

Zusammenfassung

Die Popularität von CrossFit-Training ist bei inzwischen über 11.000 Studios weltweit offensichtlich. Obwohl Vorteile für die Gesundheit durch CrossFit allgemein anerkannt sind, birgt das Training ein gewisses Verletzungsrisiko. Akute und chronische Verletzungen sind in der Literatur bereits beschrieben worden. Der Schulterkomplex zählt zu den am häufigsten durch Verletzungen betroffenen Regionen. Das Ziel dieser Arbeit ist es, einen Überblick über die Häufigkeit, Genese und Morphologie von Schulterverletzungen im CrossFit und verwandten Sportarten darzustellen.

Schlüsselwörter

CrossFit– Schulterverletzungen– Gewichtheben– Hanteltraining– Kraftsport

E. von Rottkay et al.

Shoulder Injuries in CrossFit and related disciplines**Summary**

The popularity of CrossFit training is continuously increasing. Currently, there are more than 11,000 CrossFit training centers registered worldwide. CrossFit training is beneficial for general health. Common training routine, however, bears the risk of musculoskeletal injury. Both acute and chronic injuries have previously been described in the literature. These injuries most commonly involve the shoulder region. Therefore, the aim of the current report is to summarize the incidence, cause and morphology of shoulder injuries associated with CrossFit and related disciplines.

Keywords

CrossFit– Shoulder injuries– Weightlifting– Powerlifting– Resistance training

REVIEW

Schulterverletzungen im CrossFit und verwandten Sportarten

Eberhard von Rottkay^{1,2}, Ulrich Nöth¹, Jochen Zinner², Johannes C. Reichert¹

¹Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Ev. Waldkrankenhaus Spandau, Berlin

²Lehrstuhl für Leistungsdiagnostik und Leistungssport, Hochschule für Gesundheit & Sport

Eingegangen/submitted: 26.06.2017; überarbeitet/revised: 05.12.2017; akzeptiert/accepted: 28.12.2017
Online verfügbar seit/Available online: xxx

Einleitung

CrossFit ist sowohl ein bekanntes amerikanisches Unternehmen als auch eine Fitnesssportart, welche von Greg Glassman und Lauren Jenai im Jahr 2000 gegründet wurde. In Deutschland trainieren mittlerweile rund 23.000 Menschen regelmäßig in über 190 sogenannten Crossfitboxen [19]. Crossfit vereint Elemente des hochintensiven Intervalltrainings mit Elementen des olympischen Gewichthebens, Schnellkrafttraining, Turnen, Strongmantechniken, Kraftdreikampf, Körpergewichtstraining und Kettlebell in einem sogenannten Workout of the day (WOD) [Abb. 1]. Durch die Kombination der verschiedenen Elemente soll ein ganzheitlich funktionales Training nicht nur der Skelettmuskulatur, sondern auch der Propriozeption und des Stützapparates erreicht werden. Trainingsziel ist die Verbesserung der kardiovaskulären und respiratorischen Ausdauer, Kraftzuwachs, Ausbau der koordinativen Fähigkeiten und Schnelligkeit. Eine Trainingseinheit setzt sich aus einer Aufwärmphase, einer Koordinations- oder Technikeinheit, einem anschließenden Hochintensivintervalltraining und einer Dehneinheit zusammen und dauert nicht länger als 45 Minuten. Ein weiterer Aspekt ist das Trainieren in Gruppen. Dadurch wird die gegenseitige Motivation und die soziale Komponente des

Miteinanders gefördert sowie schneller ein höheres Leistungsniveau erreicht.

Verletzung der Schulter

Speziell Trendsportarten wie CrossFit, Kettlebells Training und Calisthenics führen zu einer Vielzahl von akuten und chronischen Verletzungen des Schultergelenkes. Fünf bis acht Prozent aller akuten Verletzungen des Körpers betreffen das Schultergelenk, ca. 3% sind Überlastungsschäden. Dreißig Prozent aller akuten Verletzungen sind Luxationen. Bei den chronischen Verletzungen treten die instabilitätsassoziierten Impingementsyndrome der Schulter sowie Bizepssehnenpathologien in den Vordergrund [5], des Weiteren Weichteilverletzungen der Rotatorenmanchette sowie Verletzungen des AC-Gelenkes [15]. Zu den Verletzungen der Schulter zählen auch seltene Pathologien der peripheren Nerven, wie die Verletzungen des Nervus suprascapularis und der Äste des Plexus brachialis [16].

Fragestellung

Die moderne Leistungsgesellschaft legt einen immer größeren Wert auf Sport, Lifestyle und Gesundheit. Jedoch besteht der Anspruch, dies alles mit einem bereits

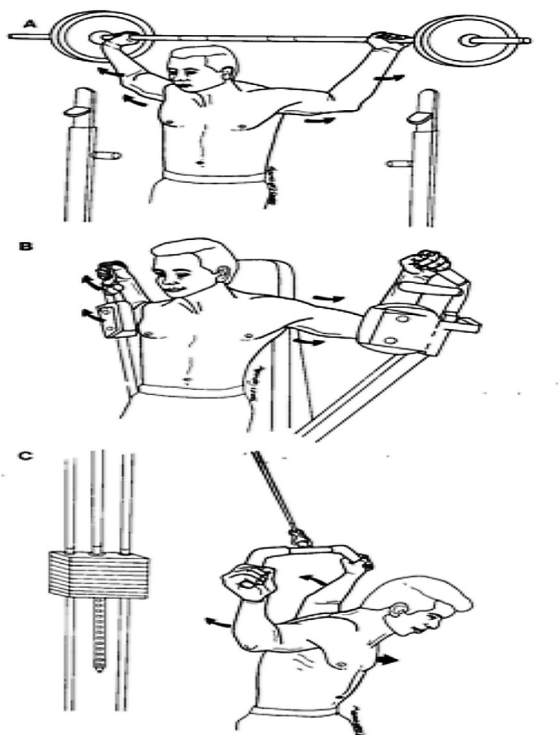


Abbildung 1 Darstellung geläufiger Übungen im Kraftsport, die eine Extension, Außenrotation und Abduktionsbewegung produzieren. A: Military press (Schwerpunkt hinter dem Körper), B: Butterfly (maximale Dehnung mit Ellbogen hinter dem Körper), C: Pulldowns (vorgebeugte Körperposition in Außenrotation, Extension und Abduktionstellung der Arme) [14].

durchorganisierten Arbeitsalltag zu kombinieren. Sportliche Aktivität soll die maximale Ganzkörperfitness innerhalb kürzester Zeit ermöglichen. Diese Anforderungen erfüllt die Trainingsmethode CrossFit. Mit seinem Motto „moving large loads, over long distance and to do so quickly“ hat der Begründer Greg Glassman den Geist der Zeit getroffen und CrossFit hat eine enorme Popularität erlangt. In dieser vorliegenden Literaturrecherche soll analysiert werden, ob die versprochenen Ziele wie eine deutliche Verbesserung der Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit und Beweglichkeit in kürzester Zeit mit einem erhöhten Verletzungsrisikos der Schulter einhergehen.

Hierfür standen nach Auswahl der Fachliteratur 150 Artikel zur Verfügung. Den Ein- und Ausschlusskriterien entsprechend wurden 14 Artikel dieser Arbeit zugrunde gelegt. Aus diesen wurden die häufigsten Schulterverletzungen entnommen und in Relation zu den geleisteten Trainingsstunden gesetzt, um so einen Vergleich mit anderen Sportarten zu ermöglichen.

Literaturrecherche

Im Juli 2015 wurde unter Verwendung definierter Stichworte (shoulder + CrossFit, shoulder + powerlifting, shoulder + weightlifting, shoulder + gymnastic, shoulder + strongman)

systematisch nach wissenschaftlichen Aufsätzen und Artikeln in den Datenbanken Pubmed, Cochrane Library sowie Google scholar gesucht. Hierbei ist anzumerken, dass es zum Zeitpunkt der Recherche lediglich einen Artikel mit dem Thema Schulterverletzungen im Crossfit gab. Die unten stehende Tabelle gibt einen Überblick über die Suchergebnisse (Tabelle 1).

Selektion

Die Abstracts der einzelnen Artikel wurden hinsichtlich ihrer Relevanz zum Thema gesichtet und nach folgenden Ein- bzw. Ausschlusskriterien ausgewählt. Als primäres Einschlusskriterium wurde die Untersuchung von Schulterverletzungen im CrossFit sowie in verwandten Sportarten festgelegt. Hierbei fiel auf, dass viele Studien zwar die biomechanischen Besonderheiten in den jeweiligen Sportarten eingehend erörtern, jedoch nicht näher auf davon abgeleitete Verletzungen im Schulterbereich eingehen (Tab. 2). Einzelfallberichte wurden in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt. Insgesamt wurde eine Anzahl von 14 Artikeln und deren Sekundärliteratur in die Übersichtsarbeit aufgenommen. In allen Arbeiten wurden die Verletzungen pro 1000 Trainingsstunden angegeben.

Ergebnisse

Es ergaben sich erhebliche Unterschiede in Bezug auf den Umfang der Studien zu den einzelnen Suchbegriffen. Wie eingangs erwähnt gab es zum Thema CrossFit und Schulterverletzungen an sich zum Zeitpunkt der Recherche nur eine einzige Studie. In der Sekundärliteratur zu den sportartverwandten Bereichen, die die Grundelemente des CrossFit bilden, fanden sich jedoch insgesamt

Tabelle 1. Überblick der verwendeten Suchbegriffe und Resultate in den verwendeten Datenbanken.

Stichwörter	Pubmed	Cochrane library	Goolge scholar
Shoulder + Crossfit	1	0	1250
Shoulder + powerlifting	6	0	1300
Shoulder + weightlifting	27	0	6590
Shoulder + gymnastic	113	0	20300
Shoulder + strongman	3	0	3360

Tabelle 2. Überblick über die einzelnen Verletzungen der Schulter aufgeteilt in akute und chronische Verletzungen. Auf Grund der unterschiedlichen Studiendesigns konnte dies nicht für alle Arbeiten dargestellt werden. In der Arbeit von Winwood et al. wurden zu dem Verletzungen des M. Biceps brachii differenziert (Dargestellt in der zweiten Zeile).

Sportarten	chronisch	akut	unspezifisch	
Gewichtheben Kraftdreikampf	67%	25%	7%	Calhoon et al.
	39%	61%		Goertzen et al.
	41%	59%		Keogh et al.
	29%	71%		Siewe et al.
Turnen	k.a.	k.a.	71%	Gerhardt et al.
	k.a.	k.a.	46%	Caraffa et al.
			100%	De Carli et al.
Strongman	k.a.	59%	41%	Winwood et al.
	68%	32%		M.Biceps brachii
CrossFit	k.a.	k.a.	26%	Hak et al.

14 Arbeiten. Mit Ausnahme der Arbeit von Hak et al. beinhaltet die gewählte Literatur ausschließlich Untersuchungen an Wettkampfsportathleten.

Verletzungen des Schultergürtels

Der Schulterkomplex ist auf Grund der anatomischen Besonderheiten besonders anfällig für Verletzungen während des Trainings mit Gewichten. Traditionell als nicht gewichttragendes Gelenk von der Evolution geformt, wird die Schulter durch wiederholtes Heben von Lasten einem enormen Stress ausgesetzt [5,9,14,15]. Durch das Training während CrossFit und ähnlichem Gewichtstraining wird die Schulter häufig repetitiv unter

Belastung in eine besonders ungünstige Position bewegt. Kolber et al. beschreiben diese als sogenannte High Five Position, eine maximale Außenrotation der Schulter in 90° Abduktion [9,10]. Diese Haltung wird in verschiedenen Übungen, wie z.B. Bankdrücken, Schulterdrücken u. ä. eingenommen. Diese Position begünstigt eine vordere Schulterinstabilität sowie ein Impingement [9,14]. Die High Five Position führt durch eine vermehrte Belastung des vorderen Schultergewebes insbesondere des inferioren glenohumeralen Bandapparates zu einer erhöhten Mobilität. Hieraus bedingt sich langfristig eine Instabilität der Schulter [Abb. 1, Abb. 2] [14]. Im Kontrast hierzu konnten Kolber et al. bei Kraftsportlern eine verminderte Innenrotation und eine Steifheit der hinteren Kapsel

nachweisen [14]. Ein weiteres Risiko besteht durch ein Missverhältnis der Muskeln, da häufig die kleinen Stabilisatoren der Schulter vernachlässigt werden. So beschreiben Kolber et al. eine Schwäche der Schulterblattmuskulatur und der Rotatorenmanschette sowie ein Missverhältnis der Innen- zu den Außenrotatoren, des M. deltoideus zu den Außenrotatoren und des cervicalen Anteils des M. trapezius zu den caudalen [14]. Diese Kombination aus wiederkehrenden Belastungen, ungünstigem Bewegungsablauf und unausgewogenen Übungen erhöht zudem das Risiko für Verletzungen [9,14].

Die Ergebnisse dieser Übersichtsarbeit beziehen sich auf Schulterverletzungen in den des CrossFit zu Grunde liegenden Sportarten. So beschreiben Winwood et al. ein erhöhtes Verletzungsrisiko der Schulter und der langen Bizepssehne bei Strongman spezifischem Training, welches in ähnlicher Weise im CrossFit zum Einsatz kommt, zudem ein deutlich erhöhtes Verletzungsrisiko bei Trainingseinheiten mit 70–90% des Ein- Wiederholungsmaximums [20].

Schulterverletzungen im Gewichtheben

Die Inzidenz von Schulterverletzungen im olympischen Gewichtheben liegt nach Calhoon et al. bei 867 Verletzungen in sechs Jahren. Insgesamt bedeutet dies eine Verletzungswahrscheinlichkeit von 3,3 pro 1000 Trainingsstunden. Hiervon sind 560 (64,3%) der 867 Verletzungen als trainingsassoziierte Verletzungen beschrieben, darunter 99 Verletzungen der Schulter, wovon 67 akut, 25 chronischer Natur und sieben nicht näher bezeichnete waren. Calhoon et al. unterschieden in ihrer Arbeit akute Zerrungen (54) von chronischen Tendinitiden (24) und anderen Verletzungen [2].

Schulterverletzungen im Kraftdreikampf

Siewe et al. untersuchten 245 aktive Kraftdreikämpfer, von denen 130 über Schulterbeschwerden während des Trainings berichteten. 55 Kraftdreikämpfer gaben diffuse Schmerzen an, 48 beklagten eine Entzündung, 32 eine Verletzung der Rotatorenmanschette, 23 ein Impingement-Syndrom der Schulter, 23 Schleimbeutelentzündungen, 15 Arthrose, acht Schulterluxationen, drei eine Instabilität und acht nicht näher bezeichnete Verletzungen [18]. Die Arbeit von Goertzen et al. fasst 60 Kraftdreikämpfer zusammen, hier wurden bei 19 Verletzungen der Schulter und bei sechs Entzündungen der langen Bizepssehne beschrieben. Darüber hinaus untersuchten Goertzen et al. 358 Bodybuilder und fanden bei 127 nicht näher definierte Beschwerden im Bereich der Schulter sowie bei 13 Entzündungen der Bizepssehne [8]. Keogh et al. beschreiben eine Verletzungsrate von 4,4/1000 Trainingsstunden [12]. Mit einer Verletzungsrate von lediglich 0,3/1000 Trainingsstunden sind Verletzungen im Bodybuilding eine Seltenheit [17].

Schulterverletzungen im Turnen

Die Literatur zu diesem Gebiet ist sehr umfangreich, jedoch werden im Bereich des CrossFit nur sehr vereinzelte grundlegende Elemente dieser Sportart herangezogen. Zusätzlich ist der Trainingsumfang der Elemente deutlich reduziert, sodass sich nur wenige Arbeiten zu einem Vergleich heranziehen lassen. In der Arbeit von Gerhardt et al. ist die Häufigkeit von unspezifischen Schulterbeschwerden mit 69% bei männlichen Kaderathleten beschrieben [7]. In der Arbeit von Caraffa et al. wurden 13 Leistungsturner

untersucht, von denen sechs über Beschwerden im Sinne einer SLAP Läsion klagten [3]. Bei De Carli et al. wurden 21 Turner untersucht, hiervon gaben alle therapiebedürftige Schulterverletzungen bzw. Schulterbeschwerden an [4].

Schulterverletzungen bei Strongman

Auch zu diesem Thema konnte in der Literatur nur eine einzige Arbeit gefunden werden. Diese untersuchte retrospektiv die Verletzungen in dieser zunehmend populären Sportart bei 213 Strongman-Veranstaltungen aus 19 Ländern [20]. Es wurden 54 Verletzungen der Schulter und 28 Verletzungen des M. biceps brachii beschrieben. Bei den Schulterverletzungen wurden 16 Muskelzerrungen, 13 Sehnenzerrungen, drei Bandverletzungen, eine Fraktur sowie drei weitere und 18 unsichere Verletzungen beschrieben. Bei den Verletzungen des Bizeps wurden 9 Muskelzerrungen, 17 Tendinitiden der Bizepssehne sowie eine Bandverletzung und eine nicht näher bezeichnete Verletzung beschrieben. Insgesamt beschreiben Winwood et al. 5,5 Verletzungen pro 1000 Trainingsstunden [20].

Schulterverletzungen im CrossFit

Zu diesem Thema konnte in der Literatur nur die Arbeit von Hak et al. gefunden werden. In dieser sind 132 Personen zu ihren Verletzungen im CrossFit befragt worden. Es ergaben sich 186 Verletzungen über eine mittlere Trainingszeit von 18,6 Monaten. Hiervon waren 48 Verletzungen der Schulterregion angegeben worden, ohne diese zu spezifizieren. Insgesamt ergab sich eine Verletzungsrate von 3,1/1000 Trainingsstunden [10].

Kolber et al. beschreiben in ihrer Publikation über Schulterverletzungen im allgemeinen Kraftsport, dass bis zu 36% aller Kraftsportler Verletzungen an der Schulter erleiden [12,14].

Diskussion

Schulterverletzungen zählen zu den häufigsten Verletzungen im olympischen Gewichtheben [2,9]. Calhoon et al. führen an, dass die Fähigkeiten, Beweglichkeit und Kraft der untersuchten Wettkampfsportler präventiv gegenüberstehen [2], wobei auch in dieser Arbeit die High Five Position, z. B. beim Stoßen, ein erhebliches Risiko für Schulterverletzungen darstellt [Abb. 1, Abb. 2] [2,9].

Kraftdreikampf ist eine Sportart, in der die Belastung des muskuloskeletalen Systems enorm sein kann. Aus diesem Grund besteht die weitläufige Meinung, dass diese Sportart grundsätzlich gefährlich sei und einen hohen Prozentsatz schwerwiegender Verletzungen bedingt. Jedoch liegt auch hier das Verletzungsrisiko und vor allem die Schwere der Verletzungen auf einem niedrigen Niveau [12].

Die hohe Anzahl der Schulterverletzungen im Turnsport relativiert sich im Bezug zum CrossFit Training, da die meisten schulterbelastenden Übungen hier nicht zur täglichen Trainingsroutine zählen und im Alltag nur von den wenigsten Sportlern durchgeführt werden [4].

Trotz der hohen Rate an Verletzungen beim Strongman Training erleiden die meisten Athleten leichte bzw. moderate Verletzungen im Gegensatz zu Kraftdreikämpfern [12,20].

Jedoch konnte in den Arbeiten von Siewe et al., Görtzen et al. und Keogh et al. keine erhöhte Anzahl schwerwiegender Verletzungen festgestellt werden [8,12,17,18]. Bei



Abbildung 2

Darstellung der sog. High-Five Position. Im Kleinen ist die Humeruskopfstellung sowie die Position des inferioren Glenohumeralen Bandes dargestellt [14].

einer Verletzungshäufigkeit von 4,4/1000 Trainingsstunden bezogen sich 36% aller Verletzungen auf die Schulter, jedoch führten die wenigsten zu einer längeren Unterbrechung oder gar zum Abbruch des Trainings [8,12,14,17,18]. Strongman spezifische Trainingsmethoden wie Stone walk, yoke walk, Tire Flip sind vor allem für Verletzungen der langen Bizepssehne verantwortlich [20]. CrossFit Trainingsprogramme sind häufig auf Leistung und Wettkampf ausgelegt und somit prädisponierend für Verletzungen der Schulter [14]. Eine unsaubere Technik und unausgewogene Übungsauswahl sowie ungünstige Schulterpositionen in Kombination mit der Tatsache, hohe Lasten über einen möglichst langen Zeitraum bis zum Muskelversagen zu bewegen, erhöhen dieses Risiko ungemein [8,10,12,14]. Aus diesem

Grund bezieht ein WOD immer eine Aufwärmphase, eine Koordinations- oder Technikeinheit sowie eine Dehneinheit mit in das Training ein.

Verletzungen im Vergleich mit anderen Sportarten

Die in der Literatur angegebenen Verletzungshäufigkeiten pro 1000 Trainingsstunden beziehen sich in den angegebenen Arbeiten immer auf die Gesamtverletzungswahrscheinlichkeit in der jeweiligen Sportart. Jedoch liegt die Schulter mit einer Häufigkeit von bis zu 36% unter den am häufigsten von Verletzungen betroffenen Gelenken [8,12,14,15]. So konnten Hak et al. eine Verletzungshäufigkeit von 3,1/1000 Trainingsstunden im CrossFit feststellen. In den verwandten

Sportarten konnten ähnliche Verletzungshäufigkeiten beschrieben werden [11,12,14,15,17,18]. Im Vergleich mit anderen Sportarten konnten Siewe et al. im Bodybuilding ein Verletzungsrisiko von lediglich 0,24/1000 h nachweisen [17,18]. Nicht verwandte und ebenso populäre Sportarten wie Handball, Volleyball, Rugby, American Football, Fußball erreichen Verletzungshäufigkeiten von 13,5 – 83/1000 h [1,6,13,17,18]. Dies ist wahrscheinlich dadurch bedingt, dass es sich um Kontakt- und Mannschaftssportarten handelt, die per se ein höheres Verletzungsrisiko aufweisen. Für andere im Trend liegende Einzelsportarten wie Rudern (3,7/1000 h) oder Boxen (2,0/1000 h) ist ein zum CrossFit vergleichbares Verletzungsrisiko in der Literatur beschrieben [17,18,21].

Fazit

CrossFit ist eine an Popularität zunehmende Sport- und Trainingsart, in der eine Vielzahl von Athleten im Laufe des Trainings über Schmerzen und Probleme im Bereich der Schulter klagen. Die durchgeführten Übungen führen insbesondere bei vorhandener Prädisposition häufig zu spezifischen Verletzungsmustern im Bereich des Schultergürtels. Die Kenntnis dieser Verletzungen ist Grundvoraussetzung für die korrekte Diagnostik und die individuelle Behandlung von Arzt, Trainer und Physiotherapeut.

Im Vergleich zu anderen Trendsportarten ist das Verletzungsrisiko trotz der oben erwähnten Risikofaktoren gering, auch wenn hier bisher lediglich wenig Literatur zur Verfügung steht. Im Bereich des CrossFit sollte die Modifizierung von besonders schulterbelastenden Übungen in Erwägung gezogen werden sowie eine strukturierte Belastungsprogression und Periodisierung durchgeführt

werden. Ebenfalls sollte zur Vorbeugung von Verletzungen trotz schneller Bewegungsausführung auf die technisch saubere Ausführung vor allem am Rande der Ermüdung geachtet werden. Die Belastung sollte durch den Trainer bestenfalls bei technischem Versagen, nicht erst bei physischem Versagen abgebrochen werden.

Um weitere spezifische Aussagen über das Verletzungsrisiko insbesondere des Schulterkomplexes treffen zu können, sind weitere Untersuchungen notwendig.

Interessenkonflikt

Es liegt kein Interessenkonflikt vor.

Literatur

- [1] A.W. Baltzer, P.D. Ghadamgahi, M. Granrath, H.J. Pospel, American football injuries in Germany. First results from Bundesliga football, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 5 (1997) 46–49.
- [2] G. Calhoun, A.C. Fry, Injury rates and profiles of elite competitive weightlifters, *J Athl Train* 34 (1999) 232–238.
- [3] A. Caraffa, G. Cerulli, A. Rizzo, V. Buompadre, S. Appoggetti, M. Fortuna, An arthroscopic and electromyographic study of painful shoulders in elite gymnasts, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 4 (1996) 39–42.
- [4] A. De Carli, L. Mossa, M. Larciprete, M. Ferretti, G. Argento, A. Ferretti, The gymnast's shoulder MRI and clinical findings, *J Sports Med Phys Fitness* 52 (2012) 71–79.
- [5] R. Doyscher, K. Kraus, B. Finke, M. Scheibel, [Acute and overuse injuries of the shoulder in sports], *Orthopade* 43 (2014) 202–208.
- [6] T.J. Gabbett, R.J. Godbolt, Training injuries in professional rugby league, *J Strength Cond Res* 24 (2010) 1948–1953.
- [7] C. Gerhardt, R. Doyscher, H.P. Boschert, M. Scheibel, [The gymnastics shoulder], *Orthopade* 43 (2014) 230–235.
- [8] M. Goertzen, K. Schoppe, G. Lange, K.P. Schultiz, [Injuries and damage caused by excess stress in body building and power lifting], *Sportverletz Sportschaden* 3 (1989) 32–36.
- [9] M.L. Gross, S.L. Brenner, I. Esformes, J. J. Sonzogni, Anterior shoulder instability in weight lifters, *Am J Sports Med* 21 (1993) 599–603.
- [10] P.T. Hak, E. Hodzovic, B. Hickey, The nature and prevalence of injury during CrossFit training, *J Strength Cond Res* (2013).
- [11] H.A. Haupt, Upper extremity injuries associated with strength training, *Clin Sports Med* 20 (2001) 481–490.
- [12] J. Keogh, P.A. Hume, S. Pearson, Retrospective injury epidemiology of one hundred one competitive Oceania power lifters: the effects of age, body mass, competitive standard, and gender, *J Strength Cond Res* 20 (2006) 672–681.
- [13] N.M. Killen, T.J. Gabbett, D.G. Jenkins, Training loads and incidence of injury during the preseason in professional rugby league players, *J Strength Cond Res* 24 (2010) 2079–2084.
- [14] 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.
- [15] M. König, K. Biener, Sport-specific injuries in weight lifting, *Schweiz Z Sportmed* 38 (1990) 25–30.
- [16] K.R. Lodhia, B. Brahma, J.E. McGillicuddy, Peripheral nerve injuries in weight training: sites, pathophysiology, diagnosis, and treatment, *Phys Sportsmed* 33 (2005) 24–37.
- [17] J. Siewe, G. Marx, P. Knoll, P. Eysel, K. Zarghooni, M. Graf, C. Herren, R. Sobotke, J. Michael, Injuries and overuse syndromes in competitive and elite bodybuilding, *Int J Sports Med* 35 (2014) 943–948.
- [18] J. Siewe, J. Rudat, M. Rollinghoff, U.J. Schlegel, P. Eysel, J.W. Michael, Injuries and overuse syndromes in powerlifting, *Int J Sports Med* 32 (2011) 703–711.
- [19] J. Villwock, CrossFit in Deutschland 2015, *Fitogram GmbH* (2015) 5–17.
- [20] P.W. Winwood, P.A. Hume, J.B. Cronin, J.W. Keogh, Retrospective injury epidemiology of strongman athletes, *J Strength Cond Res* 28 (2014) 28–42.
- [21] T. Zazryn, P. Cameron, P. McCrory, A prospective cohort study of injury in amateur and professional boxing, *Br J Sports Med* 40 (2006) 670–674.

Korrespondenzadresse:
E-Mail: Eberhard.vonRottkay@pgdiakonie.de

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect