

# Laufen bis der Knochen bricht?

Literaturreview zu potenziellen Risikofaktoren für  
Knochenstressverletzungen bei jungen leistungsorientierten  
Ausdauerlaufsportlerinnen im Rahmen der Female Athlete  
Triad

Arnold Aurelia  
[REDACTED]

Schneibel Lynn  
[REDACTED]

Departement: Gesundheit  
Institut für Physiotherapie  
Studienjahr: 2020  
Eingereicht am: 24.04.2023  
Begleitende Lehrperson: Suter Julia

**Bachelorarbeit  
Physiotherapie**

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
1.1	Darstellung des Themas .....	1
1.2	Problemstellung .....	2
1.3	Relevanz in der Praxis .....	2
1.4	Begründung der Themenwahl .....	3
1.5	Thematische Eingrenzung .....	3
1.6	Zielsetzung .....	3
1.7	Fragestellung .....	3
1.8	Hypothesen .....	4
2	Theoretischer Hintergrund.....	5
2.1	Knochenphysiologie.....	5
2.1.1	Aufbau des Knochens .....	5
2.1.2	Zellen .....	7
2.1.3	Knochenwachstum .....	8
2.1.4	Knochenmineralisation .....	9
2.2	Osteoporose .....	10
2.3	Knochendichtemessung .....	11
2.4	Stressfrakturen .....	13
2.5	Female Athlete Triad .....	14
2.6	Menstruationszyklus .....	14
2.7	Menstruationsdysfunktionen .....	16
2.7.1	Formen.....	17
2.7.2	Ätiologie und Pathophysiologie .....	17
2.7.3	Einfluss der sekundären Amenorrhoe auf die Knochendichte.....	19
2.8	Female Athlete Triad im Laufsport.....	20
3	Methode .....	21

3.1	Literaturrecherche.....	21
3.2	Ein- und Ausschlusskriterien .....	21
3.3	Literaturselektionsprozess .....	22
3.4	Auswertung der Studien .....	27
4	Resultate.....	28
4.1	Übersicht der Hauptstudien .....	28
4.1.1	Stichproben .....	28
4.1.2	Stressfrakturen.....	28
4.1.3	Sport- und Menstruationsdaten .....	30
4.1.4	Knochendichte .....	31
4.1.5	Female Athlete Triad Risikoassessment .....	31
4.2	Ergebnisse der Hauptstudien.....	35
4.2.1	Knochenstressverletzungen .....	39
4.2.2	Menstruationsdysfunktion.....	39
4.2.3	Verminderte Knochenmineraldichte .....	41
4.2.4	Leistungsorientierter Ausdauerlaufsport.....	42
4.2.5	Wirkung von kombinierten Faktoren.....	43
4.3	Kritische Würdigung der inkludierten Studien .....	45
4.3.1	Ackerman et al. (2015).....	45
4.3.2	Barrack et al. (2014).....	46
4.3.3	Nattiv et al. (2013).....	46
4.3.4	Nose-Ogura et al. (2019).....	47
4.3.5	Tenforde et al. (2017).....	47
5	Diskussion .....	48
5.1	Kritische Diskussion der Qualität .....	48
5.1.1	Studiendesign .....	48
5.1.2	Stichprobe .....	49

5.1.3	Methodik der Studien .....	50
5.2	Einzelne Risikofaktoren .....	51
5.2.1	Menstruationsdysfunktion.....	51
5.2.2	Verminderte Knochenmineraldichte .....	53
5.2.3	Leistungsorientierter Ausdauerlaufsport.....	55
5.3	Wirkung von kombinierten Faktoren .....	58
5.3.1	Menstruationsdysfunktion - KMD - BSI .....	58
5.3.2	Ausdauerlaufsport - Biomechanik - Muskelmasse .....	60
5.3.3	Leanness-Sportart - Trainingsausmass - Tiefe KMD .....	60
5.3.4	Weitere Einflussfaktoren .....	61
5.4	Limitationen .....	61
6	Schlussfolgerung.....	63
6.1	Beantwortung der Fragestellung.....	63
6.2	Empfehlungen für die Praxis.....	64
6.3	Weiterführende Gedanken.....	66

## **Abstract**

**Hintergrund:** Die Female Athlete Triad ist ein Symptomkomplex bestehend aus einer verringerten Energieverfügbarkeit, einer Menstruationsdysfunktion und einer verminderten Knochendichte, die sich gehäuft bei jungen Laufsportlerinnen zeigt.

**Ziel:** Das Ziel dieser Arbeit ist es, zu eruieren, ob eine primäre oder sekundäre Amenorrhoe, eine Oligomenorrhoe, eine verminderte Knochendichte oder der leistungsorientierte Ausdauerlaufsport bei jungen Athletinnen bis zum 25. Lebensjahr ein Risikofaktor für Knochenstressverletzungen darstellt.

**Methodik:** Anhand einer systematischen Literaturrecherche in den Datenbanken Pubmed, Cinahl Complete und Medline via Ovid wurden fünf relevante Studien mittels definierter Einschlusskriterien gefunden und mit dem Beurteilungsraster von Law et al. (1998) kritisch gewürdigt.

**Ergebnisse:** Eine Form von Menstruationsdysfunktionen und eine tiefe Knochenmineraldichte konnten mehrheitlich als risikoerhöhende Faktoren für Knochenstressverletzungen erfasst werden. Der Ausdauerlaufsport allein zeigt keinen signifikanten Zusammenhang zum Verletzungsrisiko, während die Resultate zum Trainingsausmass widersprüchlich sind.

**Schlussfolgerung:** Einzelne wie auch Kombinationen der untersuchten Parameter können zu Knochenstressverletzungen führen. In der Praxis sollte der Schwerpunkt auf die Aufklärung und Primärprävention der Risikofaktoren liegen, um vor allem auch bei verletzten Ausdauerläuferinnen versteckte Faktoren der Female Athlete Triad aufzudecken.

**Keywords:** female athlete triad, bone density, bone stress injury, amenorrhea, oligomenorrhea, peak bone mass, menstrual dysfunction, dual energy x-ray absorptiometry

## **Abstract**

**Background:** The female athlete triad is a medical condition often observed in young female runners that involves three components: low energy availability, menstrual dysfunction and low bone mineral density.

**Aim:** The aim of this paper is to investigate whether primary or secondary amenorrhea, oligomenorrhea, low bone mineral density, a high training volume and endurance distance running are considered significant risk factors for the development of bone stress injuries.

**Methods:** A literature research with predefined keywords was performed in Pubmed, Cinahl Complete and Medline via Ovid. Five studies were critically appraised using the evaluation framework by Law et al. (1998).

**Results:** Mostly, a type of menstrual dysfunction and low bone density were significant risk factors for bone stress injuries. Endurance distance running was not significantly associated with a higher injury risk. Results regarding a high training volume were contradictory.

**Conclusion:** Single and combined variables can increase the risk of bone stress injuries in female athletes. The focus should be on education and prevention of risk factors. Hidden factors of the female athlete triad should be uncovered in injured athletes.

**Keywords:** female athlete triad, low bone mineral density, bone stress injury, amenorrhea, oligomenorrhea, peak bone mass, menstrual dysfunction, dual energy x-ray absorptiometry

# 1 Einleitung

Im folgenden Kapitel wird das Thema „Female Athlete Triad“ (FAT) dargestellt und mit der aktuellen Relevanz und Fragestellung ausgeführt.

## 1.1 Darstellung des Themas

In den letzten Jahrzehnten hat der Anteil an sporttreibenden Frauen stark zugenommen. Nebst dieser erfreulichen Entwicklung hat sich aber unter jenen Frauen ein neuer Symptomkomplex entwickelt: die FAT (Roth et al., 2000).

Die Triade beschreibt ein Syndrom, welches drei Diagnosen als klinisch abhängige Beziehung zusammenfasst: tiefe Energieverfügbarkeit (EV), funktionelle *hypothalamische* Amenorrhoe (FHA) und tiefe *Knochenmineraldichte* (KMD) (De Souza et al., 2014).

Oft sind nebst erwachsenen Frauen auch pubertierende Mädchen betroffen. Steigt der Körperfettanteil in der Pubertät aufgrund einer mangelhaften Energiezufuhr - bedingt durch eine Essstörung oder hohem sportlichen Engagement - nicht an, kann es zu Zyklusstörungen oder einer verzögerten Sexualentwicklung mit folgender *juveniler Osteoporose* kommen (Roth et al., 2000; Wurster & Weiske, 1991).

Frauen mit einer Menstruationsdysfunktion wie *Amenorrhoe*, haben im Vergleich zu *eumenorrhoeischen* eine geringere *Knochendichte* (*bone mineral density, BMD*) (Papanek, 2003; Roth et al., 2000). In der Literatur zeigen sich widersprüchliche Resultate, inwiefern eine Korrelation zwischen tiefer KMD und Stressfrakturen besteht (Ducher et al., 2011; Papanek, 2003; Roth et al., 2000). Stressfrakturen machen bei Athletinnen 20% aller Sportverletzungen aus und können so manche erfolgsversprechende Karriere unterbrechen, teils sogar beenden (Moreira & Bilezikian, 2016). Eine Knochenstressverletzung (*Bone Stress injury, BSI*) entsteht aufgrund eines Ungleichgewichts zwischen der geforderten Belastbarkeit und der Festigkeit des Knochens und kann in einer Stressfraktur resultieren (Freyschmidt, 2016).

## 1.2 Problemstellung

Menstruationsdysfunktionen präsentieren sich häufiger bei sporttreibenden Frauen als unter jenen, die keinen Sport treiben (De Souza et al., 2014; Papanek, 2003). Die Ausschüttung von *Östrogen* während der Pubertät geht mit dem Wachstum der Skelettknochen einher. Der Zeitpunkt des Auftritts von Östrogen bei der *Menarche* und dessen regelmässige Ausschüttung während des *Menstruationszyklus* sind entscheidende Faktoren für die Bildung der KMD (Papanek, 2003).

Ein Defizit in der Knochenausbildung ist vor allem bei Athletinnen vor dem 25. Lebensjahr problematisch, da bis zu diesem Zeitpunkt der *Peak-Bone-Mass* (PBM) entwickelt wird (Roth et al., 2000). So stellt sich die Frage, ob amenorrhoeische Athletinnen eine gesunde KMD bis zu ihrem 25. Lebensjahr überhaupt erreichen können.

Laufsportlerinnen weisen häufig Symptome der FAT auf (McCormick et al., 2012). Da gesunde Laufsportlerinnen im Vergleich zu Nichtsportlerinnen eine erhöhte KMD aufweisen sollten, kann bereits ein «in der Norm liegender Knochendichtestatus» ein Indiz für ein Knochendefizit darstellen (Roth et al., 2000). So stellt sich die Frage, inwiefern ein solches Knochendefizit einen Risikofaktor für BSIs darstellt.

## 1.3 Relevanz in der Praxis

Keinesfalls darf die Amenorrhoe oder eine andere Menstruationsdysfunktion als harmlose Anpassung des Körpers auf intensives Training betrachtet werden, wie dies oft von Athletinnen und Trainern oder Trainerinnen gemacht wird (Roth et al., 2000). Ein interdisziplinärer Ansatz ist nötig, um auf das Thema innerhalb von Fachkreisen und in Zusammenarbeit mit Athletinnen und ihren Bezugspersonen aufmerksam zu machen (Papanek, 2003).

Zentral ist die Früherkennung der FAT, um die Progression zu schwerwiegenden Verläufen wie einer klinischen Essstörung, Amenorrhoe, Osteoporose und osteoporotisch bedingten Folgeverletzungen zu verhindern. Physiotherapeuten und Physiotherapeutinnen sind in der Früherkennung zentral, da sie in längerer Betreuung von jungen Athletinnen stehen, und verborgene Risikofaktoren der FAT dadurch entdecken können. Bisher besteht noch ein Mangel an Vorwissen und einheitlichen Leitlinien zum klinischen

Management der Triade, welches essenziell in der Nachbehandlung von Stressfrakturen und zur Prävention weiterer Stressfrakturen wäre (De Souza et al., 2014; Papanek, 2003).

#### 1.4 Begründung der Themenwahl

Dieses Thema ist interessant, da erfahrungsgemäss eine Menstruationsdysfunktion bei der Anamnese nicht erfragt wird und nicht als Risikofaktor für BSIs angesehen wird. Es wurde wenig Literatur gefunden, welche die Korrelation einer Menstruationsdysfunktion mit verminderter KMD zur Entstehung von BSIs aufweist. Es soll untersucht werden, welche Risikofaktoren sich in aktueller Literatur als prädisponierend zeigen.

#### 1.5 Thematische Eingrenzung

Die Arbeit fokussiert sich auf zwei Aspekte der FAT: Menstruationsdysfunktionen und die verminderte KMD. Im Fokus stehen Laufsportlerinnen zwischen dem 13. und 25. Lebensjahr. Der Zusammenhang bezieht sich auf Athletinnen, die Laufsport auf Leistungsebene, im Hochschulsport oder professionell, verbunden mit wöchentlichen Laufdistanzen treiben. Ernährungsphysiologische Aspekte sowie weitere Faktoren des Knochenaufbaus ausserhalb der KMD werden nur am Rande angesprochen.

#### 1.6 Zielsetzung

Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, mittels einer systematischen Literaturrecherche zu eruieren, welche Risikofaktoren sich bezüglich des Menstruationsstatus, der KMD und des leistungsorientierten Laufsports prädisponierend für BSIs bei jungen Laufsportlerinnen bis zum 25. Lebensjahr zeigen. Zu den jeweiligen Risikofaktoren werden Hypothesen aufgestellt, welche durch die Literatur bestätigt oder verworfen werden sollen.

#### 1.7 Fragestellung

„Inwiefern besteht das Risiko für Knochenstressverletzungen bei jungen leistungsorientierten Ausdauerlaufsportlerinnen mit einem oligo- oder amenorrhoebedingten Knochendefizit?“

## 1.8 Hypothesen

H1: Eine primäre und eine sekundäre Amenorrhoe wie auch eine Oligomenorrhoe sind Risikofaktoren für BSIs.

H2: Eine verminderte Knochenmineraldichte zeigt sich als Risikofaktor für BSIs.

H3: Ein hohes Trainingsausmass und die Ausdauercharakteristik des Laufsports sind prädisponierend für BSIs.

## 2 Theoretischer Hintergrund

Dieses Kapitel erläutert die theoretischen Konzepte und Begrifflichkeiten zur Knochenphysiologie, zur Entstehung von Osteoporose, Stressfrakturen sowie Menstruationsdysfunktionen und erklärt den Rahmen der FAT im Laufsport.

### 2.1 Knochenphysiologie

Folgend wird der Knochenaufbau, dessen Zellen, das Knochenwachstum und die Mineralisation aufgezeigt.

#### 2.1.1 Aufbau des Knochens

Knochen und Knorpelgewebe bilden ein stabiles Gerüst, welches Bewegung einzelner Körperteile erlaubt. Die wichtigsten Bestandteile sind Zellen und Matrix. Knochen sind durch einen hohen Mineraliengehalt eine der härtesten Strukturen des Körpers. Knochen besteht zu 60% aus Kalziumsalzen, zu 30% aus kollagenen Fasern sowie 10% aus Wasser, Zellen und Gefäßen. Die Festigkeit des Knochens wird durch eine Bindung zwischen der Matrix und Kalziumsalzen gewährleistet (Berg & Cabri, 2016; Kersch-Schindl, 2012).

Die Kompressionsfestigkeit ist zu 60% durch die KMD sowie zu 40% durch den Querschnitt mit den Knochenbälkchen (Trabekel) und den Osteozyten gegeben (Kersch-Schindl, 2012).

Der genaue Aufbau des Knochens wird anhand eines Röhrenknochens beschrieben (→ Abb. 1).

#### ***Diaphyse***

Ein typischer Röhrenknochen hat in der Mitte eine Diaphyse, die aus einer kompakten Masse des Knochengewebes (Kompakta) besteht (Berg & Cabri, 2016; Kersch-Schindl, 2012). Die Kompakta ist anhand eines Lamellensystems aufgebaut, womit Biege- und Rotationskräfte abgefangen werden (Berg & Cabri, 2016).

Die Lamellen sind parallel entlang der Knochenlängsachse angeordnet, ebenfalls die dazugehörigen kollagenen Fasern. In den Lamellenschichten verlaufen kollagene Fasern entgegengesetzt spiralförmig. Durch diese Anordnung entstehen die Havers'schen Kanäle. Ein Komplex aus Havers'schen Kanälen und den dazugehörigen Lamellen wird Osteon genannt. In einem Osteon finden sich Osteozyten, Nerven und Gefäße. Die Ernährung erfolgt über das Gefäßsystem im Knochengewebe, welches wie ein Kanalsystem aus Havers'schen und Volkmann'schen Kanälen aufgebaut ist.

Aus urheberrechtlichen Gründen ist diese  
Abbildung nicht im öffentlich zugänglichen  
Werk vorhanden.

*Abbildung 1: Bau eines typischen Röhrenknochens am Beispiel des Femurs. a Frontaler Sägeschnitt durch den proximalen und distalen Teil des Oberschenkelknochens (Os femoris) eines Erwachsenen. b Ausschnittsvergrößerung aus a: Lammellenknochen der Spongiosatrabekele, c Ausschnittsvergrößerung aus a: Räumliche Darstellung der Substantia compacta, d Ausschnittsvergrößerung aus c: Feinbau eines Osteons, e Ausschnittsvergrößerung aus c: Aufbau des Periosts. (Abb. übernommen von (Schünke et al., 2018))*

Vollkann'sche Kanäle fungieren als Querverbindungen zwischen den Havers'schen Kanälen. Im Hohlraum des Knochenschaftes befindet sich das Knochenmark, welches Erythrozyten und Leukozyten produziert (Berg & Cabri, 2016).

### ***Epiphyse***

An den Enden der Diaphyse ist die Epiphyse, mit einer dünnen Schicht an Kompakta, die hier Kortikalis genannt wird. Die Epiphyse besteht aus schwammartig aufgebautem Knochengewebe (Spongiosa). Die Kollagenfasern verlaufen entlang der Kräftevektoren und bilden eine Trabekelstruktur, die Druckbelastungen aufnehmen kann. Das Zusammenspiel aus Stabilität durch die Mineralien und die Elastizität der Kollagenfasern verleihen dem Knochen die optimale Festigkeit. Zwischen der Diaphyse und der Epiphyse befindet sich die Metaphyse und die Epiphysenfuge (Berg & Cabri, 2016).

