

Eine Übersicht der Literatur

Vitamin-D-Mangel und Stressfrakturen im Sport

Prof. Dr. med. Beat Knechtle^{a,b}; Prof. Zbigniew Jastrzębski^c; Pantelis Theodoros Nikolaidis^{d,e}, PhD

^a Medbase St. Gallen Am Vadianplatz, St. Gallen; ^b Institut für Hausarztmedizin, Universität Zürich, Zürich; ^c Gdansk University of Physical Education and Sport, Gdansk, Poland; ^d Exercise Physiology Laboratory, Hellenic Air Force Academy, Athens, Greece; ^e School of Health and Caring Sciences, University of West Attica, Athens, Greece

Stressfrakturen werden allgemein als Frakturen bei Sportlerinnen und Sportlern mit einer schlechten Knochenqualität angesehen, meist im Rahmen einer Essstörung wie etwa der «female athlete triad». Diese Übersicht stellt die Literatur zu Vitamin-D-Mangel als Ursache von Stressfrakturen zusammen. Aufgrund des aktuellen Wissens sollte jede und jeder Sporttreibende auf einen Vitamin-D-Mangel hin untersucht werden, um das Risiko für eine Stressfraktur zu minimieren.

Einleitung

Der Begriff der Stressfraktur ist in der Ärzteschaft, unter Therapiefachleuten und Athletinnen und Athleten geläufig. Viel weniger bekannt ist die Tatsache, dass Vitamin D zentral in der Entwicklung von Stressfrakturen ist [1–3]. In dieser Übersicht stellen wir den aktuellen Wissensstand zum Zusammenhang zwischen Vitamin D und Stressfrakturen im Sport zusammen.

Risikofaktoren für Stressfrakturen

Es gibt viele verschiedene Risikofaktoren, die in intrinsische und extrinsische Faktoren unterteilt werden können, eine geringe Vitamin-D-Einnahme ist beispielsweise einer der extrinsischen Faktoren (Übersetzung und Wiedergabe der nachfolgenden Aufzählung mit freundlicher Genehmigung von Wolters Kluwer Health, Inc. aus [4]: Denay KL. Stress Fractures. Curr Sports Med Rep. 2017;16(1):7–8. doi:10.1249/JSR.0000000000000320. <https://journals.lww.com/acsm-csmr>. Copyright © 2017 by the American College of Sports Medicine [s. Anmerkung 1 am Schluss des Artikels]):

Extrinsische Faktoren beinhalten:

- Intensives Trainingsprogramm/Varianten
- Ungeeignetes oder abgenutztes Schuhwerk
- Harte Trainingsunterlage
- Art der Sportdisziplin – zum Beispiel Laufen > Schwimmen
- Geringe Einnahme von Vitamin D und/oder Kalzium
- Muskelermüdung (neuromuskuläre Hypothese)

Intrinsische Faktoren können beinhalten:

- Tiefe Knochendichte
- Geschlecht: weiblich > männlich
- Stressfraktur in der Anamnese
- Hormonstatus: späte Menarche (im Alter von >15 Jahren), Oligo- oder Amenorrhoe
- Body Mass Index (BMI) <19 kg/m²
- Geringe Kalorienzufuhr und/oder Essstörung
- Systemische Erkrankung mit Einfluss auf Metabolismus und/oder Ernährungszustand, wie z.B. eine Schilddrüsendysfunktion

Definition von Vitamin-D-Mangel

Die Definition eines Vitamin-D-Mangels ist nicht einheitlich. Allgemein darf angenommen werden, dass ein Vitamin-D-Defizit bei einer Serumkonzentration von 30 nmol/l (12 ng/ml) 25-Hydroxy-Vitamin-D₃ (25[OH]D) vorliegt. Eine Vitamin-D-Insuffizienz liegt bei einer Serumkonzentration von 50 nmol/l (20 ng/ml) vor. Werte von 75 nmol/l 25(OH)D weisen auf eine genügende Vitamin-D-Versorgung hin [5]. Eine Serumkonzentration von mindestens 50 nmol/l (20 ng/ml) oder besser 90–100 nmol/l (36–40 ng/ml) wird als Richtwert angenommen, dass keine Stressfraktur aufgrund eines Vitamin-D-Mangels auftreten kann [6].

Die Bedeutung von Vitamin D für den Knochen

Es ist unbestritten, dass Vitamin D beim sportlich aktiven Menschen für den Knochenstoffwechsel von



Beat Knechtle

zentraler Bedeutung ist [7–10]. Eine genügend hohe Vitamin-D-Zufuhr scheint für gewisse Sportlerinnen und Sportler und deren Knochen wichtig, gerade wenn eine Limite für das Körpergewicht entscheidend ist. Bei jungen männlichen Jockeys führte die tägliche Zufuhr von 800 mg Kalzium und 400 IE Vitamin D zu einer Verbesserung von Metaboliten des Knochenstoffwechsels [9]. Vor allem bei professionellen Jockeys liegen in einem grossen Prozentsatz eine tiefe Knochendichte, ein tiefer BMI sowie ein hoher Knochen-Turnover vor, der auf das tiefe Gewicht und die Mangelernährung zurückgeführt wird [11]. Bei Schwimmerinnen und Schwimmern zeigte sich, dass die tägliche Supplementierung mit 4000 IE Vitamin D eine günstige und effiziente Massnahme war, um sowohl den Spiegel von Vitamin D als auch die Knochenmasse zu erhöhen [12].

Stressfrakturen als Folge eines Vitamin-D-Mangels im Sport

Ein längerer Mangel an Vitamin D kann bei Sportlerinnen und Sportlern zu Stressfrakturen führen [13–19]. In einer kontrollierten Studie konnte gezeigt werden, dass eine Vitamin-D-Insuffizienz mit einer erhöhten Inzidenz für eine Fraktur des Os metatarsale V assoziiert war [20]. In einer prospektiven Studie mit 800 finnischen Rekruten konnte ein 25(OH)D-Wert von $<75,8$ nmol/l als Risikofaktor für eine Stressfraktur identifiziert werden [21].

Prävalenz von Stressfrakturen

Stressfrakturen sind das Resultat einer Überbelastung des Knochens durch andauernde Belastung [22, 23]. Eine Stressfraktur entsteht durch eine dauerhafte Überlastung eines gesunden Knochens. Etwa 70% aller Stressfrakturen treten bei Leistungssporttreibenden auf. Davon zu unterscheiden ist die Insuffizienzfraktur, die durch Überlastung eines erkrankten Knochens entsteht. Die Grundkrankheit, wie etwa Osteoporose, verändert den Knochen so, dass er porös und nicht mehr normal belastbar ist. Stressfrakturen sind bei Sportlerinnen und Sportlern nicht selten und treten bei etwa 20% auf [24]. Die meisten Sportlerinnen und Sportler mit einer Stressfraktur sind unter 25 Jahre alt [25, 26]. Stressfrakturen können jeden sportlich aktiven Menschen vom Wochenendsport- bis zum Spitzensporttreibenden betreffen [27]. Etwa ein Drittel betreibt Hobbysport, zwei Drittel Elitesport [25]. Langstreckenlaufen und weibliches Geschlecht scheinen die grössten Risikofaktoren für eine Stressfraktur zu sein [23, 28, 29]. Durch eine Stressfraktur werden Training und Wettkampftätigkeit des Betroffe-

nen teils stark eingeschränkt aufgrund von Pause, Reduktion der Aktivität, Therapie und Rehabilitation.

Stressfrakturen und Sportarten

Stressfrakturen scheinen von der Sportart abhängig zu sein [23, 30–33]. Gewisse Sportarten scheinen gehäuft zu einer Stressfraktur zu führen. Tabelle 1 stellt die Verteilung nach Sportarten anhand von 671 Stressfrakturen bei 11778145 Athletinnen und Athleten zusammen [34]. Die Daten stammen aus der «National Collegiate Athletic Association» (NCAA) aus den Jahren 2004–2005 bis 2013–2014. Die Stressfrakturen treten relativ betrachtet (>10 Stressfrakturen pro 100 000 Athletenexpositionen) häufiger bei Frauen und in den Sportarten Cross-Country, Gymnastik, Leichtathletik, Basketball und Hallenleichtathletik auf. Bei den Männern nur in der Sportart Cross-Country.

In anderen Studien gibt es vergleichbare Resultate. In einem Kollektiv von fast 15 000 Sportlerinnen und Sportlern zeigte sich folgende Verteilung: Basketball (21,3%), Baseball (13,7%), Leichtathletik (11,4%), Rudern (9,5%), Fussball (8,4%), Aerobic (5,3%) und klassisches Ballett (4,9%) [25]. In einer Studie wurden 279 Basketballspieler über den Zeitraum von 2009–2013 untersucht. Bei 73,5% aller Spieler lag ein Vitamin-D-Mangel vor und 118 Spieler (42,3%) erlitten in diesem Zeitraum mindestens eine Fraktur [13].

Personen, die Ausdauersport wie Laufen, Radfahren und Schwimmen treiben, weisen oft eine geringere Knochendichte auf als solche aus Ball- und Kraftsportarten [23, 35]. Die Knochendichte von ersteren kann gar geringer sein als die von inaktiven Menschen [35]. Die tiefe Knochendichte kann das Risiko von Stressfrakturen erhöhen, insbesondere weil Ausdauersporttreibende über Jahre trainieren und Wettkämpfe bestreiten [35].

Langstreckenläuferinnen und -läufer erleiden eher eine Stressfraktur der unteren Extremität [32]. Schwimmsporttreibende ziehen sich eher eine Stressfraktur der Rippen zu als Athletinnen und Athleten in anderen Sportarten [31]. Rippenfrakturen sind auch gehäuft beim Rudern [36]; als Risikofaktoren gelten hier ein tiefes Kalzium, ein tiefes Vitamin D, Essstörungen sowie ein tiefes Testosteron [36].

Lokalisation von Stressfrakturen

Die untere Extremität scheint generell vermehrt betroffen zu sein von Stressfrakturen [20, 23, 25, 26, 37–39]; und zwar in folgenden Regionen (in absteigender Reihenfolge der Inzidenz): Tibia, Fusswurzelknochen, Metatarsalia, Femur, Fibula und Becken [4].

Die Lokalisation der Stressfrakturen nach Körperregion scheint auch von der Sportart abzuhängen. Tabelle S1 im Online-Appendix des Artikels stellt die Verteilung nach

Tabelle 1: Stressfrakturen nach Sportarten und Geschlecht, sortiert nach Häufigkeit (modifiziert und übersetzt aus [34]: Rizzone KH, Ackerman KE, Roos KG, Dompier TP, Kerr ZY. The Epidemiology of Stress Fractures in Collegiate Student-Athletes, 2004–2005 Through 2013–2014 Academic Years. J Athl Train. 2017;52(10):966–75. © 2017 by the National Athletic Trainers' Association, Inc; this is an article published under a open access license).

Sportart	Athletenexpositionen	Stressfrakturen pro 100 000 Athletenexpositionen (95% CI)
Cross-Country Frauen	139918	28,59 (19,73, 37,45)
Gymnastik Frauen	101636	25,58 (15,75, 35,41)
Leichtathletik Frauen	170699	22,26 (15,18, 29,34)
Cross-Country Männer	136289	16,14 (9,40, 22,89)
Basketball Frauen	783600	14,04 (11,41, 16,66)
Hallenleichtathletik Frauen	214920	11,63 (7,07, 16,19)
Tennis Frauen	72492	9,66 (2,50, 16,81)
Basketball Männer	868631	8,29 (6,37, 10,20)
Lacrosse Frauen	287856	7,64 (4,45, 10,84)
Fussball Frauen	772048	7,38 (5,47, 9,30)
Leichtathletik Männer	180466	7,20 (3,29, 11,12)
Volleyball Frauen	563845	6,03 (4,00, 8,06)
Feldhockey Frauen	185984	5,91 (2,42, 9,41)
Hallenleichtathletik Männer	195562	4,60 (1,60, 7,61)
Fussball Männer	686918	4,37 (2,80, 5,93)
Lacrosse Männer	390029	4,10 (2,09, 6,11)
Wrestling Männer	257297	2,72 (0,71, 4,74)
Baseball Frauen	579553	2,59 (1,28, 3,90)
Baseball Männer	804737	1,74 (0,83, 2,65)
Schwimmen Frauen	240313	1,66 (0,03, 3,30)
Tennis Männer	66224	1,51 (0,00, 4,47)
Schwimmen Männer	172960	0,58 (0,00, 1,71)
Eishockey Frauen	232051	0,43 (0,00, 1,28)
Eishockey Männer	552642	0,36 (0,00, 0,86)
Alle Sportarten Männer	4054457	4,44 (3,79, 5,09)
Alle Sportarten Frauen	3493450	9,13 (8,13, 10,13)

Körperregionen zusammen anhand von 671 Stressfrakturen bei 11778145 Athletinnen und Athleten [34]. Am häufigsten sind die Metatarsalia und die Tibia speziell bei Basketballerinnen betroffen. In anderen Studien gibt es vergleichbare Resultate. In einem Kollektiv von fast 15000 Sportlerinnen und Sportlern zeigte sich folgende Verteilung: Tibia (44,1%), Rippen (14,1%), Metatarsalia (12,9%), Olecranon (8,7%) und Becken (8,4%) [25]. Eine seltene Lokalisation für eine Stressfraktur der unteren Extremität ist die Patella [40, 41] beziehungsweise der Oberarm an der oberen Extremität [42].

Stressfrakturen der unteren Extremität

An der unteren Extremität scheint je nach Studie und Athletenkollektiv die Tibia am häufigsten betroffen zu sein, vor den Metatarsalia [4]. Risikofaktoren für eine Stressfraktur der Tibia sind eine frühere Stressfraktur, eine Erhöhung der Intensität oder der Dauer des Trainings, ungenügende Technik im Training, ungenügende Ausrüstung im Training, die sogenannte «female

athlete triad» [43]. In gewissen sehr seltenen Fällen können die Stressfrakturen an der unteren Extremität bilateral auftreten wie etwa an der Patella [40, 41], dem Unter- [39, 44] oder dem Oberschenkel [45].

Geschlechtsspezifische Unterschiede von Stressfrakturen

Es scheint ein Unterschied zwischen den Geschlechtern vorzuliegen [31]. Frauen erleiden eher eine Stressfraktur als Männer [46, 47]. Es ist davon auszugehen, dass eine tiefe Knochendichte bedingt durch eine tiefe Vitamin-D-Einnahme sowie tiefe Vitamin-D-Spiegel die Hauptursache ist [24, 48].

Bei Frauen liegt im Gegensatz zu Männern das Risiko einer «female athlete triad» vor, bei der Stressfrakturen gehäuft sind [49]. Diese umfasst Menstruationsstörungen (Amenorrhoe), gestörtes Essverhalten (Mangelernährung) sowie Osteopenie respektive Osteoporose [50–52]. Dieser vorzeitige Verlust an Knochenmasse führt zu Stressfrakturen [53]. Man geht davon aus, dass ein Vitamin-D-Mangel sowie eine zu geringe Kalziumzufuhr bei den Frauen der Hauptgrund sind, dass die Knochendichte abnimmt [54]. Die «female athlete triad» ist gehäuft bei jugendlichen Sportlerinnen [55]. Bis zu einem Viertel der jungen Sportlerinnen haben eine Menstruationsstörung [56]. Bei der Frau sind ein erhöhter Energieverbrauch und/oder eine verminderte Energiezufuhr sowie eine Essstörung die Ursache für einen Verlust an Knochenmasse [47, 57–59]. Das Energiedefizit führt zu einer Abnahme des Östrogens und einer Veränderung im Knochenstoffwechsel [47].

Sportlich aktive Frauen haben in gewissen Körperregionen eine höhere Knochendichte als inaktive Frauen [60]. Frauen haben ein anderes Frakturmuster bei Stressfrakturen als Männer. Bei Frauen scheinen Beckenfrakturen gehäuft vorzukommen, und hier gehäuft bei Langstreckenläuferinnen [30]. Bei jungen Frauen konnte ein Zusammenhang zwischen der Vitamin-D-Aufnahme und der Knochendichte im Becken nachgewiesen werden [61]. Gewisse Sportarten dürften sehr günstig für die Knochendichte der gefährdeten Region des Beckens sein. So konnte nachgewiesen werden, dass bei Eiskunstläuferinnen die Knochendichte im Bereich des Beckens und des Beins erhöht ist, am ehesten bedingt durch das gehäufte Landen auf den Füßen nach den Sprüngen [62].

Altersspezifische Unterschiede von Stressfrakturen

Stressfrakturen können bei jüngeren und bei älteren Sportlerinnen und Sportlern auftreten. Wenn bei jugendlichen Sportlerinnen und Sportlern ein ausgeprägter Mangel an Mikronährstoffen wie etwa Vitamin D vorliegt, können zusätzlich Wachstum und

Entwicklung empfindlich gestört werden [15]. Aufgrund dieser Erkenntnisse fordern verschiedene Fachverbände, dass Athletinnen und Athleten jeden Alters während eines intensiven Aufbaus genügend Kalzium und Vitamin D aufnehmen [63].

Der Aspekt des Trainings

Muskuläres Training stimuliert nicht nur den Muskel-, sondern auch den Knochenstoffwechsel, sodass die Knochenmasse erhalten werden kann. Um die Knochenmasse in Wirbelsäule und Schenkelhals zu bewahren, wird vor allem Krafttraining zur Stärkung der Rücken- und Oberschenkelmuskulatur empfohlen. In einer prospektiven Studie hatten gesunde Frauen in der Postmenopause, die zwei Jahre lang ein Training zur Stärkung der Rückenmuskulatur absolvierten, acht Jahre danach nicht einmal halb so viele Wirbelfrakturen wie Frauen ohne ein solches Training [64].

Supplementierung mit Kalzium und Vitamin D

Speziell Läufer, die bereits eine Stressfraktur hatten, haben ein hohes Risiko für eine tiefe Knochendichte [65]. Für gewisse Frakturen wird daran gedacht, präventiv Vitamin D einzusetzen [66]. Bis jetzt ist nicht erwiesen, dass die erhöhte Zufuhr von Kalzium und Vitamin D nützlich ist zur Prävention von Stressfrakturen [24]. Es konnte aber gezeigt werden, dass die Zufuhr von mehr als 1500 mg Kalzium pro Tag die Häufigkeit von Stressfrakturen bei Sportlerinnen reduziert [67]. Eine randomisierte Studie mit über 5000 Rekrutinnen zeigte, dass die Zufuhr von 2000 mg Kalzium und 800 IU Vitamin D zu einer um 21% tieferen Inzidenz von Stressfrakturen führte [68]. Eine Verbesserung der Knochenumbaumetabolite nach Supplementation mit Kalzium/Vitamin D bedeutet nicht zwangsläufig eine reduzierte

Stressfrakturrate. Um das zu belegen, braucht es prospektive randomisierte Interventionsstudien.

Screening auf Vitamin-D-Mangel?

Grundsätzlich besteht die Empfehlung, bei asymptomatischen Erwachsenen auf ein systematisches Screening auf einen Vitamin-D-Mangel zu verzichten [69]. Bei Sportlerinnen und Sportlern wird allerdings empfohlen, das Vitamin D routinemässig zu bestimmen, sodass sie auf einen Mindestwert von 32 ng/ml (80 nmol/l) oder gar besser 40 ng/ml (100 nmol/l) 25(OH)D kommen [70]. Aus praktischer Sicht sollte bei Risikosportarten mit einer erhöhten Prävalenz für Stressfrakturen aktiv gesucht werden.

Ausblick – Perspektiven und offene Fragen

Es stellt sich die Frage, ob nicht alle Sportlerinnen und Sportler – speziell im Ausdauersport – regelmässig auf einen möglichen Vitamin-D-Mangel untersucht werden sollten.

Es stellt sich auch die Frage, ob Sportlerinnen und Sportler generell eine Vitamin-D-Supplementation einnehmen sollten, um einen Mangel an Vitamin D gar nicht aufkommen zu lassen.

Am ehesten sollte ein Vitamin-D-Mangel gesucht und behandelt werden bei einem klinischen Risikoprofil (weibliches Geschlecht, spezifische anthropometrische Dimensionen, längere Inaktivität, Alter, geringere Fitness, Rauchen etc.) sowie der Absicht, eine Sportart mit einem hohen Risiko für einen Vitamin-D-Mangel zu betreiben.

Anmerkung 1:

(Liste Risikofaktoren von Stressfrakturen)

Wolters Kluwer Health, Inc. und die zugehörigen Gesellschaften übernehmen keine Verantwortung für die Richtigkeit der Übersetzung aus dem veröffentlichten englischen Original und haften nicht für eventuell auftretende Fehler. Die Creative-Commons-Lizenz gilt nicht für diesen Inhalt. Die Verwendung des Materials in jedem Format ist ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers, Wolters Kluwer Health, Inc., untersagt. Für weitere Informationen: permissions@lww.com.

Disclosure Statement

Die Autoren haben deklariert, keine potentiellen Interessenskonflikte zu haben.

Literatur

Die vollständige Literaturliste finden Sie in der Online-Version des Artikels unter <https://doi.org/10.4414/smf.2022.09000>.

Der Online-Appendix ist als separates Dokument verfügbar unter <https://doi.org/10.4414/smf.2022.09000>.

Korrespondenz:
Prof. Dr. med. Beat Knechtle
Facharzt für
Allgemeinmedizin
Medbase St. Gallen
Am Vadianplatz
Vadianstrasse 26
CH-9001 St. Gallen
[beat.knechtle\[at\]hispeed.ch](mailto:beat.knechtle[at]hispeed.ch)

Das Wichtigste für die Praxis

- Stressfrakturen können jeden sportlich aktiven Menschen vom Wochenend- bis zum Spitzensporttreibenden betreffen.
- Etwa ein Drittel betreiben Hobbysport, zwei Drittel Elitesport.
- Die meisten Sportlerinnen und Sportler mit einer Stressfraktur sind unter 25 Jahre alt.
- Ausdauersportarten wie Langstreckenlaufen sowie weibliches Geschlecht scheinen die grössten Risikofaktoren für eine Stressfraktur zu sein.
- Die untere Extremität scheint generell vermehrt betroffen zu sein von Stressfrakturen.
- Am häufigsten sind die Metatarsalia und die Tibia betroffen.