



Zusammenfassung

Der nichttraumatische Schulterschmerz ist eine Herausforderung in der Betreuung von Athleten in Überkopfsportarten. Auch im Tennis führen Adaptationsvorgänge der Schulter im Verlauf einer Sportlerkarriere häufig zu einer deutlichen Einschränkung der Beweglichkeit bzw. zu einer Verschiebung des Bewegungsumfanges zugunsten der Außenrotation und auf Kosten der Innenrotation. Parallel hierzu verschlechtert sich bei vielen Athleten die Kontrolle über den Schultergürtel und es kommt zu einer dynamischen Störung der Scapulaanbindung. Die abnormale Gelenk- und Schulterblattmechanik, die unter anderem als Resultat einer Dysfunktion der Bewegungskette auftritt, führt zu einem erhöhten Verletzungsrisiko des Schultergelenkes wenn keine Präventionsmaßnahmen durchgeführt werden. Im vorliegenden Übersichtsbeitrag werden die tennisspezifischen Entstehungsmechanismen erläutert und es werden praxisrelevante Möglichkeiten zur Behandlung und Prävention aufgezeigt.

Schlüsselwörter

Sportlerschulter – Scapuladyskinesie – Bewegungskette – GIRD – Prävention

C. Grim et al.

Current considerations to the athlete's shoulder with special regards to the racquet sport tennis

Summary

Non-traumatic shoulder pain is a challenge in treating overhead athletes. Also in tennis adaptations of the shoulder in the course of a sports career often lead to a significant restriction of mobility or to a shift in the range of motion in favor of external rotation and at the expense of internal rotation. At the same time, many athletes are losing control of the shoulder girdle, resulting in scapula dyskinesia. The abnormal scapula pattern that occurs as a result of dysfunction of the kinetic chain, lead to an increased risk of injury to the shoulder joint, if no preventive

REVIEW / SPECIAL ISSUE

Aktuelle Überlegungen zur Sportlerschulter unter spezieller Berücksichtigung der Rückschlagsportart Tennis

Casper Grim¹, Martin Engelhardt¹, Natalie Hoffmann¹, Matthias W. Hoppe^{1,2}, Thilo Hotfiel¹

¹Klinikum Osnabrück GmbH, Klinik für Orthopädie, Unfall- und Handchirurgie, Osnabrück, Deutschland

²Bergische Universität Wuppertal, Arbeitsbereich Bewegungs- und Trainingswissenschaft, Wuppertal, Deutschland

Eingegangen/submitted: 10.01.2019; akzeptiert/accepted: 15.01.2019

Online verfügbar seit/Available online: 05.02.2019

Einleitung

Der Schultergürtel ist die mit Abstand beweglichste Gelenkkette des menschlichen Körpers. Beeinträchtigungen bereits eines der Bestandteile kann zu einer generellen Dysfunktion des skapulo-thorakalen und gleno-humeralen Bewegungsmusters führen. In den meisten Überkopfsportarten ist das Glenohumeralgelenk als mobilster Anteil der Bewegungskette das zentrale Element zur Erbringung der erforderlichen Wettkampfleistung. Das Glenohumeralgelenk unterliegt dementsprechend sportspezifischen Adaptationsvorgängen, die nicht selten aufgrund akuter oder chronischer Makro- bzw. Mikrotraumata in einem pathologischen Zustandsbild münden können [3].

Die Art und Ausprägung einer sportartspezifischen Adaptation der Schulter ist abhängig von der jeweiligen Sportart und dem damit verbundenen Anforderungsprofil. Grundsätzlich kann die „Sportlerschulter“ somit aufgrund der zwar ähnlichen, jedoch

nicht gleichen Anforderungsprofile untergruppiert werden (Tabelle 1).

Unter dem Aspekt der sportartspezifischen Adaptation der Schulter im Tennis stehen, ähnlich wie bei der Überkopfsportart Volleyball oder bei Wurf sportarten wie Baseball, hohe Belastungen des Schultergelenkes durch häufige Wiederholungen im Vordergrund. Diese Bewegungen sind meist von hoher Explosivität und Geschwindigkeit geprägt.

Beim Tennisaufschlag wird kinetische Energie aus den Beinen und dem Rumpf über den Arm in den Schläger übertragen [20]. Die Schulter hat bei der Impulsübertragung eine zentrale Funktion, die ähnlich der Umlenkstelle bei einem Kran ist. Bereits vor über 25 Jahren wurde dieser komplexe Bewegungsablauf beim Tennisaufschlag als „kinetische Kette“ beschrieben [12]. Im Gegensatz zur reinen Wurfbewegung finden sich beim Tennisaufschlag einige Besonderheiten: unterschiedliche und wechselnde Bewegungsebenen, der Einsatz des nicht-dominanten Arms, der den Ball zunächst

measures are performed. This review article highlights the tennis-specific mechanisms for the athlete's shoulder and shows practical options for treatment and prevention.

Keywords

Athlete's shoulder – scapula dyskinesis – Kinetic chain – GIRD – prevention

Tabelle 1. Untergruppierungen der Sportlerschulter entsprechend des Anforderungsprofils der jeweiligen Sportart.

Art der Sportlerschulter	Beispiele
Wurfsportarten	Basketball, Handball, American Football, Baseball, Speerwurf, Diskuswurf, Hammerwurf
(Rück-)Schlagsportarten	Volleyball, Tennis, Badminton, Squash
Stoßsportarten	Kugelstoß, Boxen
Schwungsportarten	Schwimmen, Ski-Langlauf
„Gewichtstragende“ Sportarten	Turnen, Klettern, Ringen, Gewichtheben

wirft, der Schläger als Verlängerung des Hebelarms und die Technik inkl. Richtung und Spin des Aufschlags. Auch besteht in der Beschleunigungsphase der Bewegung kein Kontakt der Füße und damit des Körpers zum Boden. Demnach ruht während dieser Phase die gesamte Stabilität des Arms auf der Scapula [1,14].

Es gibt unterschiedliche Theorien zur Entstehung der Schulterpathologien im Tennis. Dazu gehört die häufige maximale Abduktion/Außenrotation, die auch für den Tennisspieler zum typischen klinischen Bild einer vermehrten Außenrotationsfähigkeit und einer verminderten Innenrotation der dominanten Schulter führt [4]. Ob die Dehnung der ventralen Kapsel oder die Kontraktur der dorsalen Kapsel die Ursache des glenohumeralen Innenrotationsdefizits (GIRD) ist, ist letztlich jedoch noch ungeklärt. Folgen können eine Mikroinstabilität durch posterosuperiore Dezentrierung des Drehzentrums und ein pathologischer Kontakt der ansatznahen Rotatorenmanschette mit dem dorsalen Glenoid sein [7]. In diesem Konzept wird auch vom internen Impingement gesprochen (Abbildung 1). Außerdem findet sich durch die einseitige Belastung oft eine muskuläre Dysbalance mit Überwiegen der Innen- im Vergleich zu den Außenrotatoren. Dies betrifft auch die scapulastabilisierende Muskulatur mit M. trapezius, Mm. rhomboidei und dem M.

serratus anterior [6]. Hier ergibt sich eine Vielzahl möglicher Ansatzpunkte für eine konservative Therapie von tennisbedingten Schulterschmerzen, wie die Dehnung der dorsalen Kapsel, Stabilisierung der Scapula, Training der hinteren Rotatorenanteile, Ausgleichssport etc. [10], wobei auch den anderen beteiligten Strukturen der kinetischen Kette Beachtung geschenkt werden sollte [20]. Von den überlastungsbedingten Schulterpathologien wird angenommen, dass sie mit Veränderungen der kinetischen Ketten zusammenhängen. Spezifische Veränderungen in der Bewegungskette führen zu eben diesen Verletzungen der Schulter. Die häufigsten Ursachen sind kinetische Kettenfunktionsstörungen, Skapuladyskinesie und ein GIRD. Auch eine verminderte Hüftbeweglichkeit (insbesondere Extension) als Ausdruck einer Störung der Bewegungskette ist assoziiert mit vermehrten Schulterverletzungen und einer verminderten Mechanik [19].

Epidemiologie

Bei einer Analyse der Verletzungen bei den US Open (1994–2009) waren Schulterverletzungen (10% aller Verletzungen) an vierter Stelle nach der Wirbelsäule (26%), Oberschenkelmuskeln (13%) und Fuß- / Sprunggelenkverletzungen (11%) [30]. Sallis et al.

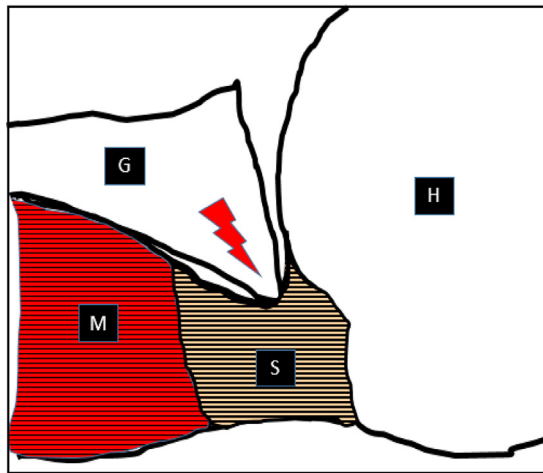


Abbildung 1

Model des internen Impingements. In maximaler Abduktion und Außenrotation kommt es zu einem Anstoßphänomen des gelenkseitigen Anteils der Supraspinatussehne an den hinteren oberen Glenoidrand. Schmerzen und eine Substanzschädigung der Sehne oder des Labrums können resultieren. Abkürzungen: H = Hummeruskopf, S = Supraspinatussehne, G = Glenoid, M = Muskulatur.

konnten zeigen, dass es keinen signifikanten Unterschied in der Verletzungsrate zwischen Männern und Frauen gibt [29]. Die Inzidenz von Schulterverletzungen im Tennis variiert je nach Studie zwischen 0,05 und 2,9 Verletzungen pro Spieler und Jahr. Pro gespielter Stunde liegt die Inzidenz zwischen 0,04 und 3,0/1000 Stunden [25].

Pathologie und biomechanische Überlegungen

Der nichttraumatische Schulterschmerz ist eine Herausforderung in den Überkopfsportarten. Er äußert sich meist in einem hinteren Schulterschmerz bei Abduktion und maximaler Außenrotation – entsprechend der Überkopf-Schlagbewegung. Athleten berichten von einer „müden Schulter“. Unter Ermüdung kommt es zu einer Beeinträchtigung der Scapulabewegung und oft auch zu einem Verlust an Geschwindigkeit bei Aufschlägen [28]. Hickey et al. konnten in ihrem systematischen

Review herausarbeiten, dass Überkopfsportler mit einer Scapuladyskinesie ein 43% höheres Risiko für das Entwickeln von Schulterschmerzen haben als Athleten ohne Scapulaanbindestörung [15].

Insbesondere bei den professionellen männlichen Tennisspielern ist der Aufschlag der wichtigste Schlag [18]. Für einen erfolgreichen Aufschlag wird eine hohe Ballgeschwindigkeit mit entsprechendem Spin und eine saubere Ballplatzierung im Feld benötigt. Epidemiologische Daten zeigen, dass insbesondere die viel Schnelldkraft erfordernde Aufschlagbewegung mit großen mechanischen Belastungen einhergeht und daher mit Überlastungsschäden der oberen Extremität assoziiert ist [16,17,26]. Für das Verständnis von Verletzungen der oberen Extremität und insbesondere an der Schulter ist die Betrachtung biomechanischer Daten des Tennisaufschlags hilfreich (Tabelle 2 und Tabelle 3).

Beim Aufschlag kommt es zu einer Beschleunigung von 0 auf 74 km/h in 0,23 s. Winkelgeschwindigkeiten

von 2000–3000°/s werden erreicht und ein Bewegungsausschlag von ca. 115° Außenrotation auf ca. 70° Innenrotation muss vom Schultergelenk geleistet werden [23,27]. Zum Vergleich werden bei der einhändigen Rückhand Winkelgeschwindigkeiten von bis zu 900°/s und bei der Vorhand von bis zu 280°/s gemessen [11].

In einem mathematischen Modell wurde errechnet, dass eine 20%-ige Reduktion der kinetischen Rumpfenenergie, einer 33%-igen Steigerung der Geschwindigkeit bedarf bzw. 70% mehr Masse im distalen Segment der Bewegungskette um die gleiche Energie bei Impact auf den Ball beizubehalten [20,27].

In einer weiteren Arbeit konnte gezeigt werden, dass eine inadäquate Knieflexion in der „cocking phase“ während des Aufschlags eine 17%-ige Steigerung der Schulterlast zu Folge hat, wenn auch hier die Ballgeschwindigkeit beibehalten wird [8,11].

Bei einem durchschnittlichen Elite-Tennisspiel werden mindestens 100 Aufschläge und 250 Grundschnitte durchgeführt. Bei Juniorentennisturnieren sind diese Zahlen größer, da teilweise zwei bis drei Spiele pro Tag gespielt werden. Diese Zahlen enthalten nicht die Anzahl der Trainingsschnitte bzw. des Einspielens, die nach Schätzungen vier bis fünf Mal höher sind. Wie auch in anderen Überkopf- und Wurfesportarten spielt neben der Technik und Mechanik auch die Anzahl der Repetitionen eine wichtige Rolle bei der Entstehung von Verletzungen und Überlastungsschäden.

Klinische Präsentation

Klinisch äußert sich die Kompression der Infraspinatus- und Supraspinatussehne am hinteren Anteil des Tuberculum majus im bereits erwähnten

Tabelle 2. Peak Werte der Gelenkkinetik gemessen für den Tennisaufschlag und den Baseballabschlag (modifiziert nach Martin 2014 [23]).

Studie	Population	Drehmoment Schulter Innenrotation (N/m)	Drehmoment Schulter Adduktion (N/m)	Drehmoment Ellenbogen varus (N/m)	Drehmoment Ellenbogen Flexion (N/m)	Schulter proximale Kraft (N)
Elliot et al. (1995)	8 professionelle Tennisspieler	71 ± 15	108 ± 25	78 ± 12	37 ± 23	608 ± 110
Reid et al. (2007)	12 Elite Tennisspieler	23 ± 8	/	/	/	229 ± 52
Fleisig et al. (1999)	60 professionelle Baseballspieler	68 ± 15	109 ± 85	64 ± 15	58 ± 13	1070 ± 190
Fleisig et al. (1995)	26 Elite Baseballspieler	67 ± 11	100 ± 20	64 ± 12	61 ± 11	660 ± 110

Tabelle 3. Peak Werte der Gelenkrotationen während des Tennisaufschlags (modifiziert nach Martin 2014 [23]).

Studie	Knie Extension (°/s)	Hüftrotation (°/s)	Schulterrotation (°/s)	Schulter Innenrotation (°/s)
Elliot et al. (1995)	/	/	/	2090 ± 330
Fleisig et al. (2003)	800 ± 400	440 ± 90	870 ± 120	2420 ± 590
Reid et al. (2008)	533 ± 69	/	/	/
Wagner et al. (2005)	/	510 ± 110	/	5580 ± 2350

hinteren Schulterschmerz. Häufig zeigt sich eine Hyperflexibilität mit anteriorer Laxität durch repetitive Mikrotraumata im Sinne einer ständigen und wiederholten „Überdehnung“ der ventralen Kapselanteile. Diese kann bei der klinischen Untersuchung zu einem positiven Apprehension führen. Die Adaptation der Werferschulter führt im Verlauf einer Sportlerkarriere häufig zu einer deutlichen Einschränkung der Beweglichkeit bzw. zu einer Verschiebung des Bewegungsumfangs zugunsten der Außenrotation und auf Kosten der Innenrotation – hieraus entstand auch die Bezeichnung GIRD (glenohumeral internal rotation deficit). Die dorsalen Kapselanteile können durch rezidivierende Mikrotraumata (Anstoßen, internes Impingement; [Abbildung 1](#)) vernarben. Hier können manchmal sogar extrakapsuläre Ossifikationen in den dorsalen Kapselanteilen beobachtet werden.

Bei vermehrter Außenrotation kommt es folglich zu einem gleichzeitigen Defizit der Innenrotation. Im Verhältnis zur gesunden Seite

bedeutet dies unter Umständen etwa 10–15 Grad mehr Außenrotation und etwa 10–15 Grad Einbußen bei der Innenrotation.

Parallel hierzu verschlechtert sich bei vielen Athleten die Kontrolle über den Schultergürtel und es kommt zu einer dynamischen Störung der Scapulaanbindung. Die Schwäche der skapulastabilisierenden Muskulatur führt zu übermäßiger Protraktion des Schulterblattes mit Prominenz des medialen Scapularandes und nach ventral abgerundete Schulterpositionierung ([Abbildung 2](#)).

Dies kann die mittels invasivem-EMG quantifizierbare neuromuskuläre Aktivierung der Rotatorenmanschettenmuskulatur während aktiver Armhebung negativ beeinflussen [[21,31,32](#)]. Bei schlechter bzw. fehlender Scapulaanbindung resultiert also eine relative Schwäche der Rotatorenmanschettenmuskulatur.

Dieser Pathomechanismus unterstützt wiederum die Entwicklung des internen Impingements. Hierdurch wird das Anstoßen der Sehnenanteile vom M. infraspinatus und M.

supraspinatus am Glenoidrand/Labrumrand begünstigt, da die aktive Humeruskopfzentrierung zusätzlich erschwert wird. Auch bei der Schulter in den Rückschlagsportarten resultieren Traktions- und Scherkräfte an der langen Bizepssehne, die ihrerseits zu einer zusätzlichen Schädigung des posterioren und posterosuperioren Labrums führen können.

Oft berichten Werfer über das Gefühl, dass ihre Schulter nach vorne „rutscht“ und vor allem nach Trainingseinheiten der Arm taub wird. Die US-Amerikaner nennen es „Dead Arm Syndrom“. Dieses im Baseball bekannte Phänomen kann in ähnlicher Form auch bei anderen Überkopfsportlern beobachtet werden. Auch für das mechanische Impingementrisiko im Sinne von glenohumeralem Kontaktdruck- und der Impingementfläche konnte gezeigt werden, dass dieses Risiko von der Skapulaposition abhängig ist [[24](#)]. Verschiedene Schulter-Weichgewebspathologien einschließlich eines Impingements (intern und extern), einer vorderen Kapsellaxizität,



Abbildung 2
Dynamische Scapulaanbindungsstörung mit Prominenz des medialen Scapularandes, die bei 90° Elevation persistiert.

labrale Alterationen und der Schwäche der Rotatorenmanschette können insbesondere bei Sportlern mit Schulterbeschwerden und assoziierter Scapuladyskinesie gefunden werden [4].

Das Sports and Science Committee der USTA (United States Tennis Association) hat 2003 mit dem High Performance Profile (HPP) ein musculoskeletales Untersuchungsprotokoll insbesondere für junge Tennisspieler erstellt [33]. Diese 10-Punkte Testbatterie ist in Tabelle 4 aufgeführt. Zusätzlich wurde von Ellenbecker klinisch sinnvolle Ergänzungen vorgeschlagen, die ebenfalls in Tabelle 4 aufgeführt sind [9]. Dieses Untersuchungsprotokoll kann als routinemäßige körperliche Untersuchung und als praktische Hilfestellung bei der Evaluation von Tennisspielern eingesetzt werden.

Therapeutische Überlegungen

Die abnormale Schulterblattmechanik, die als Resultat einer Dysfunktion der Bewegungskette auftritt, führt zu einer abnormalen Scapula-position und einer verminderten normalen Schultergelenksfunktion, die zu einem erhöhten Verletzungsrisiko des Schultergelenkes führt, wenn

Tabelle 4. Musculoskeletales Untersuchungsprotokoll für Tennisspieler (modifiziert nach USTA 2003 [33] und Ellenbecker 2014 [9]).

USTA High Performance Profile	Empfohlene klinische Zusatztests
• Scapuladyskinesie • Bewegungsausmaß Schulter Innen- und Außenrotation bei 90° Abduktion • Manueller Muskeltest Schulter Außenrotation bei 90° Abduktion • Griffkraft • Einbeinige Standsicherheit • Thomas Test • Hüfte Außenrotation (Patrick's Test/FABER)	• Beighton Hypermobilität Index • Bewegungsausmaß Ellenbogenextension • Bewegungsausmaß Handgelenkflexion • Bewegungsausmaß Handgelenkextension • Empty-can Test (Supraspinatus Krafttest) • Bewegungsausmaß Hüfte Innenrotation (gebeugt) • Bewegungsausmaß Hüft Außenrotation (gebeugt)
Knieflexion in Bauchlage Getreckte Beinhebung (SLR) Rumpftabilitätstest mit abdominalen Anspannung	

Abkürzungen: FABER=Flexion, Abduktion, Außenrotation. USTA = United States Tennis Association. SLR = Straight leg raise.

keine Präventionsmaßnahmen durchgeführt werden [15]. Die häufigsten Schulterverletzungen bei Tennisspielern, die eine operative Versorgung erfordern, sind: SLAP-Läsionen und Rotatorenmanschettenschäden. Ein posteriorer oder postero-superiorer Schulterschmerz wird von den Athleten beschrieben, ohne dass es zunächst zu mechanischen Symptomen kommt. Dieser Schmerz wird häufig wahrgenommen während der „late cocking“ und „early acceleration phase“ der Wurfbewegung. Der postero-superiore Shift des glenohumeralen Kontakt- und Rotationspunktes bringt additiven Stress auf das posterosuperiore Labrum, insbesondere (vermehrter) Außenrotation [8]. Dies bringt die Unterfläche der posterosuperioren Rotatorenmanschette in Kontakt mit dem posterosuperioren Glenoidrand. Hieraus resultieren die frühen Symptome des internen Impingements, die einer konservativen Behandlung sehr gut zugänglich sind. Die SLAP-Läsion tritt auf, wenn das posterosuperiore Labrum und der Bizepssehnenanker versagen und es zu einer Ablösung vom Glenoid kommt. Dies geschieht sekundär durch die über die Kapselkontraktur vermittelte posterosuperiore glenohumeral Instabilität. Bei manifester SLAP-Läsion entwickelt der Athlet bei der Wurf- oder Schlagbewegung im Verlauf auch mechanische Symptome, die plötzlich in der „late cocking“ und „early acceleration phase“ auftreten. Die Diagnosestellung einer SLAP-Läsion kann schwierig sein. Klinisch bewährt hat sich die Kombination aus Anamnese, körperlicher Untersuchung, ggf. additiver Bildgebung (MRT, Arthro-MRT) und unter Umständen arthroskopischer Diagnosesicherung mit nachfolgender Versorgung der Pathoanatomie. Die symptomatische Schulter des Überkopfsportlers kann häufig erfolgreich durch posteroinferiore Kapseldehnungen und Kräftigungs-

übungen der Rotatorenmanschette (Ausgleich der Außen- und Innenrotationsdysbalance) und der scapulastabilisierenden Muskulatur behandelt werden. Ebenfalls sollte die gesamte Bewegungskette nach Schwachstellen untersucht werden, deren Behebung dann in der Therapieplanung Berücksichtigung finden sollten. Die konservativen Behandlungselemente entsprechend gleichzeitig den Maßnahmen der eigentlichen Prävention.

Bei fehlgeschlagener oder erfolgloser konservativer Therapie kann eine operative Behandlung notwendig werden. Neben der eigentlichen Therapie der Pathoanatomie muss die labrale Läsion sorgfältig evaluiert und verstanden werden. Die häufigsten arthroskopischen Befunde, die mit Labrumläsionen assoziiert sind, sind:

- Typ 2 SLAP-Läsion oder höhergradig mit Ablösung des Labrums vom Glenoid
- Peel-back Phänomen als Hinweis für eine Labrumablösung
- Glenoidaler Knorpelschaden als Indikator für vermehrte Translation
- Verlust der Kapselspannung mit positivem „drive through“
- Vermehrte posteriore Labrumdicke als Indikator für vermehrte Translation und Scherkräfte mit Kompression des Labrums als Ausdruck eines internen Impingements
- Übermäßige posteroinferiore Kapseldicke mit Vernarbungen als Ausdruck eines GIRD

Besondere Sorgfalt bedarf der Differenzierung der labralen Ablösung von anatomischen Varianten wie dem sublabralen Foramen, einem Buford-Komplex des MGHK oder einer meniskoid-ähnlichen Labrumanheftung, bei der es zu keinem Peel-back kommt.

Prävention

Die Schlüssel Muskeln für die Skapulastabilität und Mobilität sind der obere und untere Anteil des Trapezius sowie der Serratus anterior. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es sich bei den Empfehlungen zur Übungsbehandlung für Überkopf-Athleten mit Schulterpathologien im wesentlichen um Expertenmeinungen handelt (Evidenzgrad D). Es gibt große Unterschiede zwischen den von Experten vorgeschlagenen Übungsansätzen und denen, die in Studien tatsächlich untersucht wurden. Das Evidenzniveau ist somit insgesamt gering. Die beste Evidenz (Grad B) stützen den Einsatz von Übungen mit einer Ebene in der offenen Kette und einer Ausführung unterhalb von 90° Elevation. Ebenfalls werden Übungen der oberen Extremität in der geschlossenen Kette favorisiert. Die klinische Erfahrung zeigt jedoch, dass ein ganzheitlicher Ansatz, der der komplexen multidimensionalen Natur des Sports besser entspricht und somit sportartspezifischer ist, zu bevorzugen ist [36].

Risikofaktoren für Schulterverletzungen im Tennis wie Alter, Geschlecht, familiäre Disposition und Persönlichkeitsstruktur, sind nicht beeinflussbar [2]. Gemeint sind mit diesen „nicht beeinflussbare“ Risikofaktoren für Schulterverletzungen:

- hohe Kapsellaxizität (genetisch determiniert)
- Junges Alter
- Geschlecht (höhere Inzidenz von Sportverletzungen bei Männern)
- Knöcherne Anatomie (Torsion Humerus, Dysplasie des Glenoid)

Modifizierbar sind jedoch Faktoren, die zur Entstehung eines postero-superioren bzw. internen Impingements und weiteren Begleitverletzungen

beitragen. Besonders bedeutende „beeinflussbare“ Risikofaktoren, die durch eigenes Handeln verändert werden können, sind:

- Beweglichkeit der Schulterkette und Funktion der gesamten kinetischen Kette
- Körperhaltung
- Neuromuskuläre Dysbalancen der Rotatorenmanschettenmuskulatur
- Neuromuskuläre Dysbalancen der Skapulamuskulatur
- Fehlerhafte Techniken

Die von Manske et al. befürworteten sogenannten Total End Range Time (TERT)-Maßnahmen dienen der Verbesserung von signifikanten Defiziten der Beweglichkeit bei Sportlern [22]. Bei den TERT-Maßnahmen wird die Dehnung unter geringer Belastung durchgeführt und die Dehnung lange gehalten. Für die TERT-Maßnahmen wird empfohlen:

- Übungen für die gesamte kinetische Kette
- Aktives Warm-up für 10 Minuten
- Erstes TERT-Stretching (Abbildung 3) unter Anwendung von Wärme für 10–20 Minuten
- Manuelle Therapie mit lang andauernder Mobilisation mit geringer Intensität (Contract-Relax-, Hold-Relax- und Muscle energy-Techniken)
- Rhythmische Stabilisationsübungen zum Erhalt oder zur Verbesserung der erreichten Beweglichkeit
- Dynamische Übungen für die glenohumerale und scapulo-thoracale Stabilität
- Zweites TERT-Stretching unter Anwendung von Kälte. Bei der Beendigung der Manuellen Therapie wird die Schulter anschließend noch 20 Minuten statisch, unter Anwendung von Kryotherapie, gedehnt



Abbildung 3

Erstes TERT-Stretching unter Anwendung von Wärme.

- Wichtiger Bestandteil ist, dass TERT im Hausübungsprogramm integriert wird.

Insgesamt sollte der Sportler das TERT-Hausübungsprogramm 20 Minuten täglich ausführen, bis die Defizite behoben sind. Anschließend wird die Mobilisation nur nach einer Trainingseinheit durchgeführt, zur Erhaltung der Beweglichkeit. Klinisch zeigt sich, dass die Beweglichkeit in den ersten 24 Stunden nach

intensiven Überkopfbelastungen reduziert ist. Es sei an dieser Stelle auch darauf hingewiesen, dass Änderungen der Beweglichkeit auch Folge knöcherner Adaptation sein können.

Neben den TERT-Maßnahmen, ist der „Sleeper’s Stretch“ eine effektive Übung für die Dehnung der dorsalen Kapsel (Abbildung 4) und somit für das „Rebalancing“ des Bewegungsausmaßes. Diese Mobilisationstechnik kann sowohl vom Sportler selber,



Abbildung 4

Sleeper’s stretch. Dehnung der postero-inferioren Kapsel des Schultergelenkes, indem das abduzierte Schultergelenk passiv innenrotiert wird.

als auch vom Therapeuten durchgeführt werden.

Ein weiterer Ansatzpunkt ist der Ausgleich neuromuskulärer Dysbalancen der Scapulamuskulatur und der Rotatorenmanschette. Die wichtigsten Skapalustabilisatoren sind dabei die Mm. serratus anterior, latissimus dorsi, rhomboidei, trapezius und levator scapulae. Die Beurteilung der kinetischen Kette und der Rumpfstabilität erfolgt häufig mit den sieben Übungen des Functional Movement Screens (FMS) [5]. Obwohl der FMS zwar reliabel und praktikabel ist, besteht keine Korrelation zu etablierten sportwissenschaftlich-medizinischen Testverfahren, da er möglicherweise zu unspezifisch [34]. Eine valide Überprüfung der kinetischen Kette und der Rumpfstabilität, die in der Praxis auch ohne aufwendige biomechanische Testungen durchführbar ist, sollte daher zukünftig entwickelt werden. Für die Sportlerschulter im Überkopfsport sei schließlich auf folgendes „thrower's paradox“ hingewiesen: „The thrower's shoulder must be lax enough to allow excessive external rotation, but stable enough to prevent symptomatic humeral head subluxations, thus requiring a delicate balance between mobility and functional stability“ [35].

Präventionsausblick

Schulterverletzungen beim Überkopfsportler haben multifaktorielle Ursachen, wobei neuromuskuläre Dysbalancen der Rotatorenmanschetten- und Scapulamuskulatur, Technikfehler und Instabilität des Schultergelenkes eine wichtige Rolle in der Pathogenese mikrotraumatischer Schäden spielen. Diese Erkenntnisse sind meist aus retrospektiven Studien erhoben worden und müssen in der Zukunft mittels

prospektiv, randomisierter Studien überprüft werden. Wichtig erscheint, dass beim gesunden Überkopfsportler in regelmäßigen Abständen etablierte sportwissenschaftliche und sportmedizinische Untersuchungsverfahren durchgeführt werden, um frühzeitig, durch Anwendung präventiver Maßnahmen, Verletzungen zu verhindern [13].

Interessenkonflikt

Die Autoren geben keinen Interessenkonflikt an.

Literatur

- [1] T. Ambacher, F. Dehlinger, Tennis, in: C. Grim, M. Engelhardt (Eds.), Die Sportlerschulter, Schattauer GmbH, Stuttgart, 2016, pp. 181–183.
- [2] M. Asker, H.L. Brooke, M. Walden, U. Tranaeus, F. Johansson, E. Skillgate, L. W. Holm, Risk factors for, and prevention of, shoulder injuries in overhead sports: a systematic review with best-evidence synthesis, British journal of sports medicine 52 (2018) 1312–1319.
- [3] P.U. Brucker, P. Proier, Physiologische strukturelle Adaptationen der Sportlerschulter und pathologische Ausprägungen, in: C. Grim, M. Engelhardt (Eds.), Die Sportlerschulter, Schattauer GmbH, Stuttgart, 2016, pp. 68–73.
- [4] S.S. Burkhart, C.D. Morgan, W.B. Kibler, The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology part I: pathoanatomy and biomechanics, Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery: official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association 19 (2003) 404–420.
- [5] G. Cook, L. Burton, B. Hoogenboom, Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 1, North American journal of sports physical therapy: NAJSPT 1 (2006) 62–72.
- [6] A.M. Cools, G. Declercq, B. Cagnie, D. Cambier, E. Witvrouw, Internal impingement in the tennis player: rehabilitation guidelines, British journal of sports medicine 42 (2008) 165–171.
- [7] P.A. Davidson, N.S. Elattrache, C.M. Jobe, F.W. Jobe, Rotator cuff and posterior-superior glenoid labrum injury associated with increased glenohumeral motion: a new site of impingement, Journal of shoulder and elbow surgery 4 (1995) 384–390.
- [8] G. Di Giacomo, N. de Gasperis, T. Ellenbecker, B. Kibler, Evaluation and treatment of shoulder injuries, Aspetar sports medicine journal 10 (2014) 526–531.
- [9] T. Ellenbecker, Musculoskeletal examination of elite junior tennis players, Aspetar sports medicine journal 10 (2014) 548–556.
- [10] T. Ellenbecker, B.M. Pluim, S. Vivier, C. Sniteman, Common injuries in tennis players: exercises to address muscular imbalances and reduce injury risk, Strength Cond J 31 (2009) 50–58.
- [11] B. Elliott, G. Fleisig, R. Nicholls, R. Escamilla, Technique effects on upper limb loading in the tennis serve, Journal of science and medicine in sport 6 (2003) 76–87.
- [12] B.C. Elliott, Biomechanics of the serve in tennis. A biomedical perspective, Sports medicine 6 (1988) 285–294.
- [13] A. Gokeler, S. Greiner, M. Krüger-Franke, O. Miltner, T. Tischer, V. Valderabano, Prävention von Schulterverletzungen, in: C. Grim, R.M. Krieter (Eds.), Schulterinstabilität: GOTS-Expertenmeeting, Vopelius, Jena, 2015, pp. 83–93.
- [14] C. Hauser-Bischof, Schulterrehabilitation in der Orthopädie und Traumatologie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2003.
- [15] D. Hickey, V. Solvig, V. Cavalheri, M. Harrold, L. McKenna, Scapular dyskinesis increases the risk of future shoulder pain by 43% in asymptomatic athletes: a systematic review and meta-analysis, British journal of sports medicine 52 (2018) 102–110.
- [16] N. Hjelm, S. Werner, P. Renstrom, Injury risk factors in junior tennis players: a prospective 2-year study, Scandinavian journal of medicine & science in sports 22 (2012) 40–48.
- [17] N. Jayanthi, P.I. Sallay, P. Hunker, M. Przybylski, Skill-level related injuries in recreational competition tennis players, J Med Sci Tennis 10 (2005) 12–15.
- [18] C.D. Johnson, M.P. McHugh, T. Wood, B. Kibler, Performance demands of professional male tennis players, British journal of sports medicine 40 (2006) 696–699, discussion 699.

- [19] B. Kibler, Understanding the kinetic chain in tennis performance and injury, *Aspetar sports medicine journal* 10 (2014) 492–497.
- [20] W.B. Kibler, Biomechanical analysis of the shoulder during tennis activities, *Clinics in sports medicine* 14 (1995) 79–85.
- [21] W.B. Kibler, A. Sciascia, D. Dome, Evaluation of apparent and absolute supraspinatus strength in patients with shoulder injury using the scapular retraction test, *The American journal of sports medicine* 34 (2006) 1643–1647.
- [22] R. Manske, K.E. Wilk, G. Davies, T. Ellenbecker, M. Reinold, Glenohumeral motion deficits: friend or foe? *International journal of sports physical therapy* 8 (2013) 537–553.
- [23] C. Martin, Tennis serve biomechanics in relation to ball velocity and upper limb joint injuries, *J Med Sci Tennis* 19 (2014).
- [24] T. Mihata, B.J. Jun, C.N. Bui, J. Hwang, M.H. McGarry, M. Kinoshita, T.Q. Lee, Effect of scapular orientation on shoulder internal impingement in a cadaveric model of the cocking phase of throwing, *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 94 (2012) 1576–1583.
- [25] B.M. Pluim, J.B. Staal, G.E. Windler, N. Jayanthi, Tennis injuries: occurrence, aetiology, and prevention, *British journal of sports medicine* 40 (2006) 415–423.
- [26] J.D. Priest, D.A. Nagel, Tennis shoulder, *The American journal of sports medicine* 4 (1976) 28–42.
- [27] M. Reid, B. Elliott, J. Alderson, Shoulder joint loading in the high performance flat and kick tennis serves, *British journal of sports medicine* 41 (2007) 884–889, discussion 889.
- [28] R.L. Rich, A.H. Struminger, W.S. Tucker, B.A. Munkasy, A.B. Joyner, T.A. Buckley, Scapular upward-rotation deficits after acute fatigue in tennis players, *Journal of athletic training* 51 (2016) 474–479.
- [29] R.E. Sallis, K. Jones, S. Sunshine, G. Smith, L. Simon, Comparing sports injuries in men and women, *International journal of sports medicine* 22 (2001) 420–423.
- [30] K. Sell, B. Hainline, M. Yorio, M. Kovacs, Injury trend analysis from the US Open Tennis Championships between 1994 and 2009, *British journal of sports medicine* 48 (2014) 546–551.
- [31] J. Smith, B.R. Kotajarvi, D.J. Padgett, J.J. Eischen, Effect of scapular protraction and retraction on isometric shoulder elevation strength, *Archives of physical medicine and rehabilitation* 83 (2002) 367–370.
- [32] A.R. Tate, P.W. McClure, S. Kareha, D. Irwin, Effect of the Scapula Reposition Test on shoulder impingement symptoms and elevation strength in overhead athletes, *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 38 (2008) 4–11.
- [33] USTA, High performance profile, Zugriff am 04. Januar 2018 unter http://s3.amazonaws.com/ustaassets/assets/1/15/11940_highperformance_profile_lowres.pdf, (2003).
- [34] M. Warren, M.R. Lininger, N.J. Chimera, C.A. Smith, Utility of FMS to understand injury incidence in sports: current perspectives, *Open access journal of sports medicine* 9 (2018) 171–182.
- [35] K.E. Wilk, K. Meister, J.R. Andrews, Current concepts in the rehabilitation of the overhead throwing athlete, *The American journal of sports medicine* 30 (2002) 136–151.
- [36] A.A. Wright, E.J. Hegedus, D.T. Tarara, S.C. Ray, S.L. Dischiavi, Exercise prescription for overhead athletes with shoulder pathology: a systematic review with best evidence synthesis, *British journal of sports medicine* 52 (2018) 231–237.

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Casper Grim,
Klinikum Osnabrück GmbH,
Klinik für Orthopädie, Unfall- und
Handchirurgie,
Am Finkenhügel 1,
49076 Osnabrück.
Tel.: +49 541 405 6205.
E-Mail: casper.grim@klinikum-os.de

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect