl. Protection, Rest, Ice, Compression, Elevation). Immobilisation des Beines wird für mindestens eine Woche empfohlen, Kompression für mindestens zwei bis drei Tage und NSAR-Einnahme für 10 bis 14 Tage [2]. Sollte sich die Bursa erneut mit Flüssigkeit füllen, soll diese so oft wie notwendig abpunktiert werden. Als weitere Therapieoption bei der aseptischen Bursitis wird in der Literatur die intrabursale Infiltration mit Steroiden diskutiert, die eine beschleunigte Reduktion der Schwellung gezeigt hat [14], [11], [18]. Eine simultane Injektion mit Steroiden bei Punktion bietet sich an, sollte jedoch wegen der Gefahr möglicher Komplikationen gut abgewogen werden, da zum derzeitigen Zeitpunkt diesbezüglich noch keine sichere Empfehlung abgegeben werden kann [17].

Bei der septischen Bursitis ist das zentrale Element der Therapie die gezielte antibiotische Therapie. Zunächst erfolgt die empirische Antibiose mit Penicillinase-resistenten Penicillinen oder Cephalosporinen der ersten Generation, bis die Ergebnisse der Kulturen aus dem Bursapunktat vorliegen. In milden Fällen wird eine orale antibiotische Therapie über zwei Wochen empfohlen, während bei Zeichen systemischer Infektion oder bei immunkompromittierten Patienten die stationäre Aufnahme und parenterale Gabe über zehn Tage vorzuziehen ist, mit anschließender oraler Antibiose über weitere zwei Wochen [2]. Im Fall von traumatischer Eröffnung der Bursa konnte in einer rezent veröffentlichten Arbeit eine signifikant reduzierte Infektionsrate durch präventive Antibiose gezeigt werden, jedoch kein Unterschied im Outcome bei konservativer oder operativer Versorgung [15].

Eine zeitnahe Kontrolle wird in jedem Fall empfohlen, um das adäquate Therapieansprechen zu kontrollieren, da aseptische Bursitiden auch sekundär mit Keimen besiedelt werden können oder atypische Keime nicht immer auf die primäre antibiotische Therapie ansprechen. Zu diesem Zeitpunkt kann meist auch die Antibiose dem Resistogramm entsprechend umgestellt werden. Bei fulminanten Verläufen empfiehlt es sich, das gerötete und geschwollene Areal mit einem Stift zu markieren, um den Verlauf besser beurteilen zu können. Treten unter der Primärtherapie Komplikationen (z. B. Nekrose, Fistelbildung, Abszessbildung, Phlegmone, SIRS bis zur Sepsis) auf, wird von einer „komplizierten Bursitis“ gesprochen. In diesem Fall empfiehlt sich eine operative Versorgung mittels offener oder arthroskopischer Bursektomie mit oder ohne Vakuumverband [2], [23].

### Literatur

- [1] Baumbach SF, Domaszewski F, Wyen H et al. Evaluation of the current treatment concepts in Germany, Austria and Switzerland for acute traumatic lesions to the prepatellar and olecranon bursa. *Injury* 2013; 44: 1423–1427
- [2] Baumbach SF, Lobo CM, Badyine I et al. Prepatellar and olecranon bursitis: literature review and development of a treatment algorithm. *Arch Orthop Trauma Surg* 2014; 134: 359–370
- [3] Baumbach S, Michel M, Wyen H et al. Derzeitige Versorgungssituation der Bursitis olecrani und praepatellaris in Österreich. *Z Orthop Unfall* 2013; 151: 149–155
- [4] Baumbach SF, Wyen H, Perez C et al. Evaluation of current treatment regimens for prepatellar and olecranon bursitis in Switzerland. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2013; 39: 65–72
- [5] Beavis RC, MacDonald PB. Staphylococcus aureus Septicemia Secondary to Hand Abrasions in a Professional Hockey Player—A Case Report. *Clin J Sport Med* 2008; 18: 174–175
- [6] Chen J, Alk D, Eventov I, Wientroub S. Development of the olecranon bursa. An anatomic cadaver study. *Acta Orthop Scand* 1987; 58: 408–409
- [7] Ho G, Tice AD. Comparison of nonseptic and septic bursitis. Further observations on the treatment of septic bursitis. *Arch Intern Med* 1979; 139: 1269–1273
- [8] Ho G, Tice AD, Kaplan SR. Septic bursitis in the prepatellar and olecranon bursae: an analysis of 25 cases. *Ann Intern Med* 1978; 89: 21–27
- [9] Jennings F, Lambert E, Fredericson M. Rheumatic diseases presenting as sports-related injuries. *Sports Med* 2008; 38: 917–930
- [10] Kinningham R, Monseau A. Caring for Wrestlers. *Curr Sports Med Rep* 2015; 14: 404–412
- [11] McFarland EG, Mamanee P, Queale WS, Cosgarea AJ. Olecranon and prepatellar bursitis: treating acute, chronic, and inflamed. *Phys Sportsmed* 2000; 28: 40–52
- [12] Mèrida-Velasco JA, Sánchez-Montesinos I, Espín-Ferra J et al. Development of the human knee joint ligaments. *Anat Rec* 1997; 248: 259–268
- [13] Mosenthal W, Kim M, Holzshu R et al. Common Ice Hockey Injuries and Treatment. *Curr Sports Med Rep* 2017; 16: 357–362
- [14] Mysnyk MC, Wroble RR, Foster DT, Albright JP. Prepatellar bursitis in wrestlers. *Am J Sports Med* 1986; 14: 46–54
- [15] Raas C, Attal R, Kaiser P et al. Treatment and outcome with traumatic lesions of the olecranon and prepatellar bursa: a literature review apropos a retrospective analysis including 552 cases. *Arch Orthop Trauma Surg* 2017; 137: 823–827
- [16] Rihn JA, Michaels MG, Harner CD. Community-Acquired Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus. *Am J Sports Med* 2005; 33: 1924–1929

- [17] Saul D, Dresing K. Behandlung der traumatisch eröffneten Bursa olecrani und der chronischen Bursitis olecrani. *Oper Orthop Traumatol* 2017; 29: 253–265
- [18] Smith DL, McAfee JH, Lucas LM et al. Treatment of nonseptic olecranon bursitis. A controlled, blinded prospective trial. *Arch Intern Med* 1989; 149: 2527–2530
- [19] Söderquist B, Hedström SA. Predisposing factors, bacteriology and antibiotic therapy in 35 cases of septic bursitis. *Scand J Infect Dis* 1986; 18: 305–311
- [20] Stell IM. Septic and non-septic olecranon bursitis in the accident and emergency department - an approach to management. *J Accid Emerg Med* 1996; 13: 351–353
- [21] Tuff T, Chrobak K. Septic olecranon and prepatellar bursitis in hockey players: a report of three cases. *J Can Chiropr Assoc* 2016; 60: 305–310
- [22] Turbeville SD, Cowan LD, Greenfield RA. Infectious disease outbreaks in competitive sports: a review of the literature. *Am J Sports Med* 2006; 34: 1860–1865
- [23] Walter G, Kemmerer M, Hoffmann R. Die chirurgische Therapie der eitrigen Bursitis olecrani und praepatellaris mittels Exzision und Vakuumokklusion. *Z Orthop Unfall* 2013; 151: 353–357
- [24] Zimmermann B, Mikolich DJ, Ho G. Septic bursitis. *Semin. Arthritis Rheum* 1995; 24: 391–410

## 4 Sportartspezifische Aspekte

### 4.1 Sportarten ohne Gegnerkontakt

#### 4.1.1 Badminton

Norbert Möllers

##### Grundlagen

Das Badmintonfeld ist mit einer Länge von 13,40 m und einer Breite von 6,10 m (im Doppel, im Einzel seitlich jeweils 0,48 cm schmaler) nicht besonders groß. Auch das Spielgerät ist eher grazil; der Schläger wiegt gerade einmal 95 g, der Federball 5 g. Trotzdem ist Badminton eine hochathletische und sehr laufintensive Sportart. Badminton als Leistungssport erfordert ein sehr zeitaufwändiges Training von 4–6 Stunden täglich, also bis zu 30 Wochenstunden. Aufgrund systematischer Talentsuche in den Schulen führen teilweise bereits Kinder im Grundschulalter ein Leistungstraining aus.

##### Belastungsprofil

Ein guter Spieler kann von jedem Punkt seines eigenen Feldes aus jeden Punkt des gegnerischen Feldes anspielen. Er wird versuchen, dem Gegner lange Laufwege aufzuzwingen, in dem er die Bälle im Wechsel möglichst in die vier Ecken platziert, d. h. rechts und links vorne am Netz oder am Hinterrand des Spielfelds. Um die eigenen Laufwege möglichst gering zu halten, startet der Spieler vom „zentralen Punkt“, der in der Feldmitte liegt, also im Schnittpunkt der beiden Diagonalen. Er muss mit seiner Laufarbeit folgendes prinzipielles Problem lösen: Wie komme ich möglichst schnell zu jedem Punkt des Feldes, insbesondere in die vier Ecken, und wie komme ich möglichst schnell wieder zurück zum zentralen Punkt? Besonders schwierig dabei sind Rückwärtsbewegungen und die Umkehrung der Laufrichtung.

Folgende badmintonspezifische Laufbewegungen haben sich entwickelt: Der Nachstellschritt (► Abb. 4.1) ist der typische Schritt zur Vorwärtsbewegung. Der Fuß auf der Schlagseite wird dabei immer nach vorne gestellt. Wird der Ball erst unmittelbar über dem Spielfeldboden erreicht, ist ein tiefer Ausfallschritt (► Abb. 4.2) erforder-



Abb. 4.1 Badminton. Nachstellschritt nach vorn. (Quelle: Sven Heise, Maulburg)

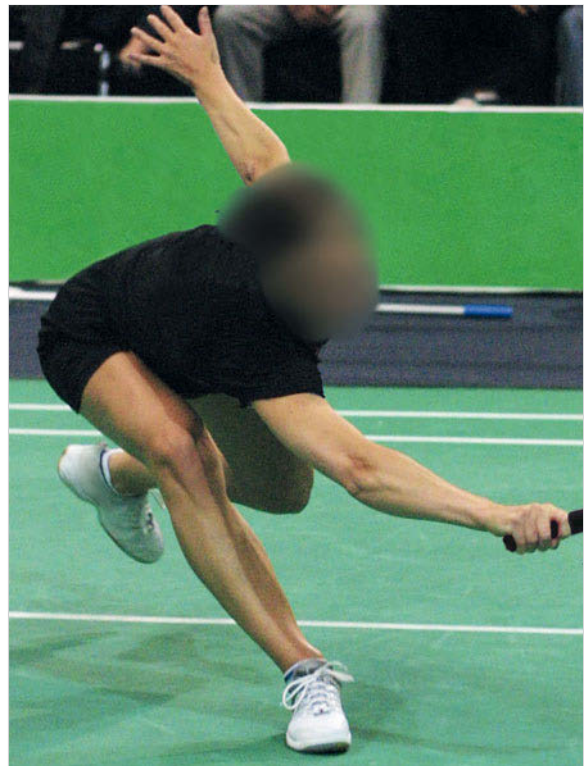


Abb. 4.2 Badminton. Tiefer Ausfallschritt. (Quelle: Sven Heise, Maulburg)



Abb. 4.3 Badminton. Umsprung. (Quelle: Sven Heise, Maulburg)

lich. Der Umsprung (► Abb. 4.3) ist erforderlich, wenn der Spieler überspielt ist und der Federball in der hinteren Ecke auf der Vorhand oder der Rückhand landet. Der Spieler läuft dann rückwärts, schlägt den Ball in einer Sprungbewegung und macht gleichzeitig in der Luft eine Art Grätsche, um dadurch sofort wieder in die Vorwärtsbewegung zu kommen. Der Chinasprung (► Abb. 4.4) erfolgt meist in der Feldmitte, indem der Spieler mit beiden Beinen abspringt, um den vom Gegner auf die Rückhandseite geschlagenen Ball seitlich vom Körper mit einem Vorhandschlag links vom Kopf zu erreichen. Die große Belastung des gesamten Bewegungsapparats und insbesondere des Kniegelenks lässt sich auch ablesen an den Schlägen aus einem Sprung heraus (► Abb. 4.5) und der nachfolgenden Landung.

Die sportartspezifische Belastung ist gekennzeichnet durch:

- ständige Stop-and-Go-Bewegungen zwischen Netz und Rückfeld
- ständige Richtungsänderungen auch zur Seite (Vorhand, Rückhand)
- extrem schnellkräftige Schlag- und Sprungbewegungen
- feinstkoordinierte Bewegungen am Netz



Abb. 4.4 Badminton. Schlag links des Kopfes nach Chinasprung. (Quelle: Sven Heise, Maulburg)

- teilweise tiefe Ballannahmen unmittelbar über dem Boden
- hohe Wiederholungszahl der Bewegungen pro Zeiteinheit

## Verletzungen

Gefährdet ist das Knie besonders nach Sprüngen und bei tiefen Ausfallschritten. Das Knie kann dabei nach medial oder lateral oder auch nach dorsal wegknicken. Meniskus-, Kreuzband- und Kollateralbandverletzungen können die Folge sein. Innenmeniskus und vorderes Kreuzband sind am häufigsten betroffen. Aber auch Rupturen der Rektussehne am oberen Patellarand oder des Lig. patellae sind möglich. Natürlich können auch komplexe Knieinnenverletzungen (z. B. „unhappy triad“ mit Verletzung von Innenband, Innenmeniskus und vorderem Kreuzband) auftreten. Betroffen ist in der Regel das Bein auf der Schlagseite.

Endogene Risikofaktoren sind mangelnde Fitness und Flexibilität. Aber auch mangelnde Dehnfähigkeit der Beuger und Strecker am Oberschenkel und der Wadenmuskulatur begünstigen Verletzungen am Knie. Exogene Risikofaktoren sind schlechte Beleuchtung und rutschige Böden in der Badminton-Halle. Ein hohes Risiko stellen Schweißtropfen auf dem Feld dar, weil der Spieler darauf ausrutschen und stürzen kann. Dann sind Kreuzbänder und Menisken unmittelbar gefährdet. In den Doppeldis-

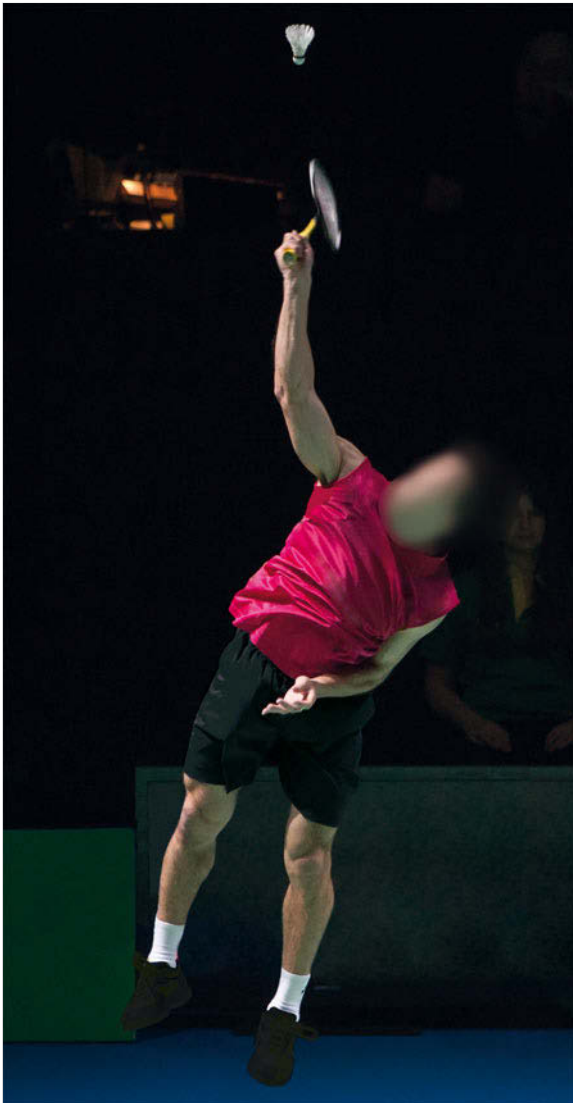


Abb. 4.5 Badminton. Schläge aus einem Sprung heraus (Sprung-Smash). (Quelle: Sven Heise, Maulburg)

ziplinen kann es durch ungenügende Übersicht auf dem Feld zu einem Zusammenstoß der beiden Spieler kommen.

Im Verletzungsfall bei akuten oder chronischen Beschwerden sollte der Untersucher der Standardregel jeder ärztlichen Untersuchung folgen: Anamnese, Untersuchung, bildgebende Verfahren. Jemand, der mit den badmintonspezifischen Bewegungen und Belastungen vertraut ist, erfährt schon aus der Anamnese („Wo sind die Schmerzen?, Bei welcher Bewegung ist es passiert?, Wie lange haben Sie Schmerzen?“), welche anatomischen Strukturen am Knie verletzt oder überlastet sind. Die körperliche Untersuchung testet diese Strukturen durch spezifische funktionelle Belastung. Zur Bildgebung stehen Ultraschall, Röntgen und MRT zur Verfügung.

Akute Knieverletzungen bedürfen im Falle einer Meniskus- oder Kreuzbandverletzung oder Sehnenruptur der kurzfristigen operativen Intervention, meist im Rahmen einer Arthroskopie. Postoperative Physiotherapie und eigene Übungen des Spielers, evtl. auch in einem Fitness-Studio sind selbstverständlich. Eine begleitende antiphlogistische Therapie sollte ebenfalls durchgeführt werden.

## Überlastungsschäden

Die hohen Intensitäten des Badmintontrainings und der Wettkämpfe führen häufig zu Überlastungen im Sinne von Ansatzendinosen. Betroffen sind die Rektussehne am oberen Patellapol, das Lig. patellae an ihrem Ursprung an der Patellaspitze und an ihrem Ansatz an der Tuberositas tibiae. Seitlich am Patellarand können das mediale oder laterale Retinakulum schmerzhaft sein. Kniegelenknah können die Ansätze des Tractus iliotibialis am lateralen Femurkondylus und am lateralen Tibiakopf („Tuberculum Gerdy“) Beschwerden machen. Bei älteren Spielern können vorgeschädigte Gelenke mit retropatellaren Knorpelveränderungen zu einem patellofemoralem Syndrom führen mit rezidivierender oder auch dauernder Symptomatik.

Bei Kindern und Jugendlichen können die hohen Belastungen zu Schädigungen der Wachstumszonen im Sinne von Epiphysenlockerung oder Apophysenlockerung oder sogar Apophysenabriss führen (Morbus Sinding-Larsson und Morbus Schlatler). Zusätzlich sollte man auch an nicht-badmintonbedingte Erkrankungen des Jugendalters denken wie etwa die Osteochondrosis dissecans des medialen Femurkondylus. Röntgenbilder sind deshalb auch bei Kindern und Jugendlichen erforderlich. Auch wenn meist das Knie auf der Schlagseite betroffen ist, sollten bei Kindern möglichst beide Knie geröntgt werden, weil sich die Veränderungen häufig erst im Vergleich mit der nicht betroffenen Seite offenbaren.

Überlastungsbeschwerden der Sehnen und ihrer Ansätze können durch Wärme, Querfraktionen und Muskeldehnungen bei der Physiotherapie und eigene Dehnungsübungen des Spielers angegangen werden. Zur Mitbehandlung von retropatellaren Veränderungen stehen Injektionsbehandlungen mit Hyaluronsäure, neuerdings auch mit ACP („Autologes Conditioniertes Plasma“), zur Verfügung.

## Prävention

Vorbeugende Maßnahme gegen Knieverletzungen beim Badminton ist neben der allgemeinen Athletik und Ausdauer insbesondere das systematische Training der badmintontypischen Laufbewegungen. Besonders der Umsprung mit seinem Umschalten von einer Rückwärts- in eine sofortige Vorwärtsbewegung ist eine hochkomplexe Bewegung, die der längerfristigen und systematischen Schulung und Übung bedarf. Wichtig ist natürlich auch das Aufwärmen und Dehnen zu Beginn des Trainings

oder Wettkampfs. Schweißtropfen auf der Spielfläche sollten sofort mit dem Fuß verwischt oder durch Balljungen mit einem Wischmop entfernt werden.

## 4.1.2 Tennis

Tim Leschinger

### Grundlagen

Tennis, das seinen modernen Ursprung im England des späten 19. Jahrhundert hat, ist nach wie vor eine populäre Sportart mit Millionen Spielern und Spielerinnen weltweit. Der Deutsche Tennisverband ist mit über 1,4 Millionen Mitgliedern der mitgliedstärkste der Welt und mit seinen 18 Landesverbänden und rund 9200 Tennisvereinen der drittgrößte Sportverband in Deutschland. Betrachtet man die Altersstruktur der Mitglieder, zeigt sich, dass Tennis als klassisches Rückschlagspiel in allen Altersgruppen beliebt ist und im Gegensatz zu vielen anderen Sportarten gerne bis ins hohe Alter gespielt wird.

### Belastungsprofil

Die für den Spielverlauf erforderlichen komplexen Bewegungsmuster lassen sich entsprechend der Spielsituation als Aufschlag und Return, sowie Grundlinienspiel und Netzspiel definieren und sind meist durch schnelle Antritt-, Dreh- und Abbremsbewegungen miteinander verbunden, die den typischen Beanspruchungen und beschriebenen Gefahren einer Stop-and-Go-Sportart entsprechen. Insbesondere für den Grundlinienschlag und den Aufschlag gilt, dass ein großer Teil der totalen kinetischen Energie für die Schlagbewegung von der unteren Extremität erzeugt wird, bevor sie durch den Rumpf die obere Extremität und schließlich den Schläger erreicht. Dieser Vorgang ist bei der Beurteilung der tennispezifischen Belastung der Kniegelenke essentiell, auch wenn sich der Krafteintrag und somit auch die Belastung je nach Schlagart und -technik sowie Spielniveau unterscheiden.



### Merke

Ein großer Teil der totalen kinetischen Energie für die Schlagbewegung wird von der unteren Extremität erzeugt.

Für den Grundlinienschlag wurde nachgewiesen, dass das durchgeführte Bewegungsausmaß (Beugung/Streckung) der Knie während des Schlags mit der folgenden Schlaggeschwindigkeit korreliert und insbesondere bei der geschlossenen Schlagstellung (► Abb. 4.6b) von besonderer Bedeutung für die Schlägerbeschleunigung ist [12]. Dies kann vor allem durch die explosive, nach vorne gerichtete Streckbewegung des vorderen Knies in der geschlossenen Schlagposition erklärt werden, die als Indikator für einen offensiven Spielstil verstanden werden kann (► Abb. 4.6b). Gleiches gilt für die effiziente Beugung (Flexion) und in besonderem Maße für die daran anschließende Streckbewegung (Extension) der Knie während der Aufschlagsbewegung und dem Überkopfball, die den Schlagwinkel vergrößert, eine höhere Einleitung der kinetischen Energie erzeugt und bei fließender Bewegung zu einer niedrigeren Belastung der oberen Extremität führt [11] (► Abb. 4.7).

### Verletzungen

Verletzungen sind im Tennissport aufgrund der komplexen Bewegungsabläufe in jedem Körperbereich möglich. Bei genauer Betrachtung zeigen sich jedoch verschiedene häufiger vorkommende Verletzungsmuster, die in ihrer Ausprägung und Entwicklung in hohem Maße den spezifischen Belastungsprofilen des Spiels unterliegen. Je nach Studie und Verletzungsdefinition wird die Verletzungsinzidenz im Tennis mit 0,04–3 Verletzungen pro 1000 gespielte Stunden beschrieben, wovon 4–19% aller Verletzungen dem Knie zuzuordnen sind [6], [9]. Das Knie zeigt sich hierbei anfällig für akute Verletzungen, da das tennispezifische Belastungsprofil der unteren Extremität durch einen hohen Anteil plötzlicher Stopps sowie

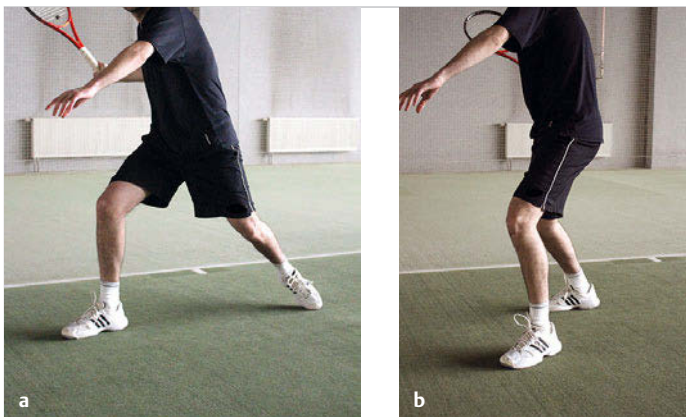


Abb. 4.6 Tennis.

- a „Offene“ Vorhandschlagstellung.
- b „Geschlossene“ Vorhandschlagstellung.