### ***Periost***

Die Aussenseite des Knochens wird vom Periost, die Innenseite vom Endost umhüllt. Das Periost hat zwei Schichten. Die äussere elastische Schicht mit Kollagen-Typ-1- Fasern, wo Bänder, Sehnen und Kapseln ansetzen, ist nicht mineralisiert. Die innere Schicht versorgt den Knochen mit Nerven und Gefässen und ist *osteogen*. Die vorhandenen Zellen können sich bei Bedarf in Osteozyten, Osteoblasten oder Osteoklasten umwandeln (Berg & Cabri, 2016; Huch & Jürgens, 2019).

#### 2.1.2 Zellen

Es gibt folgende drei Zellarten im Knochen.

### ***Osteoblasten***

Osteoblasten sind für den Aufbau der Knochenmatrix verantwortlich und liegen an der Knochenoberfläche. Osteoblasten bauen sich in die kalzifizierte Matrix ein, danach senkt sich ihre Aktivität und sie werden zu Osteozyten. Osteoblasten reagieren direkt bei mechanischer Belastung mit verstärkter Knochenbildung. Bei Erwachsenen sind 90-95% der Osteoblasten an der Aussenseite des Knochens nur wenig aktiv und somit Knochendeckzellen. Sie können ihre Aktivität jedoch wieder aufnehmen (Berg & Cabri, 2016; Huch & Jürgens, 2019).

### **Osteozyten**

Osteozyten befinden sich im Inneren der mineralisierten Matrix und machen 90% der gesamten Knochenzellen aus. Sie produzieren so viel Matrix, wie für den Erhalt des Knochengewebes notwendig ist. Osteozyten nehmen Veränderungen der mechanischen Belastung im Flüssigkeitsstrom der Matrix wahr. Dadurch senden sie Signale zum Knochenaufbau und -abbau an Osteoblasten und Osteoklasten, um sich der veränderten Belastung anzupassen und den Knochen zu erhalten (Berg & Cabri, 2016; Kerschanschindl, 2012).

### **Osteoklasten**

Osteoklasten entspringen aus hämatogenen Ursprungszellen und spezialisierten Makrophagen (Fresszellen). Sie tragen die Aufgabe des Knochenabbaus, welcher nach Frakturen und zur Freisetzung von Kalzium sowie Phosphaten essenziell ist. Osteoklasten und Osteoblasten werden hormonell gesteuert. Dicke, Stabilität sowie Kalziumfreigabe- und Speicherung werden so genau kontrolliert (Berg & Cabri, 2016).

#### 2.1.3 Knochenwachstum

Beim Knochenwachstum wird das Längen- und das Breitenwachstum unterschieden. Das Längenwachstum entsteht durch Knorpelwachstum innerhalb der Epiphysenfuge. Der Knorpel wird an der diaphysären Seite durch die Kalzifikation von Matrixlamellen zu Knochen umgewandelt. Gegen Ende der Wachstumsphase werden die Epiphysenfugen knöchern durchbaut (Epiphysenschluss). Das Breitenwachstum geht von den Osteoblasten aus, die im Periost liegen. Osteoblasten produzieren Matrix, welche durch Mineralisierungsprozesse und durch kollagene Fasern stabilisiert werden. Im Kontrast dazu, dass der Knochen nicht zu dick wird, bauen Osteoklasten am Endost wiederum Knochen ab (Berg & Cabri, 2016).

Grundsätzlich wird der Knochen laufend auf- und abgebaut, wobei das Verhältnis dieses Umbaus im Gleichgewicht stehen muss (Freyschmidt, 2016).

Das Knochenwachstum wird auf direkte und indirekte Weise von folgenden Hormonen gesteuert: Wachstumshormon Somatotropin, Schilddrüsenhormon Thyroxin,

Geschlechtshormone Östrogen und Testosteron sowie mehrere Nebennierenmark-Hormone (Berg & Cabri, 2016).

Östrogen hemmt das Knorpelwachstum der Epiphysenfuge, stimuliert deren Verknöcherung und beendet das Knochenlängenwachstum. Es limitiert die Funktion der Osteoklasten, welches einen protektiven Effekt auf den Knochen auslöst. Bei einem Östrogenmangel bedeutet dies, dass die Anzahl Osteoklasten zunimmt und mehr Knochen abgebaut wird (Berg & Cabri, 2016). Weiter verbessert Östrogen die intestinale Sensitivität für Vitamin D, wodurch indirekt die Kalziumresorption gefördert wird. Bei Östrogenmangel wird weniger Kalzium aus der Nahrung resorbiert (Feigl, 2021).

Der pubertäre Wachstumsschub wird durch einen erhöhten Östrogenspiegel eingeleitet. Die Somatotropinkonzentration wie auch der Östrogenspiegel erreichen ihren Höhepunkt am Ende der Pubertät, was zu einer reduzierten Produktion der Knorpelzellen und zum Epiphysenschluss führt (Feigl, 2021; Huch & Jürgens, 2019). Näheres zu Östrogen wird im Kapitel „2.7 Menstruationsdysfunktionen“ erläutert.

#### 2.1.4 Knochenmineralisation

Nicht nur die Knochengröße nimmt zu, sondern auch dessen Mineralisation. Zu welchem Zeitpunkt genau der PBM im Wachstum erreicht wird, ist umstritten. Die Literatur geht von einem Zeitpunkt zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr aus. Der genaue Zeitpunkt ist abhängig vom Geschlecht und der Lokalisation am Knochen (Rozenberg et al., 2020). Das zu erreichende Maximum ist individuell unterschiedlich und grösstenteils genetisch bestimmt. Nach Erreichen des PBM bleibt die Knochendichte über das junge Erwachsenenalter konstant, unter der Voraussetzung, dass Nährstoffzufuhr und Körpergewicht stabil bleiben. Mit zunehmendem Alter überwiegt der Knochenabbau. Der Prozess wird durch veränderte Hormonkonzentrationen eingeleitet, bedingt durch die Menopause bei Frauen und einem sinkenden Sexualsteroidspiegels bei Männern. Weitere altersbedingte Stoffwechseleränderungen und geringe körperliche Aktivität tragen zur Minderung bei (Feigl, 2021).

Die Knochenmineralisation kann einerseits durch eine ausreichende Nahrungszufuhr, andererseits durch physiologische Belastungsreize gefördert werden (Berg & Cabri, 2016).

Zyklische Belastungen jenseits einer bestimmten Modelling-Schwelle führen zu Verformungen des Knochens und zu einer Verschiebung der Matrixflüssigkeit. Diese Verformungen werden durch Osteozyten wahrgenommen und resultieren in einer erhöhten Knochenfestigkeit (Kersch-Schindl, 2012).

## 2.2 Osteoporose

Osteoporose ist eine langsam progressive systematische Skeletterkrankung, die durch verminderte Knochenmasse und verringerter Mikroarchitektur des Knochengewebes charakterisiert ist. Folglich kommt es zur erhöhten Anfälligkeit für Frakturen, ohne grossen Belastungen ausgesetzt zu sein. Die Osteopenie gilt als Vorstufe der Osteoporose (Liu et al., 2019).

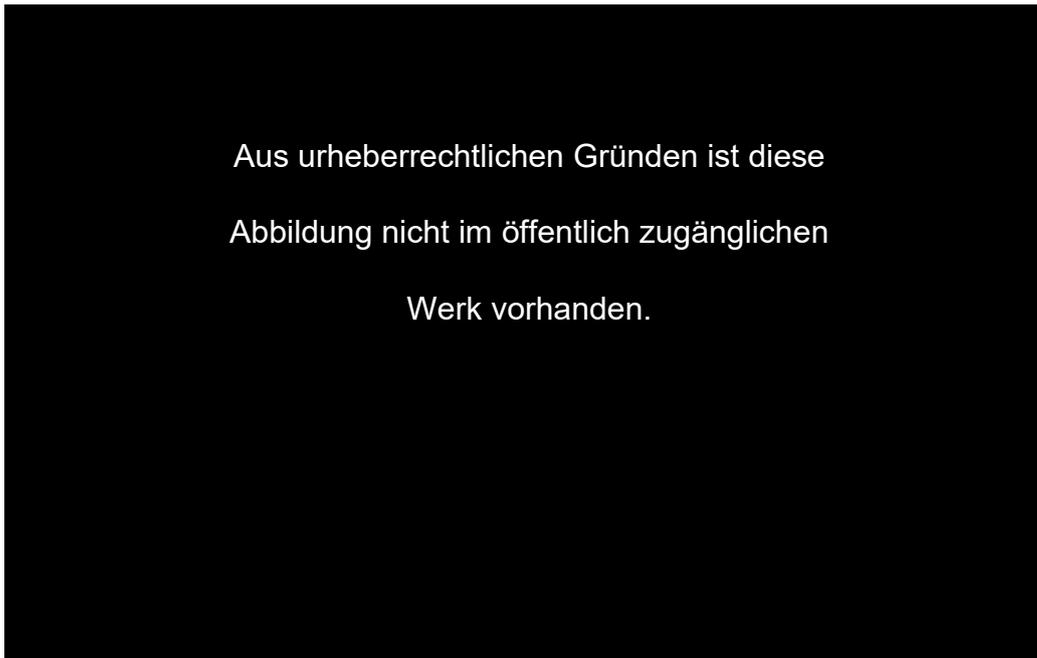
Die Knochenmineraldichte und -masse nehmen durch Resorptionsvorgänge ab. Grund dafür ist die gesteigerte Aktivität der Osteoklasten über die der Osteoblasten. Der Mineraliengehalt wird geringer, die Markhöhlen werden grösser und es entwickelt sich eine pathologische Mikroarchitektur. Die Neubildung von Osteonen nimmt kontinuierlich ab (Berg & Cabri, 2016). Die Spongiosa weist Anzeichen von osteoklastischer Resorption auf, was die Trabekel weniger verbunden macht. Durch die grössere Oberfläche ist der trabekuläre Knochenanteil anfälliger als der kortikale (Lane et al., 2000).

Die genaue Ätiologie der Osteoporose ist derzeit noch ungeklärt. Abgesehen von einem veränderten Hormonhaushalt nach der Menopause gibt es noch weitere Ursachen. Zusätzlich besteht eine genetische Disposition für Osteoporose (Lane et al., 2000).

Die KMD nimmt bei Frauen und Männern bis zum Erreichen des PBM zu (→ Abb. 2). Der Knochenmasseverlust beträgt danach ungefähr 0.5% pro Jahr, wobei dieser bei *postmenopausalen* Frauen auf bis zu 2 – 8% steigen kann. Durch den gesenkten Östrogenspiegel nimmt der *Kalzitonin*gehalt ab und der Gehalt an *Parathormon* zu. Kalzitinin hemmt die Osteoklastenaktivität und fördert die Osteoblastenaktivität, während Parathormon die Osteoklastenaktivität stimuliert, die Osteoblastenaktivität hemmt. Möglicherweise kann ein Östrogenmangel die Kapazität von Osteozyten einschränken, wodurch diese nicht genügend auf repetitive Belastungen reagieren (Berg & Cabri, 2016; Ducher et al., 2011).

Zu einer frühzeitigen Knochendemineralisierung kann es kommen, wenn vor Erreichen des PBM Mangelerscheinungen oder Erkrankungen auftreten (→ Abb. 2) (Feigl, 2021).

Es ist umstritten, ob ein einmal erworbenes Defizit in der Entwicklung des PBM sich wieder herstellen lässt. Möglicherweise besteht nur ein enges Zeitfenster, wo sich die Knochendichte in der Jugend bis zum Erreichen des PBM regeneriert (Pantano, 2009).



*Abbildung 2: Schematische Darstellung zur Entwicklung der Peak Bone Mass (PBM). Die Auswirkung von suboptimalen Faktoren auf die PBM ist dargestellt. (Abb. übernommen von (Rozenberg et al., 2020), adaptiert nach (Weaver et al., 2016))*

Je nachdem, zu welchem Zeitpunkt das Knochenwachstum eingeschränkt wird, zeigt sich ein Defizit im Längenwachstum der Röhrenknochen (präpubertär), ein Defizit der Wirbelsäulen-Dimension (frühe Pubertät) oder ein Defizit der KMD (spätere Pubertät) (Ducher et al., 2011).

### 2.3 Knochendichtemessung

Eine der zuverlässigsten und verbreitetsten Methoden zur Knochendichtemessung ist die Doppel-Energie-Röntgenabsorptiometrie (Dual Energy X-Ray Absorptiometry, DXA). Die Menge an mineralisiertem Gewebe wird anhand einer schwachen Röntgenstrahlung festgestellt (Lane et al., 2000). Zur Interpretation werden *T-Scores* und *Z-Scores* verwendet (→ Tab. 1 und 2). T-Scores geben die Messergebnisse im Verhältnis zum

Mittelwert der Knochendichte gesunder 30 bis 35-jähriger Erwachsener des gleichen Geschlechts an. Z-Scores hingegen sind zur gleichen Population mit entsprechendem Alter, Geschlecht, Körper und Körpergrösse vergleichbar. Die Diagnose der Osteoporose wird anhand des T-Scores aufgestellt (Freyschmidt, 2016; Rozenberg et al., 2020). Die DXA-Messung kann Ganzkörperskans erstellen und an spezifischen Messpunkten erfolgen.

*Tabelle 1: Schweregrade der Osteoporose nach DXA-Messung, Abkürzungen: SD, Standardabweichung (Eigene Darstellung nach (Freyschmidt, 2016; Grampp et al., 2004))*

Aus urheberrechtlichen Gründen ist diese  
Tabelle nicht im öffentlich zugänglichen  
Werk vorhanden.

De Souza et al. (2014) empfehlen Richtlinien, wie die Z-Scores bei *prämenopausalen* Frauen zu interpretieren sind.

*Tabelle 2: Z-Score-Einteilung anhand der Schweregrade, Abkürzungen: SD, Standardabweichung (Eigene Darstellung nach De Souza et al. (2014))*

Aus urheberrechtlichen Gründen ist diese  
Tabelle nicht im öffentlich zugänglichen  
Werk vorhanden.

Durch die mangelnde Dreidimensionalität des Bildgebungsverfahrens ist die Darstellung der Knochenstruktur, des Volumens und der Knochenstärke limitiert. Diese Informationen wären jedoch bei Kindern und Jugendlichen relevant, um Mangelerscheinungen frühzeitig

zu diagnostizieren. Altersentsprechende pädiatrische Vergleichsdaten sollen als Referenzdaten genutzt werden (De Souza et al., 2014; Ducher et al., 2011).

## 2.4 Stressfrakturen

Stressfrakturen erfolgen meist in Abhängigkeit zum Training und dessen Belastungszyklen. Es können zwei Arten unterschieden werden: Einerseits zeigt sich eine Stressfraktur bei gesunder Knochenstruktur durch Überlastungseinflüsse. Andererseits kann diese auch bei einem normalen Ausmass an Belastung wegen einer Insuffizienz des Knochens – wie bei einer Osteoporose - entstehen. Bei Letzterem wird auch der Begriff Insuffizienzfraktur genutzt (Albrecht & Biedert, 2004).

Stressfrakturen entstehen durch die permanente wiederholte Überbelastung des Knochens, wenn sich der Knochen (noch) nicht den Belastungsanforderungen angepasst hat (Freyschmidt, 2016). Bei vermehrter biomechanischer Belastung *hypertrophiert* der Knochen an beanspruchten Arealen. Wenn diese Adaptionszeit nicht berücksichtigt wird, kommt es zu Mikrofrakturen, da der Knochen die Belastung nicht abfangen kann. Hierbei entsteht eine osteoklastische Resorption am Laminarknochen, bei der die periostale Knochenerneuerung erst verzögert folgt. In der Remodellierung kommt es zur *Hyperämie*, *Ödemen* und vermehrter Osteoklastenaktivität. Wenn die Belastung nicht reduziert wird, können tatsächliche Frakturen entstehen (Albrecht & Biedert, 2004; Freyschmidt, 2016). Verminderte Muskelkraft und durch Training ermüdete Muskeln können zur Entwicklung von Stressfrakturen beitragen (Ducher et al., 2011).

Symptome treten meist schleichend auf. Dumpfe, ausstrahlende Schmerzen, lokale Entzündungszeichen und Kallusbildung sind typisch. Zur genauen Diagnostizierung und Früherkennung wird die Magnetresonanztomografie (MRT) empfohlen (Albrecht & Biedert, 2004).

Auch wenn sich nicht alle Komponenten der Triade zeigen, birgt bereits ein vorhandenes Symptom die Gefahr einer Stressfraktur (Moreira & Bilezikian, 2016).

## 2.5 Female Athlete Triad

Neu wird in einigen Publikationen die FAT zum „relativen Energiemangel im Sport“ (relative energy deficiency in sports, RED-S) erweitert.

Die Triade wird als Kontinuum dargestellt, sodass auch subklinische Störungen erkannt werden sollen und der Kontrast zur physiologischen Seite ersichtlich ist (→ Abb. 3) (De Souza et al., 2014; Wallwiener et al., 2021).

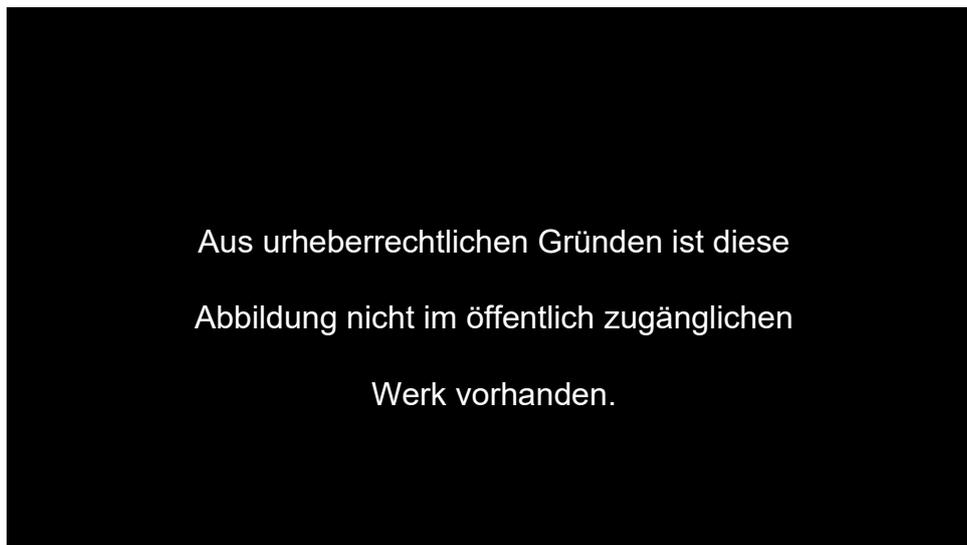


Abbildung 3: *The Female Athlete Triad*, (Mod. nach ACSM, „College of Sports Medicine Position Stand 2007“), (Abb. übernommen von (Korsten-Reck, 2010))

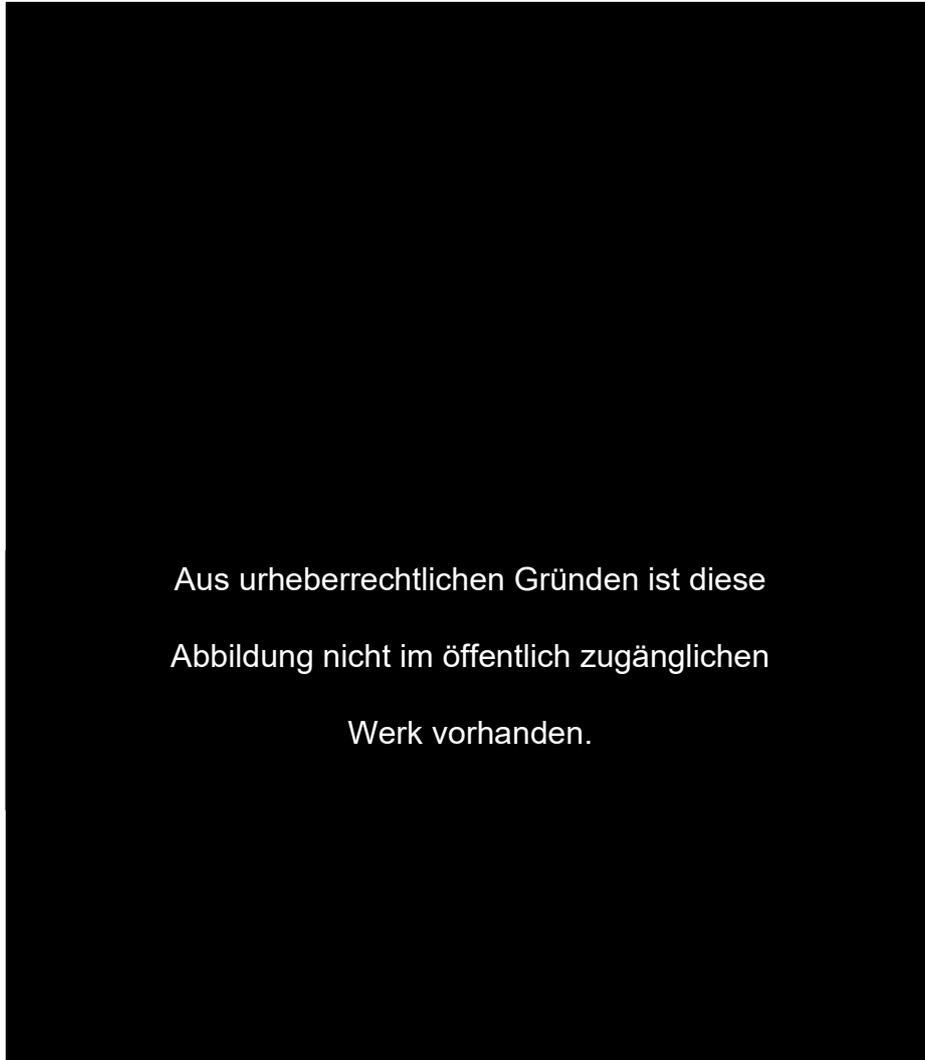
## 2.6 Menstruationszyklus

Beim Heranwachsen kommt es zur Pubertät, welche mit der Produktion der Hormone, der *Gonaden* und des hypothalamisch-*hypophysären* Regelkreises einhergeht. Im weiblichen Zyklus reift bei einer geschlechtsreifen Frau jeden Monat ein befruchtungsfähiges Ei heran. Die Eumenorrhoe ist durch zyklische Hormonschwankungen gekennzeichnet (→ Abb. 4) und dauert  $28 \pm 3$  Tage. Im Verlauf kommt es zur *Ovulation* und zur Vorbereitung der Gebärmutterschleimhaut auf die Aufnahme einer befruchteten Eizelle (Buchta & Sönnichsen, 2013).

Der Menstruationszyklus wird in vier Phasen unterteilt:

1. Follikelphase (Proliferationsphase), 1. bis 14. Tag

2. Ovulation
3. Lutealphase (Sekretionsphase), 15. bis 28. Tag
4. Menstruation (Buchta & Sönnichsen, 2013).



*Abbildung 4: Darstellung der zyklischen Veränderungen von Endometrium und Ovar in Abhängigkeit des Hormonspiegels im Blut (Abb. übernommen von Buchta & Sönnichsen (2013))*

### **GnRH**

Das GnRH (Gonadotropin-releasing-Hormon) wird im Hypothalamus freigesetzt und steuert die Sekretion der *Gonadotropine* FSH (follikelstimulierende Hormon) und LH (luteinisierende Hormon) aus der Hypophyse. Die normale Entwicklung des

Ovarialfollikels, die Ovulation und folgende Lutealphase können nur erfolgen, wenn GnRH ausreichend ausgeschüttet wird (Schippert, 2010).

### **Östrogen**

Östrogen ist das wichtigste gonadale Hormon bei der Frau und wird hauptsächlich in den *Granulosazellen* der Ovarialfollikel produziert. Estradiol ist das häufigste Östrogen (Buchta & Sönnichsen, 2013). Östrogen bewirkt im Eierstock die Eireifung, bestimmt den Aufbau des *Endometriums* und weitere Faktoren während der Schwangerschaft (Huch & Jürgens, 2019).

### **FSH**

Das FSH bewirkt die Reifung der Follikel in der Follikelphase. Gegen Ende der Follikelphase führt der steigende Östrogenspiegel zu einem Abfall des FSH-Spiegels, was das Heranreifen weitere Follikel verhindert (Buchta & Sönnichsen, 2013; Siekmann, 2016).

### **LH**

Eine bestimmte Östrogenkonzentration bewirkt gegen Ende der Follikelphase die Ausschüttung des LHs. Bei der höchsten LH-Konzentration findet die Ovulation statt. Die Granulosazellen bilden unter Einfluss von LH zunehmend Progesteron (Buchta & Sönnichsen, 2013; Siekmann, 2016).

### **Progesteron**

Das Progesteron ist ein Steroidhormon, das vor allem durch das LH stimuliert wird. Mit höherer Konzentration von Progesteron und Estradiol wird die FSH- und LH-Ausschüttung nach der Ovulation gehemmt. Nistet sich in der Lutealphase keine befruchtete Eizelle ein, so sinkt die Progesteron- und Estradiolkonzentration gegen Ende der Lutealphase ab (Buchta & Sönnichsen, 2013).

## **2.7 Menstruationsdysfunktionen**

Im Folgenden werden die Menstruationsdysfunktionen und ihre Auswirkung beschrieben.

### 2.7.1 Formen

Bei einer Dysfunktion im Gleichgewicht des hormonellen Regelkreises zwischen Hypophyse, Hypothalamus und den Geschlechtsorganen kann der Menstruationszyklus gestört werden (Roth et al., 2000).

Die Amenorrhoe beschreibt das Ausbleiben der Menstruation. In der Literatur werden verschiedene Begriffsdefinitionen für die primäre und die sekundäre Form verwendet. Die häufigsten Definitionen sind folgende: Die primäre Amenorrhoe wird als Ausbleiben der Menarche nach dem 15. Lebensjahr bei sonst normaler pubertärer Entwicklung definiert. Somit ist sie mit einer verspäteten Menarche nach dem 15. Lebensjahr gleichzusetzen. Eine sekundäre Amenorrhoe liegt vor bei einem Ausfall der Regelblutung für mindestens drei Monate bei zuvor regelmässigen Zyklen (Islam et al., 2021; Kleinsorge et al., 2019; Sophie Gibson et al., 2020).

Eine Amenorrhoe, die durch geringe Energieverfügbarkeit (EV) entsteht, wird funktionelle hypothalamischen Amenorrhoe (FHA) genannt (Stickler et al., 2015). Die FHA wird mittels Ausschlussprinzip diagnostiziert. Als Sonderform der FHA wird die Amenorrhoe athletica, eine anstrengungsassoziierte Amenorrhoe, beschrieben, welche häufig bei Athletinnen auftritt (Ducher et al., 2011; Roth et al., 2000). Eine Oligomenorrhoe ist ein Zyklus mit einem Intervall länger als 35 Tage und kürzer als 90 Tage (Roth et al., 2000).

Weiter zeigen sich auch subklinische Zyklusstörungen, die laborchemisch schwer erfassbar sind, wie:

- ein Ausbleiben der Follikelreifung (Schippert, 2010).
- ein *anovulatorischer* Zyklus (Baumgartner, 2021).
- ein Lutealphasendefekt (Korsten-Reck, 2010).
- eine verlängerte Follikelphase (Korsten-Reck, 2010).

### 2.7.2 Ätiologie und Pathophysiologie

Die Ursache und Pathogenese der Amenorrhoe bei Sportlerinnen ist komplex und im Detail nicht verstanden: Körpergewicht, Veränderung der Körperzusammensetzung, Raschheit und Ausmass eines Gewichtsverlusts, Ernährung, Energiebilanz, physischer

und psychischer Stress interagieren dabei mit Hormon- und Transmitterveränderungen (Roth et al., 2000).

Menstruationsdysfunktionen basieren auf einer Störung des gonadotropen Regelkreises auf der Hypothalamus-Hypophysen-Gonaden-Achse mit einer Reduktion der hypothalamischen, *pulsatilen* GnRH-Ausschüttung (Ducher et al., 2011).

Die GnRH-Ausschüttung scheint sehr empfindlich auf äussere Stressfaktoren und metabolische Störungen zu reagieren (Korsten-Reck, 2010). Nur selten lässt sich eine einzelne Ursache der Zyklusstörung benennen (Schippert, 2010).

### **Ätiologie**

Eine geringe EV wird als Hauptursache von Menstruationsdysfunktionen angesehen (Baumgartner, 2021).

Die EV ist die Differenz zwischen Energieaufnahme und Energieverbrauch durch physische Aktivität bezogen auf die fettfreie Körpermasse (FFM) (→ Abb. 5) (Braun et al., 2019).

Aus urheberrechtlichen Gründen ist diese Abbildung nicht im öffentlich zugänglichen Werk vorhanden.

*Abbildung 5: Formel der Energieverfügbarkeit, Abkürzungen: EV, Energieverfügbarkeit; FFM, fat free mass (Abb. übernommen von (Braun et al., 2019))*

Daraus resultiert eine Energiemenge, die für den Organismus zur Aufrechterhaltung der *Homöostase* verfügbar ist (Braun et al., 2019). Eine adäquate EV besteht, wenn die Energiezufuhr für alle physiologische Funktionen und zusätzlichem Training genügend ist (Ducher et al., 2011). Laborchemische Studien haben gezeigt, dass eine EV von 45 kcal/kg FFM pro Tag für einen physiologischen Menstruationszyklus nötig ist (Pantano, 2009).

In Fall einer mangelhaften EV versucht der Körper das Gleichgewicht wieder herzustellen und reduziert auf Zellerneuerung, Thermoregulation, Wachstum, Knochengesundheit und Fertilität (Temme & Hoch, 2013).

Risikogruppen für geringe EV sind Sportler und Sportlerinnen, die auf ein geringes Körpergewicht achten beziehungsweise deren Sportart aus ästhetischen, biomechanischen oder physiologischen Gründen ein geringes Körpergewicht fordert (Roth et al., 2000). Eine tiefe EV kann mit einem gestörten Essverhalten einhergehen (Stickler et al., 2015).

### ***Pathophysiologischer Mechanismus***

Bei verminderter EV wird eine Kaskade pathophysiologischer Anpassungsreaktionen ausgelöst mit dem Ziel, das Fortschreiten der negativen Energiebilanz in Grenzen zu halten. Als wesentliche Ursache der Amenorrhoe gilt eine Aktivierung der „Stressachse“ (Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse) mit einer Reduktion der GnRH-Ausschüttung. Diese führt zu einer geringeren hypophysären Freisetzung von FSH und LH, einem Hypogonadismus. Die Follikelreifung kann aufgrund des erniedrigten Gonadotropinspiegels nicht mehr aufrechterhalten werden (Baumgartner, 2021).

Eine tiefe LH-Blutkonzentration limitiert die Östrogen- und Progesteronausschüttung der Ovarien (Korsten-Reck, 2010). Je nach Ausmass führt der Hypogonadismus zu einer unterschiedlich starken Menstruationsdysfunktion (Schippert, 2010). Zunächst entwickelt sich eine Anovulation mit Lutealphaseninsuffizienz, bis es zur Oligomenorrhoe oder Amenorrhoe wechselt (Korsten-Reck, 2010; Wallwiener et al., 2021).

#### **2.7.3 Einfluss der sekundären Amenorrhoe auf die Knochendichte**

Der länger andauernde Östrogenmangel bei einer Amenorrhoe induziert, ähnlich wie nach der Menopause, eine Verringerung der KMD bis hin zur Osteoporose (Korsten-Reck, 2010; Schippert, 2010). Auch bei jedem amenorrhöischen oder oligomenorrhöischen Jahr beträgt der Knochenmasseverlust bis zu 2% (Lane et al., 2000).

Bereits subklinische Ovulationsstörungen können einen negativen Einfluss auf den Knochenstoffwechsel haben (Wallwiener et al., 2021). Ein geringes Osteoporoserisiko zeigte sich bereits bei normalem Zyklus mit Lutealinsuffizienz (Baumgartner, 2021).

Amenorrhöische Zeitabschnitte in der Jugend wurden assoziiert mit tieferer KMD bei erwachsenen Frauen und einer grösseren Osteoporose-Inzidenz in postmenopausalen

Frauen. Eine Oligo- oder Amenorrhoe wurde mit einer zwei- bis vierfach höheren Inzidenz für Stressfrakturen assoziiert (Ducher et al., 2011).

## 2.8 Female Athlete Triad im Laufsport

Laufsport wird in dieser Arbeit als Sportart definiert, bei der die natürliche Laufbewegung im Vordergrund steht. Diese Arbeit fokussiert auf Mittel- und Langstreckenlauf wie auch *Crosslauf*, welche durch Ausdauercharakter und bestimmte Distanzen gekennzeichnet sind. Als Leistungssport gilt Sport, bei dem das Streben nach überdurchschnittlicher Leistung im Vordergrund steht, meist verbunden mit einer regelmässigen Teilnahme an Wettkämpfen (Wallwiener et al., 2021).

Langstreckenläuferinnen zeigen häufig hohe Amenorrhoe-Prävalenzen, welche mit tiefer KMD assoziiert werden. Ausdauerathletinnen sind dem Risiko ausgesetzt, eine geringe EV aufzuweisen, durch ein zeit- und energieintensives Training oder auch durch die Notwendigkeit, ein bestimmtes Körpergewicht zu halten (Hutson et al., 2021).

Eine höhere Knochendichte und -stärke zeigt sich bei Sportarten, bei welchen raschen Richtungswechsel, Sprünge oder Drehmomente erforderlich sind, welches spezifische Wachstumsreize auf den Knochen setzt. Diese Wirkung zeigt sich nicht bei Ausdauersportarten insbesondere beim Langstreckenlauf (Wallwiener et al., 2021).

Läuferinnen sind dem Risiko von Stressfrakturen ausgesetzt, vor allem, weil sie durch ihren Sport ständig mechanischer Belastung auf die unteren Extremitäten ausgesetzt sind (Hutson et al., 2021).

## 3 Methode

Im folgenden Kapitel werden die genutzten Ressourcen für das Grundlagenwissen sowie die spezifische Literatursuche zur Studienselektion aufgezeigt. Das Arbeitsinstrument zur Analyse der Studien wird vorgestellt.

### 3.1 Literaturrecherche

Das Grundlagenwissen zum aktuellen Forschungsstand wurde durch Bücher und E-Books aus der Zentralbibliothek Zürich und online über das Netz der Schweizer Hochschulbibliotheken bezogen. Reviews und Journals aus den Datenbanken Medline via Ovid, Cinahl Complete und Pubmed wurden für den theoretischen Hintergrund ergänzend genutzt. Die gleichen Datenbanken wurden aufgrund ihrer gesundheitswissenschaftlichen Inhalte für die systematische Literaturrecherche nach Hauptstudien genutzt.

### 3.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Damit die Suche differenziert erfolgte, wurden folgende Einschlusskriterien gewählt:

- Die KMD soll anhand der DXA gemessen werden.
- BSIs oder Stressfrakturen sollen erfragt werden.
- Das Publikationsdatum darf nicht älter als 2010 sein.
- Der Volltext soll kostenfrei mit dem Zugang der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften verfügbar sein.
- Die Studien sollen quantitative Datenerhebungen betreiben.
- Die Studien sollen einen Bezug zwischen den potenziellen Risikofaktoren und der Inzidenz von Stressfrakturen aufweisen.

Die Samples müssen folgendes beinhalten:

- Laufsportlerinnen zwischen 13. und 25. Jahren werden untersucht.
- Teilnehmerinnen werden nach einer sekundären Amenorrhoe befragt.
- Primär werden athletische Frauen untersucht. Wenn athletische Männer inkludiert werden, kann die Studie genutzt werden, sofern geschlechtsspezifische Resultate präsentiert sind.
- Das relevante Sample beinhaltet mindesten 30 Teilnehmerinnen.

Studien mit Teilnehmerinnen, bei denen bereits eine Essstörung diagnostiziert wurde, werden ausgeschlossen. Es ist jedoch möglich, dass gestörtes Essverhalten während der Studiendurchführung aufgedeckt wurde, was nicht zum Ausschluss führt.

### 3.3 Literaturselektionsprozess

Im Zeitraum vom 01. – 15. Juni. 2022 wurde mit vordefinierten deutschen und englischen Suchbegriffen in den drei Datenbanken nach relevanten Studien gesucht (→ Tab. 3). Trunkierungen wurden genutzt, um die amerikanisch- und britisch-englische Schreibweise zu inkludieren. Die Keywords wurden mit dem Bool'schen Operator AND kombiniert, um die Suchergebnisse einzugrenzen. Synonyme wurden mit dem Bool'schen Operator OR genutzt, welches die Suche innerhalb eines Begriffs öffnete. Die gesamte Literaturrecherche ist im Anhang ersichtlich.

*Tabelle 3: Suchbegriffe der Literaturrecherche, Abkürzungen: AE, amerikanisches Englisch; BE,ritisches Englisch (Eigene Darstellung)*

<b>Kernelement</b>	<b>Deutscher Begriff</b>	<b>Englischer Begriff</b>
Population	Athletin(nen), Sportlerin(nen) Jugendliche Läuferin(nen)	female athlete(s) adolescent(s), teen, teenager(s) female runner(s), track runner(s)
Intervention/ Messung	Knochendichte Knochenmineraldichte  Knochendichtemessung  Osteoporose, Osteopenie Peak Bone Mass*	bone density bone mineral density (BMD) → areal bone mineral density (aBMD) bone density measurement Dual Energy X-ray Absorptiometry (DXA) osteoporosis, osteopenia Peak Bone Mass*
Phänomen	Female athlete triad*	female athlete triad*
Keywords	Menstruation, Periode Amenorrhoe, Oligomenorrhoe  → primäre, sekundäre Menstruationsdysfunktion Menstruationsirregularität	menstruation, menses, period amenorrhea, oligomenorrhea (AE) amenorrhoea, oligomenorrhoea (BE) → primary, secondary menstrual dysfunction/ irregularity / disturbance

Outcome	Stressfraktur	Stress fracture, stress injury Bone stress injury (BSI) overuse-injury
---------	---------------	--

Nach jeder Sucheingabe wurden die Titel der Ergebnisse auf den thematisch relevanten Teilbereich beurteilt. Nach dem Titelscreening wurde anhand eines Abstractscreenings weiter eingegrenzt. Duplikate, die in mehreren Datenbanken vorkamen, wurden ausgeschlossen. Nach dem Abstractscreening entsprachen 22 Studien den Einschlusskriterien. Folgend wurde bei diesen Studien, welche relevante Literatur erwähnten, mit der Forward- und Backward-Search-Funktion weitergesucht (→ Abb. 6). Vier weitere Studien wurden über Pubmed gefunden. Bereits bei den Duplikaten wurde erkannt, dass einige Hauptautoren und Hauptautorinnen bei mehreren Studien mitgewirkt haben. Diese wurden über Pubmed und Swisscovery gesucht, um allenfalls weitere Publikationen von ihnen zu finden. Diese Suche ergab eine weitere Studie.

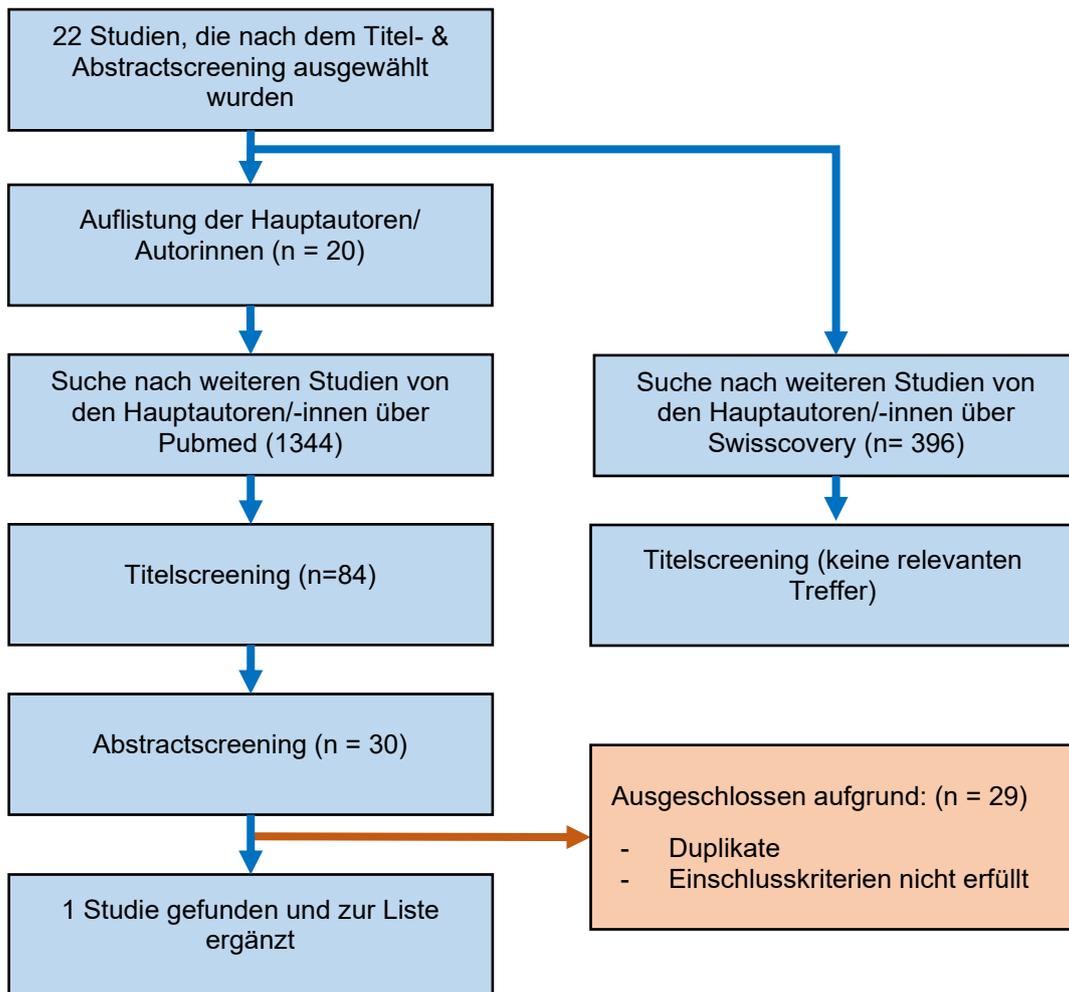


Abbildung 6: Flussdiagramm zur Suche von weiteren Studien der Hauptautoren und Hauptautorinnen (Eigene Darstellung)

Insgesamt wurden 27 Studien gefunden, bei denen die wichtigsten Informationen zu den Einschlusskriterien tabellarisch festgehalten und die Einschlusskriterien nochmals kontrolliert wurden (→ Anhang). Beim Lesen der Volltexte wurde erkannt, dass drei Einschlusskriterien angepasst werden mussten:

- Es stellte sich heraus, dass sich die meisten Studien nicht nur auf die sekundäre Amenorrhoe beziehen, sondern auch andere Formen von Menstruationsdysfunktionen inkludieren. Dieses Kriterium wurde angepasst, dass Frauen mit Oligomenorrhoe, primärer oder sekundärer Amenorrhoe untersucht werden.

- Der Laufsport wurde eingegrenzt auf Leistungssportlerinnen, die Ausdauerlaufsport betreiben oder eine wöchentliche Laufstreckendistanz von mindestens 30 Kilometern aufweisen.
- Die DXA-Messung wird auf die unteren Extremitäten und die Lendenwirbelsäule (LWS) eingegrenzt.

Diese Einschlusskriterien wurden im Volltext geprüft, wobei zehn Studien diese erfüllten. Der Bezug der Studien auf die Forschungsfrage dieser Arbeit wurde anhand einer Pro- und Kontraliste abgewogen (→ Anhang). Fünf Hauptstudien konnten für diese Arbeit ausgewählt werden. Schlussendlich wurde ein Referenzscreening der Literaturverzeichnisse dieser Studien durchgeführt, womit kein weiteres Ergebnis erzielt wurde. Der gesamte Studienselektionsprozess wird im Flussdiagramm zusammengefasst (→ Abb. 7).

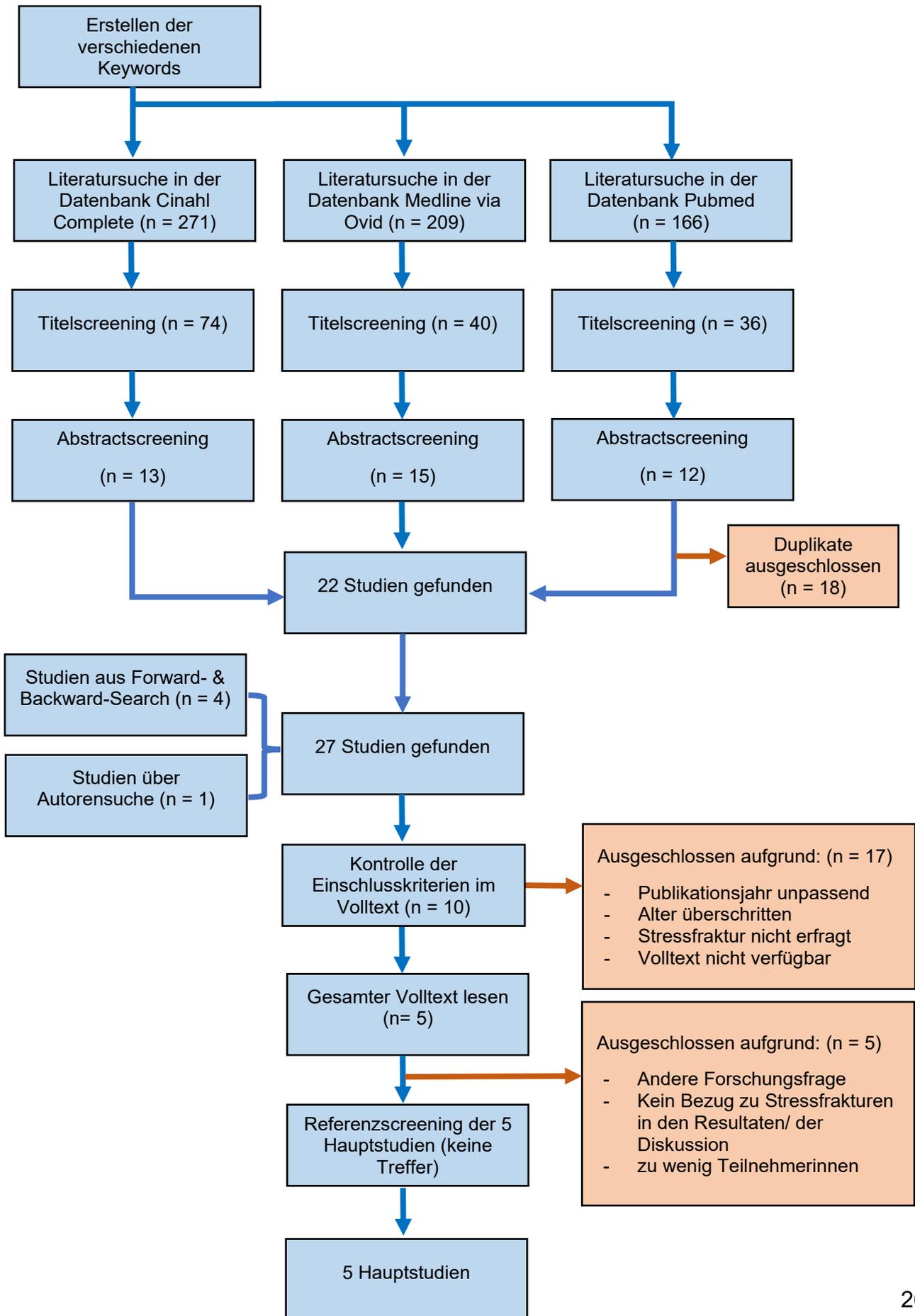


Abbildung 7: Flussdiagramm zur Darstellung der Studiensuche (Eigene Darstellung)

### 3.4 Auswertung der Studien

Die Studien wurden anhand des Beurteilungsinstruments nach Law et al. (1998) kritisch auf ihre Güte geprüft. Dieses Tool eignet sich für qualitative wie auch quantitative Forschungsliteratur, womit es für die Forschungsdesigns der Hauptstudien passt (Law et al., 1998).

Von den Autorinnen wurde zum Beurteilungsinstrument ein Punktesystem ergänzt, um anhand eines Maximalscores die Güte der Studien zu vergleichen. Pro Frage konnte ein Punkt erreicht werden. In den Hauptstudien werden keine Massnahmen untersucht, weshalb drei Punkte vom Gesamtscore abgezogen wurden. Somit war ein Maximalscore von 14 (statt 17) erreichbar. Fragen, die sich auf die Ergotherapie beziehen, wurden für die Physiotherapie variiert.

## 4 Resultate

Dieses Kapitel beinhaltet eine Übersicht der fünf Hauptstudien und eine Zusammenfassung aller relevanten Resultate sowie die kritische Würdigung der Studien.

### 4.1 Übersicht der Hauptstudien

Im folgenden Abschnitt werden die Stichproben und die angewandte Methodik der Hauptstudien präsentiert, welche in Tabelle 7 dargestellt sind. Zu erwähnen ist, dass Michelle Barrack, Phd, und Aurelia Nattiv, MD, gegenseitig bei ihren Studien 2013 und 2014 beteiligt waren.

#### 4.1.1 Stichproben

Ackerman et al. (2015) verglichen amenorrhöische Athletinnen (AA) zu eumenorrhöischen Athletinnen (EA) und Nicht-Athletinnen (NA). Barrack et al. (2014) setzten das Sample aus drei prospektiven Kohortenstudien zusammen. Die Samples wurden basierend auf dem Ausmass der physischen Aktivität (Athletinnen vs. sporttreibende Frauen) sowie deren Sporttyp («leanness“ vs. „non-leanness») analysiert (Barrack et al., 2014). Bei Nattiv et al. (2013) wurde ein Vergleich basierend auf dem Geschlecht (Athletinnen vs. Athleten) vollzogen. In der Studie von Nose-Ogura et al. (2013) wurden jugendliche Athletinnen und erwachsene Athletinnen mit einem Mindestalter von 20 Jahren verglichen. Tenforde et al. (2017) verglichen Athletinnen in zwei Gruppen bezüglich deren Sporttyp («leanness“ vs. „non-leanness»), wobei die Einteilung der Sportarten mit denselben Kriterien wie bei Barrack et al. (2014) erfolgte.

#### 4.1.2 Stressfrakturen

Tabelle 4 zeigt, welche Art von Knochenstressverletzungen in den Hauptstudien analysiert wurden. Einerseits erfassten die Forschenden die Lebenszeitprävalenz von Stressfrakturen und/oder die Inzidenz von neuen BSIs während der prospektiven Datenerhebung.

Tabelle 4: Erhebung und Definition der Knochenstressverletzungen. Als prospektive Verletzung gilt jene Verletzung, die während der prospektiven Datenerhebung diagnostiziert wurde. Abkürzungen: BSI, bone stress injury; MRT, Magnetresonanztomografie. (Eigene Darstellung)

Studie	Erhebung und Definition der Knochenstressverletzungen
Ackerman et al. (2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stressfraktur (Lebenszeitprävalenz)</li> </ul>
Barrack et al. (2014)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prospektive Stressfraktur und Stressreaktion, die als BSIs zusammengefasst werden.</li> </ul>
Nattiv et al. (2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prospektive BSIs, welche die Kriterien der MRT-Klassifizierung erfüllen (→ Tab. 5)</li> </ul>
Nose-Ogura et al. (2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stressfraktur (Lebenszeitprävalenz)</li> <li>• Prospektive Stressfraktur, die ein Mark- oder ein periostales Ödem und eine Frakturlinie aufweist</li> </ul>
Tenforde et al. (2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BSI (Lebenszeitprävalenz)</li> <li>• Prospektive BSIs</li> </ul> <p>Als BSI gelten Frakturen, Knochenstress - „Verletzungen“, Knochenabnormalität, Knochenmarksödeme und Stressreaktionen.</p>

Ackerman et al. (2015) erfragten die bildgebenden Verfahren nicht. Bei Barrack et al. (2014) wurde die Diagnose durch ärztliches Fachpersonal gestellt, jedoch wurden unterschiedliche bildgebende Verfahren genutzt. Bei Nattiv et al. (2013) wurden prospektive BSIs mit MRT diagnostiziert und in Schweregrade eingestuft (→ Tab. 5).

Tabelle 5: Einteilung der Knochenstressverletzungen in Schweregrade. Die Kriterien wurden nach (Fredericson et al., 2006) für die Tibia (Schienbeinknochen) und für alle anderen skelettalen Lokalisationen nach (Arendt et al., 2003) eingeteilt. (Eigene Darstellung)

Schweregrad	Kriterium
Grad 1	Leichtes Marködem oder periostales Ödem.
Grad 2	Mittelschweres Marködem oder periostalem Ödem.
Grad 3	Schweres Marködem oder periostalem Ödem ohne Frakturlinie.
Grad 4	Gleich wie Grad 3, zusätzlich mit sichtbarer Frakturlinie.

Prospektive Stressfrakturen wurden bei Nose-Ogura et al. (2019) mittels MRT diagnostiziert. In der Studie von Tenforde et al. (2017) wurden Patientenakten nach früheren BSIs durchsucht, welche mit MRT, Computertomografie (CT), Röntgen oder Szintigrafie bestätigt sein mussten.

#### 4.1.3 Sport- und Menstruationsdaten

Von allen Forschenden wurde ein gewisses Leistungsniveau durch eine bestimmte wöchentliche Laufstrecke in Meilen, eine gewisse wöchentliche Trainingsdauer, den Hochschulsport oder eine professionelle Sportkarriere als Einschlusskriterium gesetzt. Barrack et al. (2014) definieren ein hohes Trainingsausmass über 12 Stunden Training pro Woche. Nose-Ogura et al (2013) erfragen die durchschnittlichen wöchentlichen Trainingsstunden, während Ackerman et al. (2015) das Trainingsausmass innerhalb der AA mit und ohne BSI verglichen.

Daten bezüglich der Menstruationsgeschichte wurden mit Fragebögen oder direkten Befragungen erfasst. In dieser Arbeit werden unter dem Begriff der Menstruationsdysfunktion die Resultate zu drei Begriffen inkludiert:

- verspätete Menarche, welche synonym für primäre Amenorrhoe verwendet wird,
- die sekundäre Amenorrhoe sowie
- die Oligomenorrhoe.

Tabelle 6 zeigt die Begriffsdefinitionen der Menstruationsdysfunktionen, die in den Studien genutzt werden. Tenforde et al. (2017) und Barrack et al. (2014) definierten die „Amenorrhoe“ und „Oligomenorrhoe“ jeweils als getrennte Begriffe. Ackerman et al. (2015) kombinierten die beiden Begriffe zu „Oligoamenorrhoe“. Die späte Menarche wurde in vier Studien als erste Regelblutung im 15. Lebensjahr oder später definiert, welche somit der häufigsten Literaturdefinition entspricht (Klein & Poth, 2013; Seppä et al., 2021; Sophie Gibson et al., 2020). In den Studien wird nicht der Begriff „primäre Amenorrhoe“, sondern „späte Menarche“ verwendet. Nattiv et al. (2013) präsentierten keine Worterläuterungen. Wird in den Studien nur der Begriff „Amenorrhoe“ verwendet oder von AA gesprochen, wurde nicht zwischen der primären und der sekundären Form differenziert.

Tabelle 6: Begriffsdefinitionen zu den Menstruations-(Dys)funktionen der fünf Hauptstudien (Eigene Darstellung)

	Amenorrhoe	Oligomenorrhoe	Eumenorrhoe
Ackerman et al. (2015)	Oligoamenorrhoe: Ein Menstruationsausfall für mind. 3 Monate innerhalb eines oligomenorrhoeischen Zeitabschnitts (Zykluslänge > 6 Wochen) für mind. 6 Monate; oder Absenz der Menarche nach dem 15. Lebensjahr		Zyklusdauer von 21 – 35 Tagen mit mindestens 9 Perioden pro Jahr ohne die Einnahme von oraler Kontrazeption in den letzten 3 Monaten
Barrack et al. (2014)	Der Ausfall der Menstruation seit 3 Monaten oder < 4 Perioden pro Jahr	4 – 9 Zyklen pro Jahr oder einer Zykluslänge von >36 Tagen	Keine Definition angegeben
Nose-Ogura et al. (2019)	Der Ausfall der Menstruation seit 3 Monaten	Der Begriff wird nicht genutzt.	reguläre Zyklusdauer von 25 – 38 Tagen
Tenforde et al. (2017)	Weniger als 6 Perioden pro Jahr	6 – 9 Perioden pro Jahr	Keine Definition angegeben.
Nattiv et al. (2013)	Keine Definitionen angegeben		

#### 4.1.4 Knochendichte

Bei den Hauptstudien wurde die Knochendichte anhand einer DXA-Messung durch Fachpersonal durchgeführt. Die Messungen erfolgten jeweils an den unteren Extremitäten und/oder als Ganzkörperscans. Zu den Messpunkten gehören: LWS L1 - 4, die ganze Hüfte sowie der Oberschenkelhals (Collum femoris).

#### 4.1.5 Female Athlete Triad Risikoassessment

Nose-Ogura et al. (2019) und Tenforde et al. (2017) verwendeten das „Female Athlete Triad: Cumulative Risk Assessment“, welches von einer Koalition empfohlen wurde (De Souza et al., 2014). Der Risikoscore beinhaltet sechs Risikofaktoren, die mit einem Punktwert von 0 - 2 bewertet werden zur Erfassung des FAT-Risikos in drei Kategorien (→ Abb. 8). Barrack et al. (2014) analysierten zahlreiche Risikofaktoren aus der Koalition von De Souza et al. (2014) mit denselben Endpunkten, werten aber den Risikoscore nicht aus.

Aus urheberrechtlichen Gründen ist diese  
Abbildung nicht im öffentlich zugänglichen  
Werk vorhanden.

*Abbildung 8: Female Athlete Triad Cumulative Risk Assessment. Abkürzungen: BMD, bone mineral density; BMI, body mass index; DE, disordered eating; EA, energy availability; DSM, Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders; EW, expected weight; ED, eating disorder. (Abb. übernommen von Souza et al., 2014))*

Tabelle 7: Übersicht der ausgewählten Studien. Abkürzungen: AA, Amenorrhöische Athletinnen; BSI, bone stress injury; EA, Eumenorrhöische Athletinnen; FAT, Female Athlete Triad; MRT, Magnetresonanztomografie; NA, Nichtathletinnen; NCAA, National Collegiate Athletic Association; SDSU, San Diego State University; Triad CRA, Triad Cumulative Risk Assessment. (Eigene Darstellung)

	(Ackerman et al., 2015)	(Barrack et al., 2014)	(Nattiv et al., 2013)	(Nose-Ogura et al., 2019)	(Tenforde et al., 2017)
Studiendesign	Querschnittsstudie	Prospektive Kohortenstudie	Prospektive Kohortenstudie	Prospektive Kohortenstudie	Prospektive Kohortenstudie
Studienziel	Die Studie soll die Prävalenz von Frakturen bei AA, EA und NA vergleichen und Zusammenhänge zwischen Knochendichte, Struktur und Stärke untersuchen.	Es sollen einzelne und kombinierte Risikofaktoren (definiert vom FAT) mit der Inzidenz von BSIs aufgezeigt werden.	Der Zusammenhang von MRT-Klassifizierung und BSI soll mit Risikofaktoren und Zeit bis zur vollständigen Sportwiederaufnahme bei Hochschul-Leichtathleten/-innen dargestellt werden.	Es soll untersucht werden, ob die Triade das Risiko für Stressfrakturen steigert, differenziert in einer „Teenage“ Gruppe und einer „20s“ (Athletinnen mit mindestens 20 Jahren) Gruppe.	Die Studie sollte Hochschulathletinnen in drei Risikokategorien anhand des „Triad CRA“ einteilen und zusätzlich das Risiko für weitere BSIs evaluieren.
Beobachtungszeit (falls prospektiv)	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 - 4 Monate</li> <li>• 12 Monate</li> <li>• 5 Jahre</li> </ul>	5 Jahre	3 Monate	Keine Angabe
Publikationsjahr	2015	2014	2013	2019	2017
Stichprobe	175 Athletinnen und NA	259 Athletinnen und sporttreibende Frauen	211 Athleten und Athletinnen	390 Athletinnen	239 Athletinnen
Alter der Teilnehmer/-innen	14 - 25 Jahre	18.1 ± 0.3 Jahre	Athleten/-innen mit einer Stressfraktur 20.5 ± 0.2 Jahre*	20.9 ± 4.0 Jahre	20.0 ± 1.3 Jahre
Sportarten	N = 7 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laufsport (63%)</li> <li>• Teamsport wie Basketball, Fussball,</li> </ul>	N = 19 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mittel-/Langstreckenlauf (n=104)</li> <li>• Leichtathletik</li> </ul>	N = 2 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leichtathletik</li> <li>• Crosslauf</li> </ul> Die Studie präsentiert	N = 37 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leichtathletik (n=86)</li> <li>• Fussball (n=69)</li> <li>• Rhythmische</li> </ul>	N = 16 „Lean“-Sport: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Crosslauf (n=47)</li> <li>• Rudern (n=30)</li> <li>• Unihockey (n=21)</li> </ul>

	<p>Lacrosse, Hockey, Tennis (21%)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanz (6%)</li> <li>• Weiterer Ausdauersport (10%)</li> </ul>	<p>(n=43)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fussball (n=21)</li> <li>• Schwimmen/ Tauchen (n=17)</li> <li>• Softball (n=14)</li> <li>• Volleyball (n=12)</li> <li>• Tennis (n=11)</li> <li>• Cardio/ Aerobics (n=10)</li> <li>• Triathlon (n=5)</li> <li>• Lacrosse (n=5)</li> <li>• Tanz (n=4)</li> <li>• Krafttraining (n=3)</li> <li>• Unihockey (n=2)</li> <li>• Rudern (n=2)</li> <li>• Rugby (n=2)</li> <li>• Basketball (n=1)</li> <li>• Cheerleading (n=1)</li> <li>• Kunstturnen (n=1)</li> <li>• Kampfsport (n=1)</li> </ul>	<p>keine Angaben zur Anzahl Athleten/-innen pro Sportart.</p>	<p>Gymnastik (n=35)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwimmen (n=11)</li> <li>• Skisport (n=7)</li> <li>• Kunstturnen (n= 7)</li> <li>• Eisschnelllauf (n=7)</li> <li>• Fechten (n=6)</li> </ul> <p>Weitere Sportarten sind hier zur besseren Übersicht nicht weiter aufgelistet. Die Teilnehmerzahl der weiteren Sportarten ist &lt;5.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kunstturnen (n=16)</li> <li>• Lacrosse (n=16)</li> <li>• Schwimmen/Tauchen (n=21)</li> <li>• Synchronschwimmen (n= 21)</li> <li>• Wasserball (n=16)</li> <li>• Leichtathletik (n=4)</li> </ul> <p>“Non-lean“-Sport:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basketball (n=9)</li> <li>• Fechten (n=5)</li> <li>• Segeln (n=3)</li> <li>• Fussball (n=5)</li> <li>• Softball (n=19)</li> <li>• Tennis (n=7)</li> <li>• Volleyball (n=9)</li> </ul>
<p>Sportniveau</p>	<p>Als Athletinnen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laufstrecke: mind. 20 Meilen/Woche seit mind. 6 Monaten <b>oder</b></li> <li>• Ausdauersport: 4h/Woche mit gewicht-ragendem Charakter seit mind. 6 Monaten</li> </ul> <p>Als Nicht-Athletinnen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;2h/Woche Sport</li> </ul>	<p>Als Athletinnen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hochschul-athletinnen der SDSU <b>oder</b></li> <li>• Sportniveau der Division 1 der NCAA der University of California</li> </ul> <p>Als sporttreibende Frauen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mind. 2h Sport/ Woche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NCAA Division 1 der University of California</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• olympisches/ nationales Niveau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NCAA Division 1 der Stanford University</li> </ul>

4.2 Ergebnisse der Hauptstudien

In diesem Kapitel werden relevante Ergebnisse für die Beantwortung der Fragestellung aus den fünf Hauptstudien präsentiert. Die Resultate inklusive der statistischen Analyseverfahren sind aus jeder Studie in der Tabelle 8 aufgeführt. Das Signifikanzniveau ist bei allen Studien bei  $p < 0.05$  gesetzt. Die Resultate werden thematisch gegliedert und präsentiert.

Tabelle 8: Übersicht der signifikanten sowie nicht signifikanten Ergebnisse inkl. der statistischen Analysemethoden aus den 5 Hauptstudien. Abkürzungen: AA, Amenorrhöische Athletinnen; BMD, bone mineral desity; CI, Konfidenzintervall; DXA, dual energy x-ray absorptiometry; EA, Eumenorrhöische Athletinnen; LWS, Lendenwirbelsäule; NA, Nichtathletinnen; Oberschenkelhals, Collum femoris; OR, Odds ratio; RR, Risk ratio; Tibia, Schienbeinknochen; WB, ganzer Körper. (Eigene Darstellung)

	Signifikante Risikofaktoren ( $p < 0.05$ )	Nicht signifikante Risikofaktoren ( $p > 0.05$ )	Analysemethode
Ackerman et al. (2015)	<u>Klinische Charakteristiken verglichen zwischen den Gruppen:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Alter bei erster Menarche, <math>p = &lt;0.0001</math>                      → AA vs. EA, <math>p = 0.0004</math>/ AA vs. NA, <math>p = &lt;0.0001</math>                      (AA sign. höher als EA und NA)</li> </ul>	<u>Klinische Charakteristiken verglichen zwischen den Gruppen:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sportart (Laufsport und „Andere“)</li> <li>Stunden Training/ Woche, AA vs. EA</li> </ul>	Gruppenvergleich (AA/ EA/ NA) anhand ANOVA. Bei signifikanten Ergebnissen mit ANOVA wurde AA als Vergleichsgruppe mit Dunnett-Test ( $P=<0.05$ ) genutzt.
	<u>DXA-Messung (anhand Z-Score):</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Collum femoris, <math>p = 0.003</math>                      → AA vs. EA, <math>p = 0.01</math></li> <li>Total Hüfte, <math>p = &lt;0.0001</math>                      → AA vs. EA, <math>p = 0.0001</math></li> <li>LWS, <math>p = 0.002</math>                      → AA vs. EA, <math>p = 0.001</math></li> <li>WB, <math>p = 0.0001</math>                      → AA vs. EA, <math>p = 0.0001</math></li> </ul>	<u>DXA-Messung (anhand ZScore):</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Alle Ergebnisse der DXA-Messung AA vs. NA</li> </ul> <u>DXA mit Anzahl Stressfrakturen (anhand Z-Score):</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Keine vs. eine oder mehr Frakturen                      → Collum femoris                      → Totale Hüfte</li> <li>&lt;2 Stressfrakturen vs. &gt;2 Stressfrakturen                      → Collum femoris</li> </ul>	Um drei Gruppen zu vergleichen (AA/ EA/ NA) wurde ANOVA genutzt. Bei signifikanten Ergebnissen mit ANOVA wurde AA als Vergleichsgruppe genutzt mit Dunnett-Test ( $P=<0.05$ )  *nach Kontrolle von

	<p>(DXA-Werte bei AA sign. tiefer als bei EA)</p> <p><u>DXA mit Anzahl Stressfrakturen (anhand Z-Scores)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Keine vs. eine oder mehrere Frakturen bei AA                     <ul style="list-style-type: none"> <li>→ LWS, <math>p = 0.045</math></li> <li>→ WB, <math>p = 0.01</math></li> </ul> </li> </ul> <p>(BMD sign. Tiefer bei verletzten AA als bei nicht-verletzten AA)</p>	→ Totale Hüfte	Menarchenalter und DXA-Daten mit Anzahl Stressfrakturen: T-test bei normalverteilten Daten
	<p><u>Frakturen und Charakteristiken:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Stressfrakturen, <math>p = 0.01</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ AA vs. EA, <math>p = 0.004</math>/ AA vs. NA, <math>p = &lt;0.001</math></li> </ul> </li> </ul>	<p><u>Frakturen und Charakteristiken:</u></p> <p>Keine nicht-signifikanten Werte.</p>	Fisher-exakt Test um zwei und drei Gruppen zu vergleichen ( $P=>0.05$ )  *nach Exklusion von Teilnehmerinnen mit Essstörungen
Barrack et al. (2014)	<p><u>Signifikant bei Athletinnen mit BSI vs. Nicht-Verletzte:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiefere Knochendichte                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Am Collum femoris (<math>g/cm^2</math>), <math>p &lt; 0.005</math></li> <li>An totale Hüfte (<math>g/cm^2</math>), <math>p &lt; 0.05</math></li> <li>An LWS (<math>g/cm^2</math>), <math>p &lt; 0.05</math></li> <li>Z-Score <math>&lt;-2.0</math>, <math>p &lt; 0.05</math></li> <li>Z-Score <math>&lt;-1.0</math>, <math>p &lt; 0.005</math></li> </ul> </li> <li><math>&gt;12h/Woche</math> Training, <math>p &lt; 0.01</math></li> </ul>	<p><u>Nicht-Signifikant zwischen den beiden Gruppen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Alter bei Menarche</li> <li>Oligo-/Amenorrhoe</li> <li>Höheres Alter bei Menarche</li> <li>Knochendichte am WB (<math>g/cm^2</math>)</li> <li>Leanness sport activity (Art der Sportart)</li> </ul>	Unterschiede zwischen Verletzte und Nicht-Verletzte mittels unabhängigem t-test und $\chi^2$ - Test
	<p><u>1 Faktor:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>&gt;12h/Woche</math> Sport, OR = 4.9 (CI: 1.4 – 16.9), <math>p = 0.005</math></li> <li>Knochendichte Z-Score <math>&lt;-1.0</math>, OR = 3.2 (CI: 1.4 – 7.2), <math>p = 0.003</math></li> </ul> <p><u>2 Faktoren:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Knochendichte Z-Score <math>&lt;-1.0</math> &amp; Leanness-Sport, OR = 3.3 (CI: 1.4 – 7.6)</li> <li>Knochendichte Z-Score <math>&lt;-1.0</math> &amp; <math>&gt;12h/Woche</math></li> </ul>	<p><u>1 Faktor:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Oligo-/Amenorrhoe</li> <li>Spätes Alter bei Menarche</li> <li>Leanness-Sport</li> <li>Knochendichte mit Z-score <math>&lt;-2.0</math></li> </ul> <p>Alle 2 - &amp; 3 - Faktoranalysen, die dargestellt wurden, waren signifikant.</p>	Multiple lineare Regression mit OR und CI 95%

	<p>Sport, OR = 5.1 (CI: 2.2 - 12.1)</p> <p><u>3 Faktoren:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Knochendichte Z-Score &lt;-1.0, &gt;12h/Woche Sport &amp; Leanness-Sport, OR = 5.6 (CI: 2.2 - 14.2)</li> </ul>		
<p>Nattiv et al. (2013)</p>	<p><u>Schweregrad der Stressverletzung:</u></p> <p>MRT-Schweregrad war höher bei:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• BMD gesamtes Hüftgelenk (g/cm<sup>2</sup>), p = 0.05</li> <li>• Amenorrhoe/ Oligomenorrhoe, p = 0.009, (3.5 ± 0.3 vs. 2.5 ± 0.3)</li> </ul> <p>Signifikant mehr Athletinnen mit einer trabekulären Stressfraktur (Vergleich zu kortikaler Stressfraktur):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• hatten tiefere BMD an LWS, am Collum femoris und am gesamten Hüftgelenk (g/cm<sup>2</sup>), p &lt; 0.001</li> <li>• hatten eine Oligo-/Amenorrhoe, p = 0.005</li> <li>• betrieben Ausdauerlauf, p = 0.005</li> </ul>	<p><u>Schweregrad der Stressfraktur:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Knochendichte: LWS, Collum femoris, Tibia, WB (g/cm<sup>2</sup>)</li> <li>• Langstreckenlauf</li> </ul> <p>Knochendichte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tibia</li> <li>○ WB</li> </ul>	<p>ANOVA/ANCOVA mit Chi-square-Tests</p>
<p>Nose-Ogura et al. (2019)</p>	<p><u>Klinische Charakteristiken verglichen zwischen den jugendlichen Athletinnen (Verletzte vs. Nichtverletzte):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amenorrhoe oder Eumenorrhoe, p = 0.001</li> <li>• Alter bei Menarche, p &lt; 0.0001</li> </ul>	<p>Keine nicht signifikanten Werte</p>	
	<p><u>Univariate logistische Regression bei Jugendlichen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amenorrhoe, OR = 12.98 (CI: 2.89 - 58.36)</li> <li>• Alter bei Menarche, OR = 1.89 (CI: 1.41 - 2.51)</li> <li>• Tiefe Knochendichte WB mit Z-Score &lt;-1.0, OR = 4.54 (CI: 1.53 – 13.44)</li> <li>• Trainingsdauer pro Woche, OR = 1.04 (CI: 1.01 – 1.07)</li> <li>• Kumulativer Risikoscore, OR = 1.93 (CI: 1.41 – 2.65)</li> </ul>	<p><u>Univariate logistische Regression bei Jugendlichen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sportcharakteristika</li> <li>• Tiefe Knochendichte an LWS mit Z-Score &lt;- 1.0</li> </ul> <p><u>Multivariate logistische Regression bei Jugendlichen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amenorrhoe</li> <li>• Sportcharakteristika</li> <li>• Tiefe Knochendichte an LWS und WB mit Z-</li> </ul>	<p>Univariate und multivariate logistische Regression (OR mit CI 95%)</p>

	<p><u>Multivariate logistische Regression bei Jugendlichen:</u></p> <p>Mit OR &gt; 1: zeigt unabhängige Risikofaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Alter bei Menarche, OR = 1.67 (CI: 1.09 - 2.55)</li> <li>Kumulativer Risikoscore, OR = 1.86 (CI: 1.16 – 2.97)</li> </ul>	<p>Score &lt;-1.0</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Trainingsdauer pro Woche</li> </ul>	
	<p><u>Univariate &amp; multivariate logistische Regression bei ü20-Jährigen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Keine signifikanten Ergebnisse</li> </ul>	<p><u>Univariate &amp; multivariate logistische Regression bei ü20-Jährigen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Amenorrhoe</li> <li>Alter bei Menarche</li> <li>Tiefe Knochendichte mit Z-Score &lt;-1.0 an WB und LWS</li> <li>Trainingsdauer pro Woche</li> <li>Sportcharakteristika</li> <li>Kumulativer Risikoscore</li> </ul>	<p>Univariate und multivariate logistische Regression (OR mit CI 95%)</p>
Tenforde et al. (2017)	<p><u>Kumulativer Risikoscore über alle Sportarten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiefe Risikokategorie: Als Referenz</li> <li>Moderate Risikokategorie: RR = 3.4 (CI: 1.5 – 7.8)</li> <li>Hohe Risikokategorie: RR = 10.4 (CI: 4.4 – 24.7)</li> </ul> <p><u>Kumulativer Risikoscore für Crosslauf Athletinnen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiefe Risikokategorie: Als Referenz</li> <li>Moderate Risikokategorie: RR = 4.0 (CI: 1.2 – 12.8)</li> <li>Hohe Risikokategorie: RR = 5.7 (CI: 1.5 – 13.8)</li> </ul>	<p>Keine nicht signifikante Werte</p>	<p>RR (mit 95% CI)</p>
	<p><u>Unabhängige Variablen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Crosslauf, p = 0.0002</li> <li>Oligo-/ Amenorrhoe, p = 0.0069</li> </ul>	<p><u>Unabhängige Variablen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Alter bei Menarche</li> <li>Tiefe Knochendichte: Z-Scores &lt;-1.0 und &lt;-2.0</li> </ul>	<p>Multivariate Poisson Regression</p>

#### 4.2.1 Knochenstressverletzungen

##### ***Inzidenz der BSIs***

Laut Ackerman et al. (2015) erlitten 32% der AA jemals eine Stressfraktur, bei den EA war es ein Anteil von 5.9%, während die NA keine Stressfrakturen aufwiesen. Barrack et al. (2014) diagnostizierten bei 10.8% der Teilnehmerinnen eine prospektive BSI. Bei 17 Verletzungen war es eine Stressreaktionen am Knochen und bei 11 Fällen eine Stressfraktur (Barrack et al., 2014). Nose-Ogura et al. (2019) verzeichneten bei 12% (36 von 300) aller Athletinnen eine prospektive Stressfraktur. Tenforde et al. (2017) stellten bei 15.8% (51 von 323) der Athletinnen eine Geschichte von BSIs fest. Prospektiv erlitten 25 Athletinnen Stressfrakturen/-reaktionen (Tenforde et al., 2017). Nattiv et al. (2013) haben 61 BSIs in fünf Jahren erfasst, welche bei 28% der Stichprobe auftraten.

##### ***Lokalisation der BSIs***

In allen Studien zeigten sich die meisten BSIs an den unteren Extremitäten. Die häufigsten Lokalisationen sind bei Barrack et al. (2014) die Schienbeinknochen (Tibia) und laut Nose-Ogura et al. (2019) und Tenforde et al. (2017) die Mittelfussknochen (Os metatarsi).

#### 4.2.2 Menstruationsdysfunktion

##### ***Inzidenz von Menstruationsdysfunktionen***

Ackerman et al. (2015) erfassten bei 57% (100 von 175) der Teilnehmerinnen Oligoamenorrhoe. Das Alter bei der Menarche war signifikant höher bei den AA als bei EA oder NA (Ackerman et al., 2015). Bei Barrack et al. (2014) wiesen 35.5% aller Teilnehmerinnen eine Oligo- oder Amenorrhoe und 11.1% eine späte Menarche auf. 39.0% (117 von 300) aller Athletinnen bei Nose-Ogura et al. (2019) sind amenorrhöisch. Nose-Ogura et al. (2019) präsentierten keine deskriptiven Angaben zum Alter der Menarche. Unter der gesamten Stichprobe erfassten Tenforde et al. (2017) bei 8.7% eine Amenorrhoe und bei 11.1% eine Oligomenorrhoe. Nach dem Ausschluss von Frauen, welche orale Kontrazeption einnahmen, ergab sich einen Anteil von 26% mit Oligo- oder Amenorrhoe. Davon waren 38.3% Crosslauf-Läuferinnen. Von der Stichprobe (orale Kontrazeption inkludiert) gaben 22.9% aller Athletinnen eine späte Menarche an. Die Mehrheit der Athletinnen mit später Menarche trieben «Leanness»-Sportarten, darunter

auch Crosslauf (Tenforde et al., 2017). Nattiv et al. (2013) erfragten das Menarchealter nicht. Es werden keine deskriptiven Angaben bezüglich des Menstruationsstatus präsentiert.

### ***Amenorrhoe und Oligomenorrhoe als Risikofaktor***

In drei von fünf Studien wird ein signifikanter Unterschied der BSI-Rate zwischen Frauen mit einem regulären Menstruationszyklus und einer -Dysfunktion gezeigt.

Bei Ackerman et al. (2015) wiesen AA eine signifikant höhere Stressfraktur-Rate als EA und NA auf. 32% der AA erlitten mindestens eine Stressfraktur im Leben, während es sich bei den EA um 5.9% handelt. Die NA erlitten noch nie eine Stressfraktur (Ackerman et al., 2015). Der Anteil an BSIs war bei Nose-Ogura et al. (2019) und bei Tenforde et al. (2017) signifikant höher bei AA im Vergleich zu EA. Nose-Ogura et al. (2019) präsentieren dazu folgende Angaben: 18.3% (22/120) AA und 7.8% (14/180) EA erlitten eine Stressfraktur in der prospektiven Beobachtungszeit. Barrack et al. (2014) fanden keinen signifikanten Unterschied zur Prävalenz von BSIs zwischen oligo- oder amenorrhoeischen und eumenorrhoeischen Teilnehmerinnen. Nattiv et al. (2013) präsentieren keine Daten zu dieser Korrelation.

Nose-Ogura et al. (2019) ermittelten einen Odds ratio (OR) von 12.98 für die Amenorrhoe bei jugendlichen Athletinnen, bei der die Wahrscheinlichkeit steigt, eine Stressfraktur zu erleiden. Dieses Risiko bestätigte sich nicht bei über 20-jährigen (Nose-Ogura et al., 2019). Tenforde et al. (2017) zeigten, dass der Oligo- oder Amenorrhoe-Status als ein signifikanter, unabhängiger Risikofaktor angesehen werden kann. Barrack et al. (2014) fanden mit einem OR von 1.0 keine signifikant erhöhte Chance BSIs zu erleiden, wenn eine Amenorrhoe vorliegt. Nattiv et al. (2013) haben erkannt, dass der Schweregrad der BSIs höher ist unter jenen Athletinnen, die eine Oligo- oder Amenorrhoe aufwiesen, verglichen zu jenen mit regulärem Menstruationszyklus. Ein signifikant höherer Anteil an Athletinnen mit trabekulären BSIs hatten Oligo- oder Amenorrhoe verglichen mit Athletinnen mit kortikalen Knochenstressverletzungen (75% vs. 12.5%).

### **Späte Menarche als Risikofaktor**

Nose-Ogura et al. (2019) zeigten, dass jugendlichen Athletinnen mit einer Stressfraktur ein signifikant höheres Menarchealter hatten als jugendliche Athletinnen ohne Stressfrakturen. In der univariaten logistischen Regression zeigte sich: Mit jedem verspätetem Jahr vom Einsatz der Menarche, steigt die Wahrscheinlichkeit eine Stressfraktur zu erleiden um das 1.89-fache. In der multivariaten logistischen Regression kristallisierte sich das Alter der Menarche mit einem OR von 1.67 als unabhängigen Risikofaktor bei jugendlichen Athletinnen heraus. Das Alter der Menarche zeigt bei erwachsenen Athletinnen kein signifikantes Resultat (Nose-Ogura et al., 2019). Barrack et al. (2014) und Tenforde et al. (2017) fanden keine signifikant höhere BSI-Inzidenz unter Teilnehmerinnen mit später Menarche verglichen mit Teilnehmerinnen mit regulärer Menarche.

#### 4.2.3 Verminderte Knochenmineraldichte

Barrack et al. (2014) und Tenforde et al. (2017) werteten die KMD mit Z-Scores anhand der Kriterien von De Souza et al. (2014) in zwei Kategorien aus:  $<-1.0$  und  $<-2.0$ . Nose-Ogura (2019) werteten ebenfalls nach De Souza et al. (2014) anhand der Z-scores  $<-1.0$ . Ackerman et al. (2015) beurteilten die KMD nach Z-Scores mit Angaben der Standardabweichung (SD), während Nattiv et al. (2015) die genauen Knochendichtewerte in  $\text{g}/\text{cm}^2$  inklusive der SD angaben.

### **Inzidenz von tiefer Knochendichte**

Bei Ackerman et al. (2015) wiesen AA einen signifikant tiefere Z-Score am Collum femoris, an der ganzen Hüfte, der LWS und am ganzen Körper (whole body, WB) als EA auf. Die KMD zwischen AA und NA zeigten keine signifikanten Unterschiede (Ackerman et al., 2015). Bei Barrack et al. (2014) wiesen 23.9% der Teilnehmerinnen einen Z-score  $<-1.0$  und 3.9% einen Z-Score  $<-2.0$  auf. Nattiv et al. (2015) gaben keine deskriptiven Angaben zur Knochendichte an. Nose-Ogura et al. (2019) dokumentierten bei 22.7% (68/300) eine tiefe BMD mit einem Z-Score  $<-1.0$  an der LWS. Tenforde et al. (2017) stellten bei 4.0% (13/323) der Athletinnen einen Z-Score  $<-1.0$  und bei 1.9% (6/323) einen Z-Score  $<-2.0$  fest am WB und der LWS.

### ***Tiefe Knochendichtewerte als Risikofaktor***

Bei Ackerman et al. (2015) war der Z-Score signifikant tiefer am WB und der LWS bei jenen AA, die sich eine Fraktur zugezogen haben, verglichen zu jenen AA, die sich noch nie etwas frakturiert haben. Am Collum femoris wie auch an der ganzen Hüfte zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in der Knochendichte (Ackerman et al., 2015). Barrack et al. (2014) präsentierten signifikant tiefere Knochendichtewerte in  $\text{g/cm}^2$  am Collum femoris, an der LWS und der ganzen Hüfte bei den Verletzten verglichen mit Nicht-Verletzten, nicht aber am ganzen Körper. Sie erkannten, dass Verletzte signifikant häufiger Z-Scores  $<-1.0$  und  $<-2.0$  aufwiesen als Nicht-Verletzte. Ein tiefer Z-Score  $<-1.0$  und  $<-2.0$  ging signifikant mit einer erhöhten BSI-Inzidenz einher. Sie definierten einen Z-Score von  $<-1.0$  zudem als unabhängigen Risikofaktor, der mit einem OR von 3.2 eher zu BSIs führt (Barrack et al., 2014). Nattiv et al. (2013) zeigten auf, dass jene Athleten und Athletinnen mit höhergradigen BSIs eine verminderte KMD an der Hüfte aufwiesen. Ergänzend zeigten sie, dass BSIs im trabekulären Knochenbereich mit verminderter KMD am Collum femoris, der LWS und an der Hüfte einhergehen (Nattiv et al., 2013). Nose-Ogura et al. (2019) erzielten bei der Untersuchung der jugendlichen Athletinnen mit einem Z-Score  $<-1.0$  am WB einen signifikanten OR von 4.54, bei denen es eher zu Stressfrakturen kommt als bei ausreichender Knochenausbildung. Bei Tenforde et al. (2017) konnte kein signifikanter Zusammenhang erstellt werden zwischen Z-Scores  $<-1.0$  und  $<-2.0$  und der Knochendichte.

#### 4.2.4 Leistungsorientierter Ausdauerlaufsport

### ***Prävalenz von Laufsportlerinnen mit BSIs***

Bei Barrack et al. (2014) übten 64.3% (18 von 28) der Teilnehmerinnen mit BSIs Ausdauerlaufsport professionell oder als Breitensport aus. Bei Nattiv et al. (2013) trainierten 59% der Athleten und Athletinnen mit BSIs Crosslauf oder Mittel-/Langstreckenlauf. Der Anteil an verletzten Crosslauf-Läuferinnen betrug ebenfalls 59% (Nattiv et al., 2013). Bei Nose-Ogura et al. (2019) war Langstreckenlauf, mit einem Drittel an verletzten Laufsportlerinnen (12 von 36), die häufigste Sportart, die mit einer Stressfraktur assoziiert wurde. Tenforde et al. (2017) ermittelten, dass 37.3% (22 von 51) aller Athletinnen, die retrospektiv eine BSI erlitten, Crosslauf-Läuferinnen waren. 34% (16

von 25) aller Sportlerinnen mit einer prospektiven BSI waren Crosslauf-Läuferinnen (Tenforde et al., 2017). Ackerman et al. (2015) gaben keine Angaben zur Anzahl an Laufsportlerinnen an, die BSIs erlitten.

### ***Ausdauerlaufsport als Risikofaktor***

Ackerman et al. (2015) und Barrack et al. (2014) fanden keinen signifikanten Unterschied in der Sportart zwischen den Verletzten und Nichtverletzten. Nattiv et al. (2013) präsentierten, dass ein signifikant höherer Prozentsatz an Athleten und Athletinnen mit trabekulären BSIs, verglichen zu jenen mit kortikalen BSIs, Mittel- und Langstreckenlauf trainierten. Der Schweregrad der BSIs zeigte keine signifikante Korrelation zum Mittel- und Langstreckenlauf oder anderen Leichtathletikdisziplinen (Nattiv et al., 2013). Nose-Ogura et al. (2019) zeigten kein signifikantes Resultat zwischen erhöhter Stressfrakturinzidenz und der Sportcharakteristik. Resultate zur Sportart von Tenforde et al. (2017) und Nattiv et al. (2013) werden im Unterkapitel „4.2.5 Wirkung von kombinierten Risikofaktoren“ präsentiert.

### ***Trainingsausmass als Risikofaktor***

Ackerman et al. (2015) zeigten keinen signifikanten Unterschied in der Anzahl Trainingsstunden zwischen den verletzten und nichtverletzten AA und EA. Barrack et al. (2014) ermittelten einen signifikant höheren Anteil an BSIs unter denjenigen Athletinnen, die mehr als 12 Stunden pro Woche trainierten, verglichen zu jenen, die weniger als 12 Stunden pro Woche trainierten. Die Chance für eine Stressfraktur war 4.9 - fach höher bei einem solchen Trainingsausmass (Barrack et al., 2014). Nose-Ogura et al. (2019) ermittelten einen signifikanten OR von 1.04 bei einem erhöhten Trainingsausmass bei jugendlichen Athletinnen in der univariaten logistischen Regression, jedoch ist dieser in der multivariaten nicht signifikant. Bei erwachsenen Athletinnen war das Trainingsausmass kein signifikanter Risikofaktor (Nose-Ogura et al., 2019). Nattiv et al. (2013) sowie Tenforde et al. (2017) erfragten das Trainingsausmass nicht.

#### **4.2.5 Wirkung von kombinierten Faktoren**

Tenforde et al. (2017) zeigten, dass jene Athletinnen eine höhere Wahrscheinlichkeit für BSIs haben, die in einer höheren Risikokategorie im Risikoassessment nach De Souza et

al. (2014) eingeteilt wurden: Bei den Crosslauf-Läuferinnen erlitten 3 von 24 (12.5%) der tiefen Risikokategorie prospektive BSIs, verglichen mit 8 von 16 (50.0%) und 5 von 7 (71.4%) verletzten Läuferinnen der moderaten beziehungsweise der hohen Risikokategorie. Dies entspricht einem 4.0-fach erhöhtem relativen Risiko (RR), BSIs zu erleiden, für Läuferinnen der moderaten Risikogruppe verglichen zu Läuferinnen der tiefen Risikogruppe und einem 5.7-fach höherem RR bei Läuferinnen der hohen Risikogruppe verglichen zu Läuferinnen der tiefen Risikogruppe (Tenforde et al., 2017).

Nose-Ogura et al. (2019) zeigten, dass jugendliche Athletinnen aus verschiedenen Sportarten, die einer höheren Risikokategorie zugeteilt wurden, eine 1.93-fach höhere Wahrscheinlichkeit haben Stressfrakturen aufzuweisen als jene aus der tiefen Risikokategorie. Der Risikoscore stellte sich mit einem OR von 1.86 auch als unabhängiger Risikofaktor heraus. Bei erwachsenen Athletinnen ist der Risikoscore kein signifikanter Risikofaktor (Nose-Ogura et al., 2019).

Barrack et al. (2014) beschrieben, dass wenn die Faktoren KMD Z-Score  $< -1.0$  und ein Trainingsausmass von mehr als 12 Stunden gemeinsam auftraten, erhöhte sich die Chance zu einem OR von 5.1. Diese Chance erhöhte sich weiter auf ein OR von 5.6, wenn ein dritter Faktor, die «Leanness»-Sportart, hinzukam. Tiefe KMD-Werte mit einem Z-Score  $< -1.0$  kombiniert mit dem Faktor „Leanness“-Sportart ergaben einen OR von 3.3 (Barrack et al., 2014).

### 4.3 Kritische Würdigung der inkludierten Studien

Im Folgenden werden die Hauptstudien kritisch gewürdigt. Tabelle 9 präsentiert die Gesamtpunktzahl der Hauptstudien aus dem Beurteilungsinstrument von Law et al. (1998). Die ausgewerteten Beurteilungsbögen befinden sich im Anhang.

Tabelle 9: Übersicht der erreichten Gesamtpunktzahlen (Eigene Darstellung)

Ackerman et al. (2015)	12 / 14
Barrack et al. (2014)	12 / 14
Nattiv et al. (2013)	11 / 14
Nose-Ogura et al. (2019)	10 / 14
Tenforde et al. (2017)	12 / 14

Folgende Kritikpunkte beziehen sich auf mehrere Studien. Ein Recallbias könnte bei allen Studien durch die Erhebung der Menstruations- und Frakturgeschichte mittels Fragebögen oder Befragungen vorliegen. Weiter zu kritisieren ist, dass Ackerman et al. (2015), Barrack et al. (2014) und Nose-Ogura et al. (2019) nicht einheitlich deklarieren, ob die Datenerhebung innerhalb oder ausserhalb der Sportsaison stattfand. Dies könnte Faktoren wie das Trainingsausmass, die Knochengesundheit oder sogar den Menstruationsstatus verändern. Es könnte ein Selektionsbias durch die freiwillige Teilnahme an den Studien vorliegen, welcher auch von Tenforde et al. (2017) selbst kritisiert wird.

#### 4.3.1 Ackerman et al. (2015)

Insgesamt weist die Studie eine ausreichende Güte auf. Die untersuchte Population ist auf diese Arbeit übertragbar. Die Objektivität ist mehrheitlich gegeben. Diese könnte lediglich durch das direkte Interview bei der Erfragung der Frakturgeschichte, Menstruationsdaten und Trainingsgewohnheiten beeinträchtigt worden sein. Die Reliabilität ist durch die Nutzung von standardisierten Messverfahren wie die DXA-Messungen, Waagen und Stadiometer ausgeprägt. Zusätzlich sind deskriptive Daten durch die gleiche Untersuchungsperson erfasst worden. Als Kritik kann geäussert werden, dass unklar bleibt, wie die Frakturen diagnostiziert wurden. Die Validität weist Mängel auf, da laut den

Forschenden Teilnehmerinnen mit Krankheiten, Medikationseinnahme und weiteren Supplementen mit Einfluss auf die Knochengesundheit ausgeschlossen wurden. Trotzdem werden Faktoren wie Supplementation mittels Vitamin-D und Kalzium nicht berücksichtigt. Zusätzlich wurden Daten von unter 15-Jährigen inkludiert, die ohne Vorhandensein der Menstruation zu den AA gezählt wurden, was die Erfassung des Risikofaktors Menstruationsdysfunktion verfälschen könnte. Die Analysemethoden wurden passend gewählt. Eine Auswertung der Daten anhand OR und Konfidenzintervallen (CI) wäre dennoch hilfreich gewesen, um Risikofaktoren detaillierter zu interpretieren.

#### 4.3.2 Barrack et al. (2014)

Die Güte der Studie ist als ausreichend zu bewerten mit einigen Kritikpunkten, die sich besonders auf die Validität beziehen. Es gibt keine Hinweise auf Einwirkungen der Forschenden, was die Objektivität sichert. BSIs wurden jeweils von ärztlichem Personal beurteilt, jedoch wurden nicht einheitliche Bildgebungen durchgeführt. Somit könnten diese subjektiv unterschiedlich bewertet worden sein und schränken die Reliabilität ein. Bei der Messung der Knochengesundheit ist diese jedoch gegeben durch Nutzung einer DXA-Messung. Die genaue Beschreibung der Endpunkte potenzieller Risikofaktoren und Kategorisierungen nach De Souza et al. (2014) und passende Varianzanalyseverfahren sind ebenfalls positiv zu werten. Die externe Validität ist durch die Nutzung vorbestehender Datensätze und darauffolgende Anpassungen von Ein- und Ausschlusskriterien vermindert. Eine genaue Beschreibung der Endpunkte potenzieller Risikofaktoren ist positiv zu werten in Anbetracht dessen, dass mehrere Datensätze inkludiert wurden. Somit ist die Validität mehrheitlich gegeben.

#### 4.3.3 Nattiv et al. (2013)

Die Resultate der Studie könnten durch eine überzeugende Güte auf diese Arbeit übertragen werden. Die Objektivität ist wegen mangelhaften Begriffsdefinitionen zur Amenorrhoe und später Menarche limitiert. Die Studie zeigt eine überzeugende Reliabilität durch eine klare Datenerhebung mittels standardisierten Messverfahren wie die DXA und MRT sowie dessen Klassifikationssysteme. Bei der Validität ist zu kritisieren, dass der Beobachtungszeitraum pro Athleten und Athletin nicht einheitlich definiert wurde. Positiv hingegen sind die passend gesetzten Einschlusskriterien, so dass ein Vergleich zu

anderen Sportarten und Studien möglich ist. Das Forschungsdesign sowie die statistischen Verfahren wurden passend zur Beantwortung der Forschungsfrage eingesetzt. Der mögliche Recallbias sowie das kleine Sample an Athletinnen mit Knochenverletzungen wird von den Forschenden kritisiert.

#### 4.3.4 Nose-Ogura et al. (2019)

Die Studie weist durch die Punktzahl eine mittlere bis ausgeprägte Güte auf. Die Objektivität ist limitiert, da der Selektionsprozess nicht beschrieben wird. Die Studie zeigt hingegen eine überzeugende Reliabilität durch den Einsatz von standardisierter DXA- und MRT-Messverfahren sowie des Risikoassessments nach De Souza et al. (2014). Zudem wurden Kriterien zur BSI-Diagnose definiert. Die statistischen Analysen mittels Effektstärken sind sinnvoll eingesetzt. Die Validität zeigt Schwachstellen auf. Die Dauer der Beobachtungszeit pro Athletin bleibt unklar, ebenso wurden keine Einschlusskriterien definiert. Die Stichprobengröße und die Verteilung der Sportarten innerhalb der Stichprobe bleiben unbegründet, wodurch ein Vergleich zu anderen Studien limitiert ist. Die Forschenden äussern sich in den Limitationen selbstkritisch über die Aussagekraft der Resultate zu den Stressfrakturen, da ein kleines Sample eine Stressfraktur aufwies. Hervorzuheben ist jedoch die Inklusion vieler Risikofaktoren und die passende Analyseverfahren bezogen auf die Forschungsfrage.

#### 4.3.5 Tenforde et al. (2017)

Die Studie weist insgesamt eine hohe Güte auf. Die Objektivität ist durch klare Begriffsdefinitionen und klar festgelegten Endpunkten für alle Bewertungen der Risikofaktoren gegeben. Die Reliabilität ist insgesamt durch das methodische Vorgehen, dem DXA-Standard und nachvollziehbaren statistischen Verfahren gegeben. Jedoch wird die Dauer der prospektiven Datenerhebung nicht präsentiert, wodurch die Methodik dennoch nicht vollumfänglich nachvollziehbar ist. Die Validität weist positive wie auch negative Aspekte auf. Die Dauer der Beobachtungszeit pro Athletin wird nicht beschrieben. Die externe Validität weist Mängel auf durch unterschiedliche bildgebende Verfahren zur Beurteilung von BSIs und die Modifizierung des Risikoassessments von De Souza et al. (2014). Durch ausführliche Einschlusskriterien sowie das passende Studiendesign zur Beantwortung der Fragestellung wird die Validität gestärkt.

## 5 Diskussion

Dieses Kapitel beinhaltet die Diskussion der Resultate aus den Hauptstudien unter Einbezug ihrer Qualität zur Beantwortung der Forschungsfrage. Mittels bestehender Literatur werden Zusammenhänge hergestellt und ungeklärte Fragen aufgegriffen.

### 5.1 Kritische Diskussion der Qualität

Im folgenden Kapitel wird der mögliche Einfluss der Qualität der Hauptstudien auf die Erfassung untersuchter Faktoren aufgezeigt.

#### 5.1.1 Studiendesign

Bei vier von fünf Studien handelt es sich um Kohortenstudien, wobei die prospektive Beobachtungszeit variiert. Dies hat einen Einfluss auf die Zeitspanne, in der es zu einer Knochenstressverletzung hätte kommen können. Um das Verletzungsrisiko möglichst genau zu erfassen, stechen besonders Nattiv et al. (2013) mit einer langen Beobachtungszeit von fünf Jahren hervor. Zu erwarten ist bei der längsten Beobachtungszeit auch die höchste BSI-Inzidenz. Dies bestätigte sich mit einem BSI-Anteil von 28%. Der grösste Anteil an BSIs wurde von Ackerman et al. (2015) erfasst, was bei dieser Querschnittsstudie zur Lebenszeitprävalenz von BSIs passt.

Die Kohortenstudien eignen sich besser für die Beantwortung der Fragestellung. Einige Forschenden kritisieren, dass Risikofaktoren nur einmal gemessen wurden. Stattdessen hätte sich eine zweite Messung beim Auftreten einer BSI gelohnt, um Veränderungen zu erfassen. So wären ein Vergleich und eine Einschätzung zur Ausprägung der einzelnen Faktoren möglich. Bei diesen Hauptstudien können jedoch nur bedingt Aussagen über den Wirkungsgrad eines potenziellen Risikofaktors auf die BSI-Inzidenz gemacht werden, weil sie nur einmal erfasst wurden.

Die Stichproben werden in verschiedene Subgruppen anhand unterschiedlicher Merkmale unterteilt. Resultate zu den potenziellen Risikofaktoren, die jeweils im Vergleich der Subgruppen stehen, lassen sich zwischen den fünf Hauptstudien nicht vergleichen. Aussagen können für jeden Einflussfaktor einzeln abgeleitet werden.

Unklar, jedoch wichtig zur Beantwortung der Forschungsfrage wäre die Angabe, wann die prospektive Datenerhebung erfolgte. Ob jene Datenerhebung innerhalb oder ausserhalb der Trainingssaison stattfand, könnte die untersuchten Faktoren dieser Arbeit beeinflussen.

### 5.1.2 Stichprobe

Alle Studien haben grosse Stichproben, was für eine hohe Repräsentativität spricht. Die kleine Spannweite des Alters von Teilnehmerinnen zwischen dem 14. und 25. Lebensjahr ermöglicht einen Vergleich unter den Studien.

Durch die Einschlusskriterien dieser Arbeit sind die Teilnehmerinnen der Studien untereinander vergleichbar. Einzig das Einschlusskriterium, ein gewisses Mass an Ausdauersport pro Woche zu leisten, wurde breit gefasst. Die Trainingsprogramme und somit der zeitliche Trainingsaufwand variierten zwischen den Stichproben, was keine genaue Interpretation erlaubt.

Die Forschenden inkludierten verschiedene Sportarten, wobei in allen Studien Ausdauerlaufsport am meisten vertreten ist. Die Aussagen dieser Arbeit betreffen somit nicht ausschliesslich Ausdauerläuferinnen. Möglicherweise wären die Resultate eindeutiger, wenn der Ausdauerlaufsport allein untersucht worden wäre. Hierbei wäre es für zukünftige Forschung interessant, die Risikofaktoren nur bei Läuferinnen zu ermitteln.

Medikamente sowie andere Faktoren, welche nachweislich die untersuchten Risikofaktoren beeinflussen wie beispielsweise die Kontrazeption, wurden in den Studien nicht einheitlich als Ausschlusskriterium gesetzt. So bleibt unklar, inwiefern diese Merkmale Einfluss auf die in dieser Arbeit untersuchten Risikofaktoren haben.

Um die Wirkung eines potenziellen Einflussfaktors zu erfassen, müssten die Ursache dieses Faktors wie auch die Dauer, wie lange er bestanden hat, erfasst werden. Die Herleitung der risikoerhöhenden Parameter und vorbestehender Merkmale geht über den Rahmen dieser Bachelorarbeit hinaus.

### 5.1.3 Methodik der Studien

Die Analysemethoden sind in jeder Studie unterschiedlich. Zahlenwerte wie Odds Ratio oder Relatives Risiko sind nicht vergleichbar und können für die Beantwortung der Forschungsfrage nicht zugezogen werden. Aussagen von den signifikanten, beziehungsweise nicht-signifikanten Resultaten können abgeleitet und zueinander in Bezug gesetzt werden.

#### ***Erfassung der Knochenstressverletzungen***

Ein entscheidender Faktor für die Diagnosestellung und Bewertung einer Knochenstressverletzung ist die Wahl der Bildgebung. Mehrheitlich wurde in den Hauptstudien nebst anderen bildgebenden Verfahren die MRT eingesetzt, welches mit einer Sensitivität von 88% das Standardverfahren ist, um auch Vorstufen von Stressfrakturen zu diagnostizieren (Gaeta et al., 2005).

Anhand von MRTs konnten Nattiv et al. (2013) die BSIs nach definierten Kriterien in vier Schweregrade erfassen. Bei den anderen Studien ist die Transparenz zur BSI-Erfassung aufgrund der Nutzung verschiedener bildgebender Verfahren und mangelnder Kriterien zur Bewertung von BSIs getrübt. Die Resultate könnten aufgrund des Einsatzes verschiedener Diagnoseverfahren variieren. Die Vorgehensweise von Ackerman et al. (2015) ist kritisch zu bewerten: Die Stressfrakturen wurden nur mittels Fragebögen und ohne bildgebende Diagnostik erfasst. Ein Recall-Bias könnte die Angaben verfälschen.

Für die Beantwortung der Forschungsfrage eignen sich die Definitionen der BSIs der Hauptstudien. Verschiedene Knochenstressverletzungen mit oder ohne Frakturlinie werden inkludiert. Kritisch ist, dass bei Ackerman et al. (2015) und bei Nose-Ogura et al. (2019) die Vorstufen von Stressfrakturen ausgeschlossen wurden, während diese bei den anderen erfasst wurden. Dabei wäre die Diagnose von Vorstufen wichtig, um höhergradige Folgefrakturen zu vermeiden und eine Therapie einleiten zu können.

Unklar ist bei den prospektiven Studien, ob retrospektive BSIs zur Gesamtanzahl aller BSIs gezählt wurden. Diese könnten die Ergebnisse verfälschen, da unklar bleibt, inwiefern die potenziellen Risikofaktoren bereits bestanden haben und Einfluss nehmen.

#### ***Erfassung der Knochendichte***

Die KMD wurde bei allen Studien mittels DXA an der LWS sowie an weiteren Lokalisationen gemessen. Es ist davon auszugehen, dass die Lendenwirbelkörper (LWK) 1 - 4 gemessen wurden, da dies der Standardempfehlung entspricht (Prof. Dr. Bartl, 2023).

KMD-Werte wurden als Rohwerte in  $\text{g/cm}^2$  oder als Z-Scores ausgewertet. Einerseits wurden die Z-Scores von zwei Studien in die standardisierten Kategorien  $<-1.0$  und  $<-2.0$ , andererseits von Nose-Ogura et al. (2019) als Z-Score  $>-1.0$  und  $<-1.0$  ausgewertet. Diese unterschiedlichen Auswertungen schränken die Vergleichbarkeit ein. Zu kritisieren ist, dass Nose-Ogura et al. (2019) alle Knochendichtewerte  $<-1.0$  in die gleiche Kategorie setzte und die Kategorie  $<-2.0$  nicht nutzte. Die Nutzung der standardisierten Z-Scores wäre gewinnbringender, da sie alters-, geschlechts- und Ethnie-spezifisch sind und Veränderungen im Knochenwachstum berücksichtigen (Skorseth et al., 2020). Die Z-Scores von Barrack et al. (2014) und Tenforde et al. (2017) können direkt verglichen werden, da dieselben Endpunktebewertung aus dem „Female Athlete Triad Risk Assessment“ nach De Souza et al. (2014) genutzt wurden. Noch besser wäre eine Auswertung anhand T-Scores gewesen, um das Osteoporoserisiko miterfassen zu können.

### ***Erfassung des Ausdauerlaufsports und des Trainingsausmasses***

Das Sportniveau der untersuchten Teilnehmerinnen variierte zwischen den verschiedenen Studien. Ein hohes Trainingsausmass wurde entweder durch Kriterien der Forschenden definiert oder erfragt. Unter dem Begriff Ausdauerlaufsport wurden Leichtathletik und folgende drei Disziplinen einbezogen: Mittel- und Langstreckenlauf sowie Crosslauf.

## **5.2 Einzelne Risikofaktoren**

Dieses Kapitel zeigt auf, inwiefern die untersuchten Parameter als alleinstehende Risikofaktoren für Knochenstressverletzungen zu werten sind.

### **5.2.1 Menstruationsdysfunktion**

Die Vergleichbarkeit der sekundären Amenorrhoe und Oligomenorrhoe ist eingeschränkt, da unterschiedliche Definitionen genutzt werden. Diese Resultate können deshalb nicht einzeln verglichen und interpretiert werden. Wenn in der Datenauswertung der Studien

vom Begriff «Amenorrhoe» gesprochen wird, wurden die primäre und sekundäre Amenorrhoe nicht differenziert. Dies verfälscht die Daten, weil Teilnehmerinnen, die eine späte Menarche aufwiesen, zu den Teilnehmerinnen mit sekundärer Amenorrhoe gezählt wurden. Diese Herangehensweise wurde von Ackerman et al. (2015) kritisiert. Dadurch können Aussagen nur generalisiert zu den drei Menstruationsdysfunktionsformen formuliert werden. Einzig die verspätete Menarche beziehungsweise primäre Amenorrhoe ist einzeln interpretierbar, weil vier Studien, die das untersucht haben, dazu eine einheitliche Definition und eine einzelne Datenauswertung präsentieren. Die Trennung der Dysfunktionen wäre in zukünftigen Studien zu untersuchen, um den Wirkungsgrad der jeweiligen Form zu identifizieren.

Die Tabelle 10 zeigt mit „JA“ oder „NEIN“, ob Menstruationsdysfunktionen als Risikofaktoren erfasst wurden oder mit „Keine Werte“, dass diese nicht ausgewertet wurden. Die Ergebnisse von Nattiv et al. (2013) können hier nicht beigezogen werden, da kein Vergleich zwischen den verletzten und nicht-verletzten Athletinnen aufgestellt wurde.

Tabelle 10: Signifikante und nicht-signifikante Resultate zu den Menstruationsdysfunktionen: primäre Amenorrhoe, sekundäre Amenorrhoe und Oligomenorrhoe. (Eigene Darstellung)

\*Es wird nicht deklariert, ob die primäre Form im Begriff "Amenorrhoe" inkludiert wurde.

	Ackerman et al. (2015)	Barrack et al. (2014)	Nose-Ogura et al. (2019)	Tenforde et al. (2017)
Primäre Amenorrhoe	Keine Werte	NEIN	JA bei <20-Jährigen NEIN bei >20-Jährigen	NEIN
Primäre und/oder sekundäre Amenorrhoe*	«Oligoamenorrhoe»: JA	Oligomenorrhoe oder sekundäre Amenorrhoe: NEIN	Amenorrhoe*: JA bei <20-Jährigen NEIN bei >20-Jährigen	Oligomenorrhoe oder Amenorrhoe*: JA
Oligomenorrhoe			Keine Werte	

Die knappe Mehrheit der Resultate tendiert zur Aussage, dass eine Oligo- oder Amenorrhoe als signifikanter Risikofaktor für Knochenstressverletzungen bei

Ausdauerlaufsportlerinnen anzusehen ist. Dieses Resultat deckt sich mit weiterer Literatur (Bennell et al., 1995; Duckham et al., 2012). Widerlegt wird dies von Barrack et al. (2014). Im Gegensatz zu den anderen wurde in dieser Studie die primäre und sekundäre Form der Amenorrhoe sauber voneinander getrennt analysiert. Barrack et al. (2014) fanden heraus, dass eine sekundäre Amenorrhoe oder eine Oligomenorrhoe nicht als Risikofaktoren anzusehen sind. Dieser Widerspruch konnte unter Berücksichtigung anderer Literatur nicht erklärt oder bestätigt werden.

Nose-Ogura et al. (2019) bestätigten zwei altersabhängige Resultate: Die Entwicklung einer Knochenstressverletzung hängt nicht nur vom Menstruationsstatus ab, sondern auch vom Alter der Athletinnen. Bei Athletinnen unter dem 20. Lebensjahr sind beide Amenorrhoe-Formen prädisponierend für BSIs. Die Resultate der anderen Studien widerlegen die Aussage, dass der späte Einsatz der Menarche ein signifikanter Risikofaktor für die Entwicklung von BSI darstellt. Dieser Widerspruch wird im Kapitel „5.3 Kombination der Risikofaktoren“ erläutert.

#### 5.2.2 Verminderte Knochenmineraldichte

Insgesamt lassen die Resultate keine eindeutige Antwort zu, ob eine tiefe Knochendichte prädisponierend für Knochenstressverletzungen ist. Die Vergleichbarkeit der Resultate ist limitiert aufgrund von unterschiedlichen Verfahren zur Auswertung. Signifikante Zusammenhänge lassen sich dennoch ableiten.

Die Tabelle 11 zeigt mit „JA“ oder „NEIN“, ob eine verminderte Knochendichte gewertet mit einem Z-Score oder der genauen KMD-Werte als signifikanter Risikofaktor für eine Knochenstressverletzung bei den Studien erfasst wurde. Mit „Keine Werte“ wird dargestellt, dass dieser Faktor nicht ausgewertet wurde. Resultate von Nattiv et al. (2013) wurden hier ausgeschlossen, weil kein Vergleich zwischen den verletzten und nicht-verletzten Athletinnen aufgestellt wurde. Bei den beiden Z-Scores  $<-1.0$  und  $<-2.0$  bleibt unklar, aus welchem Messpunkt diese Scores ausgewertet wurden oder ob es sich dort um einen Durchschnitt der Knochendichte aus mehreren Messpunkten handelt.

Tabelle 11: Signifikante und nicht-signifikante Resultate zur verminderten Knochendichte. Abkürzungen: AA, Amenorrhoeische Athletinnen; LWS, Lendenwirbelsäule; WB, Whole body. (Eigene Darstellung)

	Ackerman et al. (2015)	Barrack et al. (2014)	Nose-Ogura et al. (2019)	Tenforde et al. (2017)
Z-Score <-1.0 allg.	Keine Werte	JA	Keine Werte	NEIN
Z-Score <-2.0 allg.	Keine Werte	JA	Keine Werte	NEIN
Z-Score LWS	JA (bei AA)	Keine Werte	NEIN (<20 & >20-Jährige)	Keine Werte
Z-Score WB	JA (bei AA)	Keine Werte	JA (<20-Jährige) NEIN (>20-Jährige)	Keine Werte
Z-Score Collum femoris	NEIN (bei AA)	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
Z-Score Total Hip	NEIN (bei AA)	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
BMD-Wert in g/cm <sup>2</sup> : LWS	Keine Werte	JA	NEIN (<20 & >20-Jährige)	Keine Werte
BMD-Wert in g/cm <sup>2</sup> : WB	Keine Werte	NEIN	JA (<20-Jährige) NEIN (>20-Jährige)	Keine Werte
BMD-Wert in g/cm <sup>2</sup> : Collum femoris	Keine Werte	JA	Keine Werte	Keine Werte
BMD-Wert in g/cm <sup>2</sup> : Total Hip	Keine Werte	JA	Keine Werte	Keine Werte

Insgesamt belegen Barrack et al. (2014) den Zusammenhang zwischen einer tiefen Knochendichte und einem erhöhten BSI-Risiko mit fünf Resultaten am häufigsten, während diese in den anderen drei vergleichbaren Studien widerlegt wird oder bei unterschiedlichen Messpunkten zueinander widersprüchlich ist. Über alle Hauptstudien gefasst sind die Resultate nicht eindeutig. Dieser Widerspruch zeigt sich auch in weiteren Studien, welche Läuferinnen untersuchten (Bennell et al., 1996; Kelsey et al., 2007).

Mit bis zu einem Anteil von 27.8% präsentieren sich in den Studien Teilnehmerinnen, welche mehrheitlich gewichtstragende Sportarten ausüben, mit Z-Scores <-1.0. Diese KMD wird nach dem American College of Sports Medicine (ACSM) bei diesen Sportlerinnen als kritisch bewertet (Nattiv et al., 2007). Erschreckend zeigten sich in den Hauptstudien ein

geringer Anteil an Teilnehmerinnen mit Z-Scores  $<-2.0$ . Diese Athletinnen sind besonders gefährdet, den physiologischen PBM nicht zu erreichen (Korsten-Reck, 2010).

Nose-Ogura et al. (2019) erfassten eine tiefe Ganzkörperknochendichte als signifikanter Risikofaktor bei unter 20-Jährigen, jedoch nicht bei über 20-jährigen Athletinnen. Die Forschenden gehen davon aus, dass die meiste Knochenmineralisation zwischen dem 12. und 15. Lebenslauf stattfindet. Die Frage bleibt offen, ob die verminderte Knochendichte auf das junge Alter und somit auf eine noch nicht vollständige Knochenmineralisation im Wachstum zurückzuführen ist, oder ob gerade bei diesen jungen Teilnehmerinnen noch andere Faktoren vorlagen, die zu einer tiefen KMD führten. Es wurde keine Literatur gefunden, welche die Entwicklung der KMD in Abhängigkeit des Alters bei Laufsportlerinnen aufzeigt.

In den Hauptstudien zeigen sich Stressfrakturen an Läuferinnen mit tiefer KMD, welche per Definition eine Insuffizienzfraktur darstellen. Besonders bei diesen Läuferinnen besteht die Gefahr, vorzeitig an Osteoporose und Folgefrakturen zu leiden, da der Knochen bereits in jungen Jahren von einer pathologischen Mikroarchitektur gekennzeichnet ist.

### 5.2.3 Leistungsorientierter Ausdauerlaufsport

Die Tabelle 12 zeigt mit „JA“ oder „NEIN“, ob der Ausdauerlaufsport und das Trainingsausmass als Risikofaktoren für BSIs gewertet wurden oder mit „Keine Werte“, dass diese Faktoren nicht ausgewertet wurden.

Tabelle 12: Signifikante und nicht-signifikante Resultate zum Ausdauerlaufsport und zum Trainingsausmass. (Eigene Darstellung)

	Ackerman et al. (2015)	Barrack et al. (2014)	Nattiv et al. (2013)	Nose-Ogura et al. (2019)	Tenforde et al. (2017)
Ausdauerlaufsport	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	Keine Werte
				JA (Risikoassessment bei <20-Jährige) NEIN (Risikoassessment bei >20-Jährige) → verschiedene Sportarten	JA (Risikoassessment) → Läuferinnen
Trainingsausmass	NEIN	JA	Keine Werte	JA (<20-Jährige) NEIN (>20-Jährige)	Keine Werte

### Ausdauerlaufsport

Ausdauerlaufsport stellt laut vier Studien keine Prädisposition für BSIs dar. Tenforde et al. (2017) haben diesen Faktor nicht einzeln ausgewertet. In bestehender Literatur wurde der Ausdauerlaufsport jedoch als Risikofaktor für Stressfrakturen bestätigt (Hoch et al., 2005; Knechtle et al., 2022). Der Widerspruch zu bestehender Literatur lässt darauf schliessen, dass im Ausdauerlaufsport noch andere Faktoren mitwirkend sind. Der Widerspruch könnte auch auf die Inklusion vieler Sportarten in den Hauptstudien zurückzuführen sein.

Zum Ausdauerlaufsport zeigen sich in den Hauptstudien Auffälligkeiten trotz nicht-signifikanter Resultate. Tenforde et al. (2017) haben festgestellt, dass Laufsportlerinnen, welche sich in der mittleren bis hohen Risikokategorie nach De Souza et al. (2014) befinden, signifikant häufiger BSIs erleiden. Nose-Ogura et al. (2019) stellten den gleichen Zusammenhang bei unter 20-jährigen Athletinnen fest, wobei nebst dem Laufsport viele weitere Sportarten inkludiert wurden. Dieses Resultat ist mit Vorsicht zu geniessen, da das Risikoassessment verschiedene Faktoren beinhaltet. Es kann keine Aussage getroffen werden, ob hierbei wirklich der Ausdauerlaufsport der entscheidende Faktor für ein erhöhtes BSI-Risiko ist oder viel eher anzunehmen ist, dass im Ausdauerlaufsport eine

erhöhte Gefahr besteht, sich in den höheren Risikokategorien zu befinden. Eine Einordnung in eine höhere Risikokategorie könnte als prädisponierend für BSIs zählen. Zum jetzigen Zeitpunkt gibt es keine weiteren publizierten Informationen, die den Zusammenhang zwischen dem Ausdauerlaufsport und der Population, die in der mittleren oder hohen Risikokategorie eingestuft werden, beschreibt.

Des Weiteren ist auffällig, dass in vier von fünf Studien mindestens ein Drittel der Ausdauerlaufsportlerinnen eine BSI erlitten. Ackerman et al. (2015) publizierten keine Anzahl von Athletinnen mit BSIs. Unter allen Sportarten wurde Ausdauerlaufsport am häufigsten mit BSIs assoziiert. Diese Arbeit beinhaltet Studien, in denen der Ausdauerlaufsport die grösste Untergruppe war, was eine höhere Anzahl verletzter Athletinnen nach sich zieht und so diese Auffälligkeit erklären könnte.

### ***Trainingsausmass***

Die Resultate von zwei Studien sind widersprüchlich zueinander. Nose-Ogura et al. (2019) konnte den Zusammenhang ausschliesslich bei unter 20-jährige Athletinnen erstellen.

Die Daten zum hohen Trainingsausmass sind kaum vergleichbar, weil die Definitionen und Auswertungen für ein hohes Trainingsausmass unterschiedlich sind. Dementsprechend könnten die Ergebnisse uneindeutig ausgefallen sein. Es wäre interessant, diesen Faktor mit einheitlicher Erfassung zu evaluieren.

In weiterer Literatur wurde ein zeitlich intensives Training von mehr als acht Stunden pro Woche als Risikofaktor identifiziert. Innerhalb der generellen Bevölkerung kann ein solch hohes Engagement durchaus Einfluss auf die Entwicklung von Stressfrakturen haben (Field et al., 2011). Das gleiche Ergebnis bestätigte sich ebenfalls bei der expliziten Untersuchung von Laufsportlerinnen auf Hochschulniveau (Johnson et al., 1994). Somit scheint eine Korrelation zwischen Anzahl Trainingsstunden und dem Auftreten von BSIs nicht ausgeschlossen, bedarf jedoch weiterer Forschung.

In dieser Arbeit bleibt unklar, inwiefern die Art der Belastung beziehungsweise die biomechanischen Einflüsse bei zeitlich intensivem Training und weiten Laufstrecken eine Auswirkung auf das Auftreten von BSIs haben. Es wäre möglich, dass das Training

unabhängig des Ausmasses einen Einfluss auf die Entwicklung von BSIs hat, je nachdem wie das leistungsorientierte Training gestaltet ist.

### 5.3 Wirkung von kombinierten Faktoren

In dieser Arbeit wurde erkannt, dass sich die untersuchten Risikofaktoren gegenseitig beeinflussen können. Die Relation dieser Parameter in Kombination zueinander und im Rahmen der FAT wird im folgenden Text aufgezeigt.

#### 5.3.1 Menstruationsdysfunktion - KMD - BSI

Die Ergebnisse der Hauptstudien erlauben keine Aussage darüber, bei welchen Teilnehmerinnen mit einer BSI und einer tiefen KMD ebenfalls eine Menstruationsdysfunktion vorlag, weil keine derartigen Untergruppen gebildet wurden, ausser bei Ackerman et al. (2015). Die Verringerung der KMD aufgrund eines Östrogenmangels bei einer Menstruationsdysfunktion wurde bestätigt (Korsten-Reck, 2010). Diese Erklärung erlaubt die Interpretation folgender Ergebnisse.

Nose-Ogura et al. (2019) erfassten eine Amenorrhoe und eine tiefe KMD am ganzen Körper als unabhängiger Risikofaktor bei unter 20-jährigen, nicht aber bei über 20-jährigen Athletinnen. Dieser Zusammenhang wird von zwei Studien jedoch dementiert. Das Resultat von Nose-Ogura et al. (2019) könnte einen Hinweis darauf geben, dass eine Amenorrhoe vor dem 20. Lebensjahr drastischere Konsequenzen auf die Knochenqualität hat als bei über 20-Jährigen. Ältere Teilnehmerinnen entwickelten wohl eine genügende Knochenmineralisation, sodass die KMD und der Menstruationsstatus keine relevanten Risikofaktoren für BSIs sind.

Nose-Ogura et al. (2019) definieren eine späte Menarche als Risikofaktor bei unter 20-jährigen, jedoch nicht bei über 20-jährigen Athletinnen. Eine mögliche Erklärung für diesen Unterschied könnte sein, dass die Teilnehmerinnen zwischen dem 20. und 25. Lebensjahr, welche früher eine Menstruationsdysfunktion hatten, in der Zwischenzeit einen normalen Zyklus wiedererlangten. Das Knochendefizit könnte sich somit in der Zwischenzeit erholt haben, da sich die Knochenqualität bei einem Wiedererlangen der Menstruation verbessern kann (Korsten-Reck, 2010). Aus diesem Grund hat sich möglicherweise bei über 20-Jährigen dieser Studie und bei den zwei Hauptstudien, die diesen

Zusammenhang widerlegt haben, keine Korrelation zwischen einer primären Amenorrhoe und einer Knochenstressverletzung gezeigt. Fraglich ist, in welchem Alter eine Eumenorrhoe wieder einsetzen müsste und wie viele gesunde Zyklusjahre nötig sind, um einen KMD-Verlust in den Jugendjahren auszugleichen und im besten Falle den PBM dennoch erreichen zu können.

Ackerman et al. (2015) zeigen auf, dass die Knochenmikroarchitektur der AA der Knochenmikroarchitektur von postmenopausalen Frauen ähnelt. Das erhöhte Stressfrakturrisiko wurde bei postmenopausalen Frauen mit schlechter Knochenmikroarchitektur bestätigt (Ackerman et al., 2011; Farr et al., 2013). Aufgrund dieser Ähnlichkeit muss bei AA auch von der potenziellen Gefahr einer Stressfraktur – oder vielmehr einer Insuffizienzfraktur – ausgegangen werden. Ackerman et al. (2015) gehen von einer Dosis-Wirkungs-Beziehung aus: Je länger die Amenorrhoe besteht, desto deutlicher zeigt sich eine Minderung der KMD. Geht man aber von dieser Dosis-Wirkungs-Beziehung aus, besteht auch bei primärer Amenorrhoe die gleiche Problematik. Wieso sind jedoch die Resultate von Barrack et al. (2014), Tenforde et al. (2017) sowie bei über 20-jährigen Athletinnen von Nose-Ogura et al. (2019) diesbezüglich nicht signifikant? Bei jüngeren Teilnehmerinnen könnte argumentiert werden, dass der knochenmindernde Effekt durch den Östrogenmangel noch nicht lange genug bestand, dass sich dieser in einer BSI zeigte und deshalb keine Korrelation zwischen einer späten Menarche und einem BSI-Risiko erstellt wurde. Die Knochenmineralisation scheint sich demnach vor allem im jungen Erwachsenenalter zu entwickeln, um den PBM Mitte Zwanzig zu erreichen. Auch hier könnte bei älteren Teilnehmerinnen der Fall sein, dass sich ihre KMD mit dem Wiedererlangen eines regulären Zyklus verbessert hat. Offen bleibt die Frage, wie lange die Menstruationsdysfunktion bei den Teilnehmerinnen der Hauptstudien bestand und somit, wie lange ein Östrogenmangel vorliegen muss bis sich knochenmindernde Effekte zeigen.

Bei Nattiv et al. (2013) wiesen jene mit einer höhergradigen BSI eine tiefere Knochendichte an der Hüfte auf und waren häufiger oligo- oder amenorrhöisch. Dies legt nahe, dass eine tiefe KMD mit einem höheren Schweregrad der Verletzung einhergeht. Dies könnte auf die Östrogenabhängigkeit der Knochengesundheit zurückzuführen sein.

Eine weitere Studie bei sekundärer Amenorrhoe bestätigt dieselbe Korrelation (Nose-Ogura et al., 2018).

### 5.3.2 Ausdauerlaufsport - Biomechanik - Muskelmasse

Besonders der Ausdauerlaufsport ist eine Sportart mit hohen Wirkungskräften auf den gewichttragenden Knochen. Bei gesunden Läuferinnen sollte die KMD durch die gewichtstragende Belastung und dem Vorteil der Knochenneubildung besser ausgebildet sein als bei NA (McCormick et al., 2012; Scofield & Hecht, 2012).

Bei Tenforde et al. (2017), Nose-Ogura et al. (2019) und Nattiv et al. (2013) häuften sich die BSIs an der unteren Extremität. Die Knochendichte war somit nicht suffizient, um die Belastung tragen zu können. Dieser Zusammenhang wurde an der unteren Extremität und am Becken bestätigt (Albrecht & Biedert, 2004; McCormick et al., 2012). Offen bleibt die Frage, ob ein hormonell-bedingtes Knochendefizit durch gewichttragende Aktivität ausgeglichen werden kann. Es ist davon auszugehen, dass die KMD von AA nicht suffizient ist, um den leistungsorientierten Ausdauerlaufsport verletzungsfrei durchzuführen.

Nebst des Belastungsreizes auf den Knochen spielt die Muskelmasse eine relevante Rolle. Sie schützt den Knochen vor repetitiven Mikrotraumata, indem der Aufprall und die Last auf den Knochen absorbiert wird (Garrett et al., 1987). Nose-Ogura et al. (2019) haben bei über 20-jährigen Athletinnen eine deutlich höhere Muskelmasse gemessen und nehmