



Zusammenfassung

Verletzungen und Überlastungsschäden im Kraftsport werden in den Sportarten Gewichtheben, Kraftdreikampf, Strongman, Crossfit, Highland Games und Bodybuilding mit 0,24–7,5 Verletzungen/1000 h angegeben. Die Verletzungsraten sind allgemein niedrig und Bodybuilding hat in dieser Gruppe die geringste Verletzungsrate. Das Training mit freien Gewichten birgt das größte Verletzungspotential. Zu den verletzungsreichen Übungen zählt das Bankdrücken, das Nackendrücken, Kniebeuge und Kreuzheben. Im Breitensport sind insbesondere herabfallende Gewichte Auslöser für Verletzungen. Schulter, Knie und unterer Rücken sind die häufigsten Verletzungslokalisation. Zudem dominieren die Muskel- und Sehnenverletzungen die Verletzungss-statistiken im Leistungsbereich. Die Ruptur des pectoralis major, der Rotatorenmanschette und der distalen Bizepssehne sind typische Weichteilverletzungen. Im Gelenkbereich sind an der Schulter das Internal Impingement mit SLAP-Läsionen, glenohumerale chondrale Schädigungen bis zur Omarthrose und als typische Verletzung die Osteolyse der lateralen Clavicula vorrangig. Am Kniegelenk stehen femuropatellare Beschwerden und die peripatellaren Tendinosen im Vordergrund. Tendinosen manifestieren sich zudem häufig auch am Ellenbogen. Die LWS ist ein weiterer Focus, der von einfachen Überlastungen der Rückenstrecker über Facettenarthrosen bis zur Osteochondrose reicht. Prophylaktisch sind korrekte Technik, vernünftige Trainingsgewohnheiten und sinnvolle Trainingsgeräte- und Übungsauswahl dringend anzuraten.

Schlüsselwörter

Kraftsport – Bodybuilding – Gewicht Training – Muskelverletzungen – Sportverletzungen

REVIEW / SPECIAL ISSUE

Verletzungen und Überlastungsschäden im Kraftsport

Mathias Ritsch

Sportortho-Rosenheim, Schön-Klinik Vogtareuth, Rosenheim, Deutschland

Eingegangen/submitted: 17.06.2020; überarbeitet/revised: 12.07.2020; akzeptiert/accepted: 14.07.2020

Online verfügbar seit/Available online: 09.09.2020

Einführung

Die klassischen Kraftsportarten sind Gewichtheben, Kraftdreikampf, Strongman, Crossfit, Highland Games, Bodybuilding und Fitness-Training mit Gewichten allgemein. Die Grundlage aller Kraftsportarten ist das Krafttraining. Zudem bedienen sich fast alle Sportarten verschiedener Elemente des Krafttrainings zur Leistungsverbesserung. Trainiert wird im Heimstudio, in Vereinen und in kommerziellen Fitness-Studios. Diese erfreuen sich nicht nur in Deutschland großer Beliebtheit. Die Zahlen steigen stetig und über 11 Millionen Mitglieder zählen die Fitness-Studios aktuell in Deutschland [14]. Die positiven Effekte eines Kraft-Trainings sind in allen Altersklassen vielfach belegt. Dazu gehören Verbesserung der Kraft, der körperlichen Leistungsfähigkeit und Fitness sowie der Bewegungssteuerung. Dies trägt zur Verletzungsprophylaxe bei. Die Knochendichte steigt und LWS-Beschwerden werden reduziert. Auch beim Typ II Diabetes und bei weiteren kardiovaskulären Risikofaktoren sind positive Effekte beschrieben. Die kognitiven Fähigkeiten und das Selbstwertgefühl steigen an und die Quality of Life wird verbessert.

Gerade auch bei Kindern und Jugendlichen sowie bei Älteren sind viele der genannten positiven Effekte beschrieben [2,8,16,22,55].

Epidemiologie

Der Kraftsport gehört insgesamt zu den verletzungsarmen Sportarten. In den vorliegenden Statistiken wird nicht in akute Verletzungen und chronische Überlastungsschäden unterschieden. Unter dem Terminus Verletzung wird beides subsummiert. Bodybuilding hat die geringste Verletzungsrate aller Kraftsportarten. In einem aktuellen Review werden im Bodybuilding 0,12–0,7 Verletzungen/Athlet/Jahr und 0,24 bis 1 Verletzungen/1000 h angegeben [24]. Im Strongman Sport liegt die Verletzungsrate bei 4,5 bis 6,1 Verletzungen/1000 h [24], im Powerlifting (Kraftdreikampf) bei 1,0 bis 4,4 Verletzungen/1000 h, im Gewichtheben bei 2,4 bis 3,3 Verletzungen/1000 h [1] und bei den Highland Games, die es nicht nur in Schottland gibt, bei 7,5 Verletzungen/1000 h [24]. Auch in einer neueren dynamischen Kraftsportart, dem CrossFit, ist die Verletzungsrate mit 2,3–3,2 Verletzungen/1000 h gering [13,31].

M. Ritsch

Injuries and overload damage in weight training

Summary

Injuries and overload damage in weight training are given in the sports weightlifting, powerlifting, strongman, crossfit, highland games, bodybuilding with 0.24-7.5 injuries / 1000h. Injury rates are generally low and bodybuilding has the lowest rate of injury in this group. Training with free weights has the greatest potential for injury. Bench presses, neck presses, squats, and deadlifts are among the injuries. In mass sports, falling weights are the trigger for injuries. The shoulder, knee and lower back are the most common locations for injuries. In addition, the muscle and tendon injuries dominate the injury statistics in the performance area. The rupture of the pectoralis major, the rotator cuff and the distal biceps tendon are typical soft tissue injuries. In the joint area, internal impingement with SLAP lesions, glenohumeral chondral damage up to osteoarthritis and, as a typical injury, osteolysis of the lateral clavicle are priority. At the knee, the focus is on femuropatellar complaints and the peripatellar tendinopathies. Tendinopathies often also manifest on the elbow. The lumbar spine is another focus that ranges from simple overloads of the back extensors to facet arthrosis to osteochondrosis. Properly, correct technique, sensible training habits and sensible selection of training equipment and exercises are urgently recommended.

Keywords

Weight lifting – Bodybuilding – Resistance training – Muscle injuries – Sports injuries

Schulter, Knie und unterer Rücken sind in allen genannten Kraftsportarten die häufigsten Verletzungslokalisationen. Zudem dominieren die Muskel- und Sehnenverletzungen die Verletzungsstatistiken [1,24].

Unterschieden werden muss allerdings zwischen dem speziellen Verletzungsprofil in den einzelnen Sportarten und den allgemeinen Verletzungen beim Training mit Gewichten. Hierzu liegen Daten aus den US Emergency Departments, die im National Electronic Injury Surveillance System (NEISS) erfasst sind, vor.

Von 1990-2007 wurden 25335 Verletzungen beim Training mit Gewichten erfasst [25]. Die Verletzungen sind über den Untersuchungszeitraum signifikant angestiegen ($p < 0.001$).

Das Durchschnittsalter der Patienten lag bei 27,6 Jahren und 82,3% waren männlich. Die 13- bis 18-Jährigen haben in der Gesamtheit die höchste Anzahl an Verletzungen, dicht gefolgt von den 25- bis 30-Jährigen und den 19- bis 24-Jährigen. Bei den 13- bis 18-Jährigen haben die weiblichen Verletzten einen deutlich größeren Anstieg als die männlichen ($p < 0.001$). Den höchsten Anstieg an Verletzungen insgesamt haben die 45- bis 54-Jährigen (310,6%) und die über 55-Jährigen (431,2%). In diesen Altersgruppen haben die Männer einen signifikant höheren Anstieg ($p < 0.001$) der Verletzungen [25].

Der Rumpf ist hier die am häufigsten betroffene Körperregion. Der Kopf zu 12,1%, obere Rumpf war zu 25,5%, der untere Rumpf zu 19,7%, Hand zu 18,6%, Fuß zu 13,1%, Arm zu 6,0% und Bein zu 4,0% betroffen [25]. Die Schulter wird hier nicht extra aufgeführt. Erstaunlich sind hier die doch häufigen Kopfverletzungen, die in speziellen Verletzungsprofilen der erfahrenen Athleten kaum vorkommen.

Die häufigsten Diagnosen sind Verstauchungen und Zerrungen mit 46,1%. Gefolgt werden diese von Weichteil-Verletzungen (18,2%), Frakturen und Luxationen (11,6%) und Lazerationen (9,2%) [25].

Als häufigster Unfallmechanismus wird das Herabfallen eines Gewichts auf eine Person (65,5%) angegeben. Überanstrengung war besonders bei den über 55-Jährigen in 15,8% ursächlich. 90,4% aller Verletzungen passierten beim Training mit freien Gewichten. Fast alle Verletzungen konnten ambulant behandelt werden, nur 0,9% zogen eine stationäre Aufnahme nach sich [25].

Unfälle durch herabfallende Gewichte betreffen besonders Kinder zwischen 8 und 13 und nehmen bis zum 22sten Lebensjahr kontinuierlich ($p < 0.05$) ab. Die Verletzungen der 8- bis 13-Jährigen betreffen so besonders die Hand (33,5%) und den Fuß (30,3%). Umgekehrt steigen Zerrungen und Verstauchungen bis zum Alter von 30 Jahren ($p < 0.05$) an. Das Verletzungsprofil der 23- bis 30-Jährigen unterscheidet sich nicht relevant von dem der übrigen Erwachsenen [33].

Im Bereich der Schulter ist die Anzahl der Verletzungen in US Emergency Departments in den letzten Jahren von 2000 zu 2017 um 81% gestiegen [40]. Dies betraf besonders die Gruppe der 20- bis 29-Jährigen. Das Durchschnittsalter der Verletzten ist ebenfalls angestiegen und lag nun bei 34,3 Jahren ($p < 0.001$). 83,3% der Verletzten sind männlich und Distorsionen, Zerrungen sowie Muskelrisse werden in 65,1% diagnostiziert.

Das Verletzungsprofil der einzelnen Kraftsportarten unterscheidet sich teilweise deutlich von den allgemeinen Verletzungsprofilen beim Training mit Gewichten. Insbesondere der Unfallmechanismus des Herabfallens von Gewichten auf eine Person ist in den allgemeinen

Statistiken deutlich erhöht. Die Schulter und das Knie sind wiederum in den einzelnen Kraftsportarten gegenüber der allgemeinen Statistik deutlich erhöht. In den einzelnen Kraftsport-Statistiken ist eher der semi-/professionelle Bereich fokussiert, während in der allgemeinen Statistik eher freizeitsportliche Verletzungen beim Training mit Gewichten im Vordergrund stehen.

Verletzungsreiche Übungen

Die 3 Grundübungen Bankdrücken, Kniebeuge und Kreuzheben bergen auch bei korrekter Ausführung ein relevantes Risikopotential. Die verletzungsreichste Übung ist das klassische Flachbankdrücken mit der Langhantel. Hierbei ist das untere Drittel der Bewegung der vulnerabelste Bereich. Es kann zu Rupturen des Pectoralis major, des Triceps, der Rotatorenmanschette, zur Reizung des Schulterreckgelenkes mit Ödemen der lateralen Clavicula bis hin zur Osteolyse der lateralen Clavicula, zu glenohumeralen Knorpelschäden bis zur Omarthrose, zu Schulterluxationen und Humerus Frakturen kommen. Bei der Kniebeuge stehen der Quadrizeps, die Patellasehne, die Adduktoren, der untere Rücken, das Femuropatellargelenk und je nach Ablagetechnik auch die Rotatorenmanschette im Vordergrund. Insbesondere der dynamische Valgus sollte vermieden werden, da er zu Scherkräften führt. Hackenschmidt-Kniebeugen mit weiter vor dem Körperschwerpunkt liegender Kniegelenksachse sind in letzter Zeit in der Multipresse (Abbildung 1) mit dem Cross Fit wieder in Mode gekommen. Hierbei ist die Belastung des femuropatellaren Gleitlagers deutlich höher als bei der klassischen Kniebeuge [46]. Beim Kreuzheben und dem Wheelflip (LKW-Reifen aufheben und umwerfen) sind die distale



Abbildung 1
Hackenschmidt-Kniebeuge in der Multipresse.

Bicepssehne, der untere Rücken und die Handinnenflächen gefährdet. Im Crossfit wird häufig der Muscle up, die Stützstemme, trainiert. Hierbei kann es beim Heraufdrücken zu Verletzungen des Pectoralis und beim Abschwingen zu Verletzungen des Latissimus kommen. Das Nackendrücken hinter dem Kopf, das Lat-Ziehen in den Nacken und das Ausstoßen beim Gewichtheben führen durch gleichzeitige Elevation, maximale Außenrotation und Hyperangulation zu anterosuperiorer Translation in der Schulter. Dies kann zu rezidivierender Mikroinstabilität, Instabilität, Luxation und Knorpelschäden [21], durch „peel back“ [4] der langen Bicepssehne zu Schäden des Bicepsankers und der langen Bicepssehne und zum posterosuperioren Impingement mit Schädigung der Rotatorenmanschette führen. Übungen in dieser sog. „High-Five-Position“ (Abbildung 2) sind verletzungsanfällig [54]. Fliegende und Butterfly können bei übertriebener Dehnung zu Verletzungen des Pectoralis, der langen Bicepssehne und der Rotatorenmanschette führen. Gleiches gilt für Dips und Überzüge, die in maximaler Dehnung Verletzungen des Pectoralis und des Triceps provo-

zieren können. Bizepscurls mit der geraden Langhantel führen durch die maximale Supination und Trizepsdrücken mit der geraden Stange sowie French press mit der geraden Stange durch die maximale Pronation zu Überlastungen der langen Handgelenksbeuger und -Strecker an den Epikondylen. „Good mornings“ (Vorbeugen des Oberkörpers mit Langhantel über den Schultern) führen zu erheblichen Belastungen der Bandscheiben und Rotationsübungen führen zusätzlich zu Scherkräften. Die letztgenannten Übungen sollten generell gemieden werden. Bei Fliegenden, Butterfly, Dips und Überzügen sollte keine starke Dehnung in den Übungen erfolgen.

Das Training mit freien Gewichten setzt grundsätzlich eine gute Kenntnis und Technik voraus.

Intrinsische Risikofaktoren, wie höheres Alter, ungünstige lokale Anatomie und Biomechanik, schlechte aerobe Fitness, muskuläre Dysbalancen, Überbeweglichkeit, mangelnde motorische Kontrolle, unzureichende mentale Stärke, psychologische und psychosoziale Faktoren können zudem prädisponierend wirken [24,52].



Abbildung 2
High-Five-Position (Oberarm in 90° Abduktion, Ellenbogen in 90° Flexion und endgradige Außenrotation der Schulter).

Diagnostik

Die genaue Anamnese und der klinische Befund sind die wichtigsten Pfeiler der Diagnostik von Kraftsportverletzungen. Zusatzuntersuchungen wie die Sonografie, als besonders dynamische Untersuchungsmöglichkeit, haben ebenso einen hohen Stellenwert. Die MRT-Diagnostik ist auch bei Muskel- und Sehnenverletzungen hilfreich, ersetzt aber nicht die klinische Sorgfalt und kostet in der Regel Zeit. Die Kenntnis der spezifischen Verletzungsmuster erleichtert zudem die Diagnostik. Muskel- und Sehnenverletzungen werden häufig verkannt oder in ihrem Ausmaß unterschätzt.

Muskel- und Sehnenverletzungen

Die Verletzungen der oberen Extremität sind im Kraftsport deutlich häufiger und finden sich besonders im Leistungsbereich. Während die Zerrung in der Regel reversible Veränderungen zeigt, lassen sich beim Muskelfaserriss bereits strukturelle Veränderungen beobachten. Exzent-

rische Kontraktionen erzeugen höhere Kräfte und führen zu größeren Muskelschädigungen [7]. Klinische und physiologische Aspekte zur Behandlung von Muskelverletzungen sind in einer aktuellen Publikation zusammengefasst [23].

Die Ruptur des M. pectoralis major ist im Kraftsport keine seltene Verletzung. Die dokumentierten Fälle haben deutlich zugenommen und die Verletzung tritt insbesondere beim Bankdrücken auf [6,15,41,43]. In der klinischen Diagnostik ist besonders der Verlust der Kontur der vorderen Axillarfalte indikativ für eine Ruptur, wird aber trotzdem häufig übersehen. Verschiedene Einteilungen sind publiziert [15] und die operative Therapie ist in der Regel erforderlich. Die operative Therapie ist der konservativen Therapie sowohl hinsichtlich des kosmetischen Ergebnisses als auch in Bezug auf die Kraftfähigkeit deutlich überlegen. Besonders die primäre Versorgung in den ersten zwei Wochen zeigt in 90 bis 100% der Fälle gute und sehr gute Ergebnisse (Abbildung 3A u. B). Auch in der Isokinetik beträgt die Kraftfähigkeit 90–100% der Gegenseite

[6,41,43]. Chronische Fälle lassen sich in 2 Typen einteilen. Typ I ist durch einen Defekt und Typ II durch einen fasziellen Narbenstrang zum Biceps gekennzeichnet (Abbildung 4). Beide Riss-Konfigurationen lassen sich auch sekundär gut rekonstruieren [45], wobei beim Typ I häufig die Augmentation mit einer Semitendinosus- oder Grazilissehne als Auto- oder Allograft erforderlich ist [45]. Der Pectoralis darf erst nach 4-6 Monaten wieder trainiert werden. In der Literatur ist eine Rückkehr zur alten Kraftleistungsfähigkeit nach operativer Rekonstruktion in nur 50% der Fälle beschrieben [28]. Die Komplikationsrate wird mit 14,1% angegeben [6].

Verletzungen des M. latissimus und M. teres major kommen im Kraftsport nur sehr selten vor und heilen konservativ in der Regel ohne relevante Defizite aus [34].

Der Riss der Rotatorenmaschette kann akut durch Bank- oder Nackendrücken und dem Baumstamm-Stemmen (Log Lift) ausgelöst sein. Auch Partialrupturen sind bei teilweise schon jungen Athleten dokumentiert. Die Therapie der transmuralen Ruptur ist beim aktiven Kraftsportler in der Regel operativ. Nach operativer Versorgung kommen im Leistungsbereich allerdings bis zu 50% der Athleten nicht zum gleichen Sportniveau zurück [26].

Beim Riss der langen Bizepssehne ist im Leistungsbereich eher eine operative Therapie angezeigt. Neben dem optischen Defizit können krampfartige Schmerzen im Bizepsbauch bei muskulösen Patienten anhalten und dauerhaft Beschwerden verursachen. Der Riss führt zur Abnahme der Flexionskraft im Ellenbogen um 8–16% und der Supinationskraft um 11–21%. Die Ausdauer ist bis zu 25% herabgesetzt [37]. Die operative Therapie der Wahl ist die subpectorale Tenodesse. Die besten Ergebnisse werden auch hier mit



Abbildung 3
(A) akute Pectoralis major Ruptur mit Konturzeichen (Verlust der vorderen Axillarfalte),
(B) postoperatives Ergebnis.

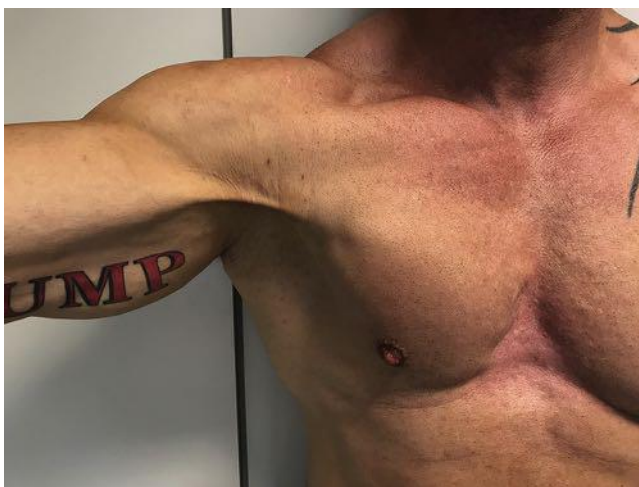


Abbildung 4
Chronische Pectoralis major Ruptur II°.

der frühzeitigen Operation erzielt, aber auch bei verspäteten Rekonstruktionen wird in 78% der Fälle eine Linderung des Schmerzes und in 74% der Fälle eine Verbesserung der Kraft beschrieben [37].

Der Riss der distalen Bizepssehne betrifft den dominanten Arm kräftiger Männer zwischen 30 und 60 Jahren. In der Regel kommt es zu einer Avulsion der Tuberositas radii, aber auch zu partiellen Rupturen am Ansatz. Ursächlich im Kraftsport sind regelhaft Technikfehler mit leichter Beugung bei supiniertem Arm beim Kreuzheben und besonders beim Wheelflip. Ein Riss führt zu einer Schwächung der Supinationskraft um 40–50%, der Flexionskraft um 30% und der Griffkraft um 15%. [48]. Die operative Therapie ist der Standard mit sehr guten funktionellen Ergebnissen, aber mit einer hohen Komplikationsrate von 15–36% [17]. Teilweise finden sich auch atypische Verletzungsmuster (Abbildung 5). Sekundäre Rekonstruktionen sind auch hier mit Semi- und Grazilissehnen als Auto- oder Allograft mit gutem Erfolg möglich [50].

Verletzungen der distalen Trizepssehne sind selten, aber im Kraftsport typische Verletzungen. Der anatomische Ansatz am Olecranon zeigt einen zweischichtigen Aufbau. Die oberflächliche Schicht besteht aus den konfluierenden Sehnen des langen und des lateralen Kopfes, während die tiefe Schicht vom medialen Kopf gebildet wird Ritsch 2017 [44]. Im Kraftsport kann es beim Bankdrücken, bei Dips und beim Stirnpressen zum Riss der Trizepssehne, insbesondere zur Avulsion des oberen Sehnenlayers kommen [44,51]. Die Therapie ist operativ und die primäre Rekonstruktion zeigt in über 90% der Fälle gute Ergebnisse [30]. Die verspätete und sekundäre Rekonstruktion, ggf. mit einem Sehnen Auto-/Allograft, sowie die

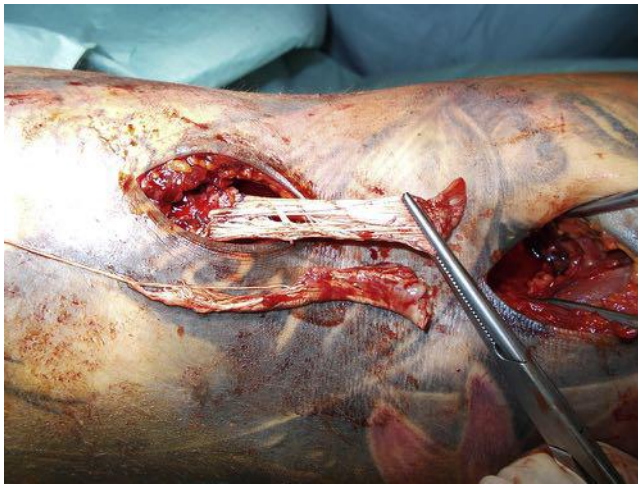


Abbildung 5
Intratendinöse distale Bizepssehnen Ruptur.

primären stark degenerierten zerschichteten horizontalen Risse (Abbildung 6) weisen nur in 70–90% der Fälle gute Ergebnisse auf [44]. Die isokinetische Testung zeigt keine Einschränkung der Ausdauer, aber die wiedererreichte Kraftfähigkeit liegt nur bei 82% [53].

Im Bereich der Wirbelsäule kommen Zerrungen und Überlastungen der Rückenstrecker vor. Das klassische Gewichtheben, Kreuzheben, Baumstamm-Stemmen (Log Lift) sind häufig ursächlich.

Verletzungen der Adduktoren und Hamstrings sind in der Regel Zerrungen. Größere Muskelverletzungen und Sehnenverletzungen sind selten. Ursächlich sind Kniebeuge, Kreuzheben, Koffertragen sowie LKW-Ziehen bei den Strongman und Reißen und Stoßen im Gewichtheben.

Betroffen von Sehnenrissen der Quadrizeps- und Patellasehne sind ausschließlich männliche Kraftsportler. Ursächlich ist die Kniebeuge im Kraftsport und die Belastung



Abbildung 6
Degenerierte Trizepssehnen Ruptur.

beim Riss ist exzentrisch. Die Quadrizepssehne reißt zwei- bis dreimal häufiger und die Athleten sind mit über 40 Jahren älter als diejenigen, die eine Patellarsehnenruptur erleiden [20]. Auch beidseitige Risse der Quadrizepssehne kommen vor. Die Behandlung der Rupturen ist operativ. Wie bei der Trizepssehne zeigen sich auch an der Quadrizepssehne häufig degenerative Veränderungen (Abbildung 7) und Ossifikationen des Sehnenansatzes. Die Ergebnisse der primären Rekonstruktion von Quadrizeps- und Patellarsehne sind gut, aber das Erreichen des alten Kraftleistungsniveaus besonders bei der Quadrizepssehnenruptur nicht immer möglich. Verspätete und sekundäre Rekonstruktionen sind möglich, aber die Ergebnisse nicht optimal [11].

Achillessehnenrupturen sind im Kraftsport selten. Beim Strongman und anderen dynamischen Disziplinen im Strongman-Sport wie Autoschubkarre, Yoke Race sowie Farmers Walk kann es zur Ruptur kommen. Die üblichen Behandlungsschemata sind auch hier gültig.

Beim Strongman kann es bei dynamischen Disziplinen wie LKW Ziehen, Autoschubkarre, Yoke Race sowie Farmers Walk zur Ruptur kommen. Die üblichen Behandlungsschemata sind auch hier gültig.

Tendopathien im Kraftsport haben zwei Prädilektionsstellen, den Ellenbogen und die Kniescheibe. Produktive Enthesiopathien mit knöchernen Ausziehungen des Sehnenansatzes sind insbesondere am oberen und unteren Kniescheibenpol sowie am Olecranon zu finden. Diese Osteophyten können erhebliche Beschwerden bereiten und in einigen Fällen ist eine operative Therapie erforderlich. Abgebrochene Osteophyten können einen Sehnenriss radiologisch als sog. "Fleck Zeichen" anzeigen [44]. Die laterale und mediale Epicondylitis sind besonders

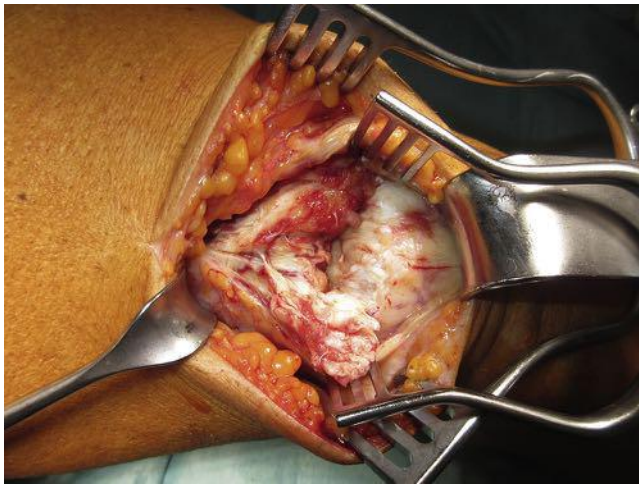


Abbildung 7
Quadrizepssehnen Ruptur.

durch Training in maximaler Außen- oder Innenrotation ausgelöst. In der Therapie ist neben den üblichen Behandlungsmethoden das Unterlassen der auslösenden Übungen essentiell. Am Kniegelenk sollte man eine Umstellung der Kniebeugetechnik durchführen. Das hartnäckige Patellaspitzenyndrom lässt sich bei Versagen der konservativen Maßnahmen mit einem arthroskopischen Debridement erfolgreich behandeln.

Gelenkverletzungen

Bei den Gelenkverletzungen stehen die Schulter, das Knie und die LWS im Vordergrund. Belastungsspitzen, Scherbelastungen und Trainingsjahre sind im Kraftsport häufig. Das Handgelenk und das obere Sprunggelenk sind weniger von Verletzungen betroffen. Das Ellenbogengelenk und das Hüftgelenk sind eher selten betroffen.

Das Schulterreckgelenk ist steht im Focus der gelenkassoziierten Überlastungsschäden. Bereits bei sehr jungen Athleten kann es zu schmerzhaften Reizungen im ACG kommen. Diese Arthritiden können auf den

Knochen übergreifen. Ödeme der lateralen Clavicula können zur Osteolyse der lateralen Clavicula (DCO) führen (Abbildung 8). Ursächlich ist fast immer das Flachbankdrücken mit der Langhantel. Die Kombination aus Krafttraining und Überkopf Aktivität ist bei

athletischen Teenagern zwischen 13 und 19 Jahren ein Risikofaktor für DCO. 24% der im MRT Nachuntersuchten waren dabei weiblich. Als Folgeschäden werden Erweiterung des ACG und Arthrose beschrieben [47]. In einer weiteren Studie aus derselben Arbeitsgruppe an 256 gematchten Patienten mit DCO waren 56% intensive Bankdrücker mit max. über dem 1,5-Fachen des Körpergewichts im Vergleich zu 6% ohne DCO ($p < 0.001$). Neben der hohen Gewichtsbelastung waren Frequenz über 1x/Woche und langjähriges Bankdrücken mehr als 5 Jahre weitere Risikofaktoren der DCO [35]. Mit zunehmendem Alter entwickelt sich vielfach eine Arthrose im ACG, die aber im Gegensatz zur DCO kaum Probleme bereitet. In der Therapie ist vor allem das Unterlassen des Flachbankdrückens essentiell. Gezielte intraartikuläre Infiltrationen mit Cortison sind der Therapie-Standard und bei Versagen führt die arthroskopische Resektion der lateralen Klavikula zum Erfolg.

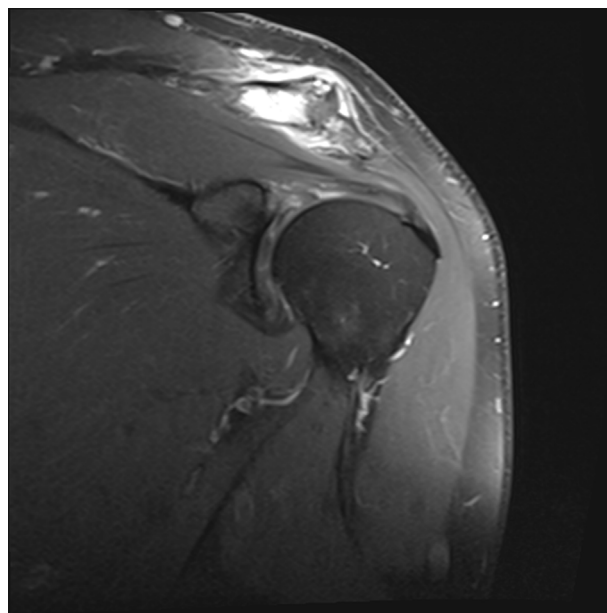


Abbildung 8
Ödem mit Osteolyse der lateralen Clavicula im MRT.

Neben dem Schulterergelenk ist das Glenohumeralgelenk von Überlastungsschäden betroffen. Relevante glenohumerale Knorpelschäden finden sich teilweise bereits bei jungen Athleten. Die radiologisch manifeste Omarthrose zeigt sich teils schon ab dem 30sten Lebensjahr. Translatatorische Kräfte beim Nacken and Bankdrücken scheinen zumindest mit ursächlich zu sein. In der Literatur findet man kaum Hinweise zu Kraftsport und Omarthrose. SLAP-Läsionen führen zu erhöhter Translation und Spannung der langen Bizepssehne. Die so erhöhte anteriore glenohumerale Translation und der erhöhte Druck der langen Bizepssehne auf den Oberarmkopf können zu Knorpelschäden des Oberarmkopfes unter der langen Bizepssehne führen [39]. Neben den gängigen Behandlungsschemata hat sich bei der zusätzlich häufig bestehenden symptomatischen Tendinitis oder Teilruptur der langen Bizepssehne deren Tenotomie und Tenodese, nicht nur bei SLAP-Läsionen, bewährt. Auch die „CAM“-Prozedur mit Arthrolyse und Abtragen von Osteophyten kann zusätzlich helfen [29]. Das schwere Training sollte unterbleiben. Bei fortgeschrittener, symptomatischer Arthrose kann man Kraftsport eine Hemiprothese diskutieren. Dies ermöglicht noch akzeptabel weiter zu trainieren. Bei deutlicher dorsaler Dezentrierung ist in der Regel eine komplette Prothese erforderlich. Dies ermöglicht dem Athleten allerdings kein relevantes Kraftsport-Training mehr.

Das Internal Impingement und die SLAP-Läsion sind im Kraftsport kein seltener Befund. Übungen wie Nackendrücken sind schmerzhaft und können gar nicht mehr durchgeführt werden. Insbesondere das Nackendrücken hinter dem Kopf löst dorsale, teils auch ventrale Schulterbeschwerden aus. In dieser Position mit maximaler Außenrotation und

Elevation kommt es zum „peel back“ [4] der langen Bizepssehne und in der Folge zur SLAP-Läsion. Es handelt sich vermutlich um ein multifaktorielles Geschehen mit vermehrter anterosuperiorer Translation, posteriorer Kapselkontraktur und Dyskinese der Scapula ähnlich wie bei Wurfspielern [12]. Ein klassisches GIRD besteht im Kraftsport nicht. Arthroskopisch zeigt sich in der Funktion ein posterosuperiores Impingement mit Rötung und Veränderungen am Bizepsanker bis zur SLAP-Läsion. Artikulareseitige Partialrupturen der posterosuperioren Rotatorenmanschette kommen ebenso vor. Zudem beobachtet man häufiger Veränderungen am Knorpel der ventralen Pfanne und am dorsalen Humeruskopf. In diesen Fällen führt die Tenotomie und Tenodese der langen Bizepssehne zu guten Ergebnissen. Intraartikuläre glenohumerale Infiltrationen helfen zunächst auch. Abschließend kann man dieses Phänomen sicher nicht beurteilen. Veränderungen der langen Bizepssehne zeigen sich generell häufig, auch ohne SLAP-Läsion. Aus der oben beschriebenen anterosuperioren Translation kann sich möglicherweise auch eine ventrale Schulterstabilität entwickeln. Gross et al. (1993) beschreiben bei 20 Gewichthebern 23 vordere Schulterinstabilitäten [21]. Ventrale teilweise beidseitige Schulterluxationen, aber auch dorsale Schulterluxationen sind beim Gewichtheben, beim Nackendrücken und besonders beim Bankdrücken beschrieben [5,27]. Die okkulte anteriore Schulterinstabilität und Einschränkung der Innenrotationsfähigkeit sind im Kraftsport häufig [27].

Neben den häufigen Insertionstendopathien und Muskel-Sehnenrissen am Ellenbogen kann es auch zu Knorpelschäden besonders im humeroradialen Gelenkbereich, zu freien Gelenkkörpern und zur Cubitalarthrose

kommen. Auch Ellenbogenluxationen und Verletzungen des ulnaren Kollateralbandes sind im Gewichtheben beschrieben [3,42].

Am Handgelenk kommt es zu Distorsionen und Tendovaginitiden. Diese werden meist durch eine Hyperextension der Handgelenke, besonders beim Bankdrücken oder bei dem im Gewichtheben gebräuchlichen Umsetzen ausgelöst [24]. Die Therapie liegt vorrangig in der Veränderung der Griffposition. Handgelenks-Bandagen werden vielfach getragen und stabilisieren das Handgelenk.

An der Wirbelsäule kommt es, neben den vorrangigen muskulären Überlastungssyndromen und Zerrungen der Rückenstrecker, zu Osteochondrosen und Facettenarthrosen besonders an der LWS, aber auch thorakal. Instabilitäten, Spondylolysen/-listhesen und Bandscheibenvorfälle treten seltener auf. Schmerzen an der Wirbelsäule werden allerdings häufig und in allen Abschnitten der Wirbelsäule akut sowie chronisch angegeben [24]. In einer Studie bei Powerliftern werden über 54% Wirbelsäulenbeschwerden und 29,7% Spondylolysen/-listhesen beerichtet. Im Bodybuilding ist der Anteil der Rückenbeschwerden deutlich niedriger [18]. Nicht mehr trainierende Gewichtheber berichteten in einer Studie eine sogar geringere Frequenz von LWS-Beschwerden als die untrainierte Kontrollgruppe [19]. Auch spezielle Trainingstechniken können die Wirbelsäulenbelastung reduzieren. Im Vergleich zu einer Kontrollgruppe setzen Gewichtheber zu Anfang des Kreuzhebens den Gluteus maximus stärker ein, was zu einer Stabilisierung des Beckens führt und dem Erector spinae eine bessere Streckung des Rumpfes erlaubt. Gegen Ende des Hebens wird wiederum der M. quadriceps vermehrt eingesetzt. Diese Technik reduziert sowohl die erforderliche Kraft des Erector spinae, als auch

die auf die lumbalen Strukturen einwirkenden Kräfte [38]. Der Sumostil bringt im Vergleich zum klassischen Kreuzheben eine 8%-ige Reduktion der Scherkräfte auf das Segment L4/L5 [10]. In einer großen Studie über Gewichtheben als Risikofaktor für Bandscheibenvorfälle konnte kein direkter Zusammenhang zwischen Gewichtheben und dem Auftreten cervikaler oder lumbaler Bandscheibenvorfälle nachgewiesen werden [32]. Eine Studie aus dem Powerlifting weist darauf hin, dass der Gebrauch eines Gewichthebergürtels die Verletzungsrate an der LWS erhöht [49].

Kniegelenksverletzungen sind eher bei insbesondere bei weiblichen Athleten häufig [18]. Das femuropatellare Schmerzsyndrom ist die häufigste gelenkassoziierte Verletzung am Knie. Chondropathische Veränderungen retropatellar und im Gleitlager sind öfter nachweisbar. Kniebeugen in der Hackenschmidt-Maschine oder der Multipresse mit vorgelagerten Füßen lösen patellofemorale Beschwerden und Tendopathien aus. Durch die weite Rücklagerung des Körperschwerpunkts gegenüber der Kniegelenksachse kommt es zur vermehrten Belastung des retropatellaren Gleitlagers. Ein weiterer Grund ist der dynamische Valgus des Beines bei der Kniebeuge. Gründe hierfür können neben einer schwachen Hüftmuskulatur Fehler in der Übungsführung sein. Auch Knick-Senkfuß und inadäquates Schuhwerk begünstigen den dynamischen Valgus [46]. Therapie ist vor allem die korrekte Übungsausführung. Eine Überstreckung der Kniegelenke besonders in der Beinpresse sollte immer vermieden werden. Im Gegensatz zum Femuropatellargelenk sind femurotibiale Knopelschäden und Meniskus-schäden im Kraftsport selten.

Im Bereich der Sprunggelenke und Füße kommt es zu Distorsionen und

Schmerzen im Gewichtheben und beim Strongman in den sehr dynamischen Disziplinen Autoschubkarre, Yoke Race (Laufen mit einem Tragejoch) und Famers Walk (Koffer Tragen). Insgesamt zeigt dieser Bereich die geringsten Probleme.

Weitere Verletzungen

Hernien sind durch die intraabdominelle Druckspitzen die besonders bei schweren Kniebeugen, Kreuzheben, aber auch bei der Beinpresse getriggert. Neben den klassischen Leistenhernien kommen paraumbilikale Hernien und die Rectusdiastase vor. Der Therapie-Standard ist operativ minimal invasiv und mit Netz [9].

Hautverletzungen und Kontusionen sind durch den Umgang mit den verschiedenen Trainingsgeräten häufig. Einrisse der Handinnenflächen sind trotz Magnesia beim Kreuzheben, beim Koffertragen und beim LKW-Ziehen häufig. Das Kreuzheben führt zu Schürfungen an den Schienbeinvorderkanten durch die Hantelstange und beim Steinkugel-Heben sind besonders die Unterarme von Schürfungen und Kontusionen betroffen. Periphere Nervenverletzungen können akut und chronisch vorkommen. Auslösend sind verschiedene Faktoren, wie schlechte Technik, Übertraining, Direkttrauma, Gelenk-Überdehnung und Muskelhypertrophie. Betroffen ist besonders die obere Extremität. Neuropathien des N. suprascapularis, des N. musculocutaneus, des N. thoracicus longus und der Nn. pectorales sind am häufigsten beschrieben [27].

Besonderheiten der Therapie im Kraftsport

In der Therapie der häufigen Muskel- und Sehnenrisse sollte eine zeitnahe Rekonstruktion innerhalb von 2 Wochen angestrebt werden. Die

Indikation ist im Leistungsbereich hierbei eher großzügig zu stellen. Ziel ist die Wiederherstellung der korrekten Ausgangslänge der Muskel-Sehneneinheit, um die volle Kraftleistungsfähigkeit zu erhalten. Eine generelle Trainingspause ist in aller Regel nicht notwendig, da durch entsprechende Trainingsumstellungen um die meisten Verletzungen „herum“ trainiert werden kann. Die auslösenden Übungen sollten erkannt und gemieden werden. Die Tendopathien sprechen auf Veränderung der Gelenkstellungen und der Griffweite bei den auslösenden Übungen gut an. So lassen sich die häufigen Rezidive verhindern.

Propylaxe

Auch hier gilt, verletzungsreiche Übungen möglichst zu umgehen. Übungen wie Nackendrücken hinter dem Kopf, Lat-Ziehen hinter den Kopf, Bizeps Curls mit der geraden Stange, Trizepsdrücken mit der geraden Stange, Good mornings und Übungen in maximaler Dehnung sollten generell unterbleiben. Viele dieser Übungen sind durch Variation in der Ausführung leicht zu „entschärfen“. Nackendrücken und Lat-Ziehen vor dem Kopf, Bizepscurls mit SZ Stange oder Kurhanteln, Trizepsdrücken mit 45° Griff oder Seil und keine maximale Dehnung in Übungen wie Überzüge, Fliegende und Dips. Durch die im Kraftsport häufige Verstärkung der Dysbalance der Außenrotatoren und der scapulothorakalen Muskulatur zu den Innenrotatoren an der Schulter haben sich neben der Dehnung der Innenrotatoren insbesondere spezielle Übungen zur Kräftigung der Außenrotatoren und der scapulothorakalen Muskulatur bewährt. „No pain no gain“ sollte zudem keine Trainingsmaxime sein. „The key to prevention of injuries in weight lifters and body

builders is having a coach and adhering to proper lifting techniques and training habits“[36]. Dieses Zitat von T.J. Neviaser aus dem Jahr 1991 hat auch heute noch uneingeschränkte Gültigkeit. So kann die insgesamt geringe Verletzungsrate im Kraftsport weiter gesenkt werden.

Interessenkonflikt

Es liegt kein Interessenkonflikt vor.

Appendix A. Zusätzliche Daten

Zusätzliche Daten verbunden mit diesem Artikel finden sich in der Online-Version unter: <https://doi.org/10.1016/j.orthtr.2020.07.004>.

Literatur

- [1] U. Aasa, I. Svartholm, F. Andersson, L. Berglund, Injuries among weightlifters and powerlifters: a systematic review, *Br J Sports Med* 51 (2017) 211–219.
- [2] P. Acosta-Manzano, M. Rodriguez-Ayllon, F.M. Acosta, D. Niederseer, J. Niebauer, Beyond general resistance training, Hypertrophy versus muscular endurance training as therapeutic interventions in adults with type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis, *Obes Rev* 17 (2020), <http://dx.doi.org/10.1111/obr.13007>.
- [3] H. Alizai, L. Engebretsen, M. Jarraya, F. W. Roemer, A. Guermazi, Elbow Injuries Detected on Magnetic Resonance Imaging in Athletes Participating in the Rio de Janeiro 2016 Summer Olympic Games, *J Comput Assist Tomogr* 43 (2019) 981–985.
- [4] J.R. Andrews, J.R. Dugas, Diagnosis and treatment of shoulder injuries in the throwing athlete: the role of thermal-assisted capsular shrinkage, *Instr Course Lect.* 50 (2001) 17–21.
- [5] V. Bengtsson, L. Berglund, U. Aasa, Narrative review of injuries in powerlifting with special reference to their association to the squat, bench press and deadlift, *BMJ Open Sport Exerc Med* 4 (2018) e000382.
- [6] B.M. Bodendorfer, D.X. Wang, B.P. McCormick, A.M. Looney, C.M. Conroy, C.M. Fryar, J.A. Kotler, W.J. Ferris, W.F. Postma, E.S. Chang, Treatment of Pectoralis Major Tendon Tears: A Systematic Review and Meta-analysis of Repair Timing and Fixation Methods, *Am J Sports Med* 28 (2020), <http://dx.doi.org/10.1177/0363546520904402>, 363546520904402.
- [7] C. Byrne, C. Twist, R. Eston, Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage: theoretical and applied implications, *Sports Med* 34 (2004) 49–69.
- [8] J.A. Cauley, L. Giangregorio, Physical activity and skeletal health in adults, *Lancet Diabetes Endocrinol.* 8 (2020) 150–162. [http://dx.doi.org/10.1016/S2213-8587\(19\)30351-1](http://dx.doi.org/10.1016/S2213-8587(19)30351-1).
- [9] D.C. Chen, J. Morrison, State of the art: open mesh-based inguinal hernia repair, *Hernia* 23 (2019) 485–492.
- [10] J. Cholewicki, S.M. McGill, R.W. Norman, Lumbar spine loads during the lifting of extremely heavy weights, *Med Sci Sports Exerc* 23 (1991) 1179–1186.
- [11] V. Ciriello, S. Gudipati, T. Tosounidis, P.N. Soucacos, P.V. Giannoudis, Clinical outcomes after repair of quadriceps tendon rupture: a systematic review, *Injury* 43 (2012) 1931–1938.
- [12] K.T. Corpus, C.L. Camp, D.M. Dines, D. W. Altchek, J.S. Dines, Evaluation and treatment of internal impingement of the shoulder in overhead athletes, *World J Orthop* (2016) 776–784.
- [13] T.S. da Costa, C.T.N. Louzada, G.K. Miyashita, P.H.J. da Silva, H.Y.F. Sungaila, P.H.S. Lara, A.C. Pochini, B. Ejnisman, M. Cohen, G.G. Arliani, CrossFit®: Injury prevalence and main risk factors. *Clinics (Sao Paulo)* 74 (2019) e1402.
- [14] DSSV <https://www.dssv.de/presse/statistik/deutscher-fitnessmarkt/> Zugriff am 13.3.2020.
- [15] A.W. ElMaraghy, M.W. Devereaux, A systematic review and comprehensive classification of pectoralis major tears, *J Shoulder Elbow Surg* 21 (2012) 412–422.
- [16] A.D. Faigenbaum, R.S. Lloyd, J. MacDonald, G.D. Myer, Citius, Altius, Fortius: beneficial effects of resistance training for young athletes: Narrative review, *Br J Sports Med* 50 (2016) 3–7.
- [17] S.E. Ford, J.S. Andersen, D.M. Macknet, P.M. Connor, B.J. Loeffler, R.G. Gaston, Major complications after distal biceps tendon repairs: retrospective cohort analysis of 970 cases, *J Shoulder Elbow Surg* 27 (2018) 1898–1906.
- [18] M. Goertzen, K. Schöppe, G. Lange, K.P. Schulitz, Verletzungen und Überlastungsschäden beim Bodybuilding und Powerlifting, *Sportverl Sportsch* 3 (1989) 32–36.
- [19] H. Granhead, B. Morelli, Low back pain among retired wrestlers and heavy-weight lifters, *Am J Sports Med* 16 (1988) 530–533.
- [20] C. Grim, O. Lorbach, M. Engelhardt, Quadrizeps- und Patellasehnenrupturen, *Orthopäde* 39 (2010) 1127–1134.
- [21] M.L. Gross, S.L. Brenner, I. Esformes, I. J. Sonzogni, Anterior shoulder instability in weight lifters, *Am J Sports Med* 21 (1993) 599–603.
- [22] P.D. Hart, D.J. Buck, The effect of resistance training on health-related quality of life in older adults: Systematic review and meta-analysis, *Health Promot Perspect* 23 (2019) 1–12.
- [23] T. Hotfiel, C. Grim, R. Heiss, L. Weisskopf, W. Bloch, M. Engelhardt, Ausgewählte klinische und physiologische Aspekte zur Behandlung von Muskelverletzungen – Update 2020, *Sports Orthop Traumatol* 36 (2020) 105–114.
- [24] J.W. Keogh, P.W. Winwood, The Epidemiology of Injuries Across the Weight-Training, *Sports Med* 47 (2017) 479–501.
- [25] Z.Y. Kerr, C.L. Collins, R.D. Comstock, Epidemiology of weight training-related injuries presenting to United States emergency departments, 1990 to 2007, *Am J Sports Med* 38 (2010) 765–771.
- [26] S. Klouche, N. Lefevre, S. Herman, A. Gerometta, Y. Bohu, Return to Sport after Rotator Cuff Tear Repair: A Systematic Review and Meta-analysis, *Am J Sports Med* 44 (2016) 1877–1887.
- [27] M.J. Kolber, K.S. Beekhuizen, M.S. Cheng, M.A. Hellman, Shoulder injuries attributed to resistance training: a brief review, *J Strength Cond Res* 24 (2010) 1696–1704.
- [28] J.N. Liu, A.K. Gowd, G.H. Garcia, B.J. Manderle, A. Beletsky, G.P. Nicholson, B. Forsythe, A. Romeo, N. Verma, Analysis of Return to Sport and Weight Training After Repair of the Pectoralis Major Tendon, *Am J Sports Med* 47 (2019) 2151–2157.
- [29] P.J. Millett, M.P. Horan, A.T. Pennock, D. Rios, Comprehensive Arthroscopic Management (CAM) procedure: clinical results of a joint-preserving arthroscopic treatment for young, active patients with advanced shoulder osteoarthritis, *Arthroscopy* 29 (2013) 440–448.

- [30] R. Mirzayan, D.C. Acevedo, J.F. Sodl, E. H. Yian, R.A. Navarro, O. Anakwenze, A. Singh, Operative Management of Acute Triceps Tendon Ruptures: Review of 184 Cases, *Am J Sports Med* 46 (2018) 1451–1458.
- [31] A.M. Montalvo, H. Shaefer, B. Rodriguez, T. Li, K. Epnere, G.D. Myer, Retrospective Injury Epidemiology and Risk Factors for Injury in CrossFit, *J Sports Sci Med* 16 (2017) 53–59.
- [32] D.J. Mundt, J.L. Kelsey, A.L. Golden, M. M. Panjabi, H. Pastides, A.T. Berg, J. Skalar, T. Hosea, An epidemiologic study of sports and weight lifting as possible risk factors for herniated lumbar and cervical discs, *Am J Sports Med* 21 (1993) 854–860.
- [33] G.D. Myer, C.E. Quatman, J. Khoury, E. J. Wall, T.E. Hewett, Youth Versus Adult “Weightlifting” Injuries Presenting to United States Emergency Rooms: Accidental Versus Nonaccidental Injury Mechanisms, *J Strength Cond Res* 23 (2009) 2054–2060.
- [34] S.H. Nagda, S.B. Cohen, T.J. Noonan, W.G. Raasch, M.G. Ciccotti, L.A. Yocum, Management and outcomes of latissimus dorsi and teres major injuries in professional baseball pitchers, *Am J Sports Med* 39 (2011) 2181–2186.
- [35] M.T. Nevalainen, M.G. Ciccotti, W.B. Morrison, A.C. Zoga, J.B. Roedl, Distal clavicular osteolysis in adults: association with bench pressing intensity, *Skeletal Radiol* 45 (2016) 1473–1479.
- [36] Neviasser TJ1, Weight lifting. Risks and injuries to the shoulder, *Clin Sports Med* 10 (1991) 615–621.
- [37] C.Y. Ng, L. Funk, Symptomatic chronic long head of biceps rupture: Surgical results, *Int J Shoulder Surg* 6 (2012) 108–111.
- [38] D.A. Noe, R.A. Mostardi, M.E. Jackson, J.A. Porterfield, M.J. Askew, Myoelectric activity and sequencing of selected trunk muscles during isokinetic lifting, *Spine* 17 (1992) 225–229.
- [39] T. Patzer, P. Habermeyer, C. Hurschler, E. Bobrowitsch, J.R. Paletta, S. Fuchs-Winkelmann, M.D. Schofer, Increased glenohumeral translation and biceps load after SLAP lesions with potential influence on glenohumeral chondral lesions: a biomechanical study on human cadavers, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19 (2011) 1780–1787.
- [40] K. Pirruccio, J.D. Kelly, Weightlifting Shoulder Injuries Presenting to U.S. Emergency Departments: 2000–2030. *Int J Sports Med* 40 (2019) 528–534.
- [41] A. Pochini de Castro, C.V. Andreoli, P.S. Belangero, E.A. Figueiredo, B.B. Terra, C. Cohen, M. Andrade, S. dos, M. Cohen, B. Ejnisman, Clinical considerations for the surgical treatment of pectoralis major muscle ruptures based on 60 cases: a prospective study and literature review, *Am J Sports Med* 42 (2014) 95–102.
- [42] A. Raske, R. Norlin, Injury incidence and prevalence among elite weight and power lifters, *Am J Sports Med* 30 (2002) 248–256.
- [43] M. Ritsch, Evaluierung und Management der M. pectoralis major Ruptur, *Obere Extremität* 5 (2010) 179–185.
- [44] M. Ritsch, Trizepssehne. In: Ploaß C, Weisskopf, L (Hrsg) *Die Sehne*. DeGruyter, Berlin, S (2017) 129–134.
- [45] M. Ritsch, Operative Therapie der chronischen pectoralis major Ruptur, *Oper Orthop Traumatol* 30 (2018) 398–409.
- [46] M. Ritsch, Sportartspezifische Aspekte Bodybuilding. In: Grim C, Engelhardt M, Nehrer S (Hrsg) *Das Sportlerknie*. Thieme, Stuttgart, S (2020) 199–203.
- [47] J.B. Roedl, M. Nevalainen, F.M. Gonzalez, C.C. Dodson, W.B. Morrison, A.C. Zoga, Frequency, imaging findings, risk factors, and long-term sequelae of distal clavicular osteolysis in young patients, *Skeletal Radiol* 44 (2015) 659–666.
- [48] D.D. Savin, J. Watson, A.R. Youderian, S. Lee, J.E. Hammarstedt, M.R. Hutchinson, B.A. Goldberg, Surgical Management of Acute Distal Biceps Tendon Ruptures, *J Bone Joint Surg Am* 99 (2017) 785–796.
- [49] J. Siewe, J. Rudat, M. Röllinghoff, U.J. Schlegel, P. Eysel, J.W. Michael, Injuries and overuse syndromes in powerlifting, *Int J Sports Med* 32 (2011) 703–711.
- [50] N. Snir, M. Hamula, T. Wolfson, R. Meislin, E.J. Strauss, L.M. Jazrawi, Clinical outcomes after chronic distal biceps reconstruction with allografts, *Am J Sports Med* 41 (2013) 2288–2295.
- [51] J.L. Sollender, G.M. Rayan, G.A. Barden, Triceps tendon rupture in weight lifters, *J Shoulder Elbow Surg* 7 (1998) 151–153.
- [52] S. Taimela, U.M. Kujala, K. Osterman, Intrinsic risk factors and athletic injuries, *Sports Med* 9 (1990) 205–215.
- [53] R.P. van Riet, B.F. Morrey, E. Ho, S.W. O’Driscoll, Surgical treatment of distal triceps ruptures, *J Bone Joint Surg Am* 85 (2003) 1961–1967.
- [54] G. Walch, P. Boileau, E. Noel, S.T. Donnell, Impingement of the deep surface of the supraspinatus tendon on the posterosuperior glenoid rim: An arthroscopic study, *J Shoulder Elbow Surg* 1 (1992) 238–245.
- [55] W.L. Westcott, Resistance training is medicine: effects of strength training on health, *Curr Sports Med Rep* 11 (2012) 209–216.

Korrespondenzadresse. Mathias Ritsch, Sportortho-Rosenheim. Schön-Klinik Vogtareuth, Salinstr. 11, 83022 Rosenheim Tel.: 08031-900640. E-Mail: info@sportortho-ro.de

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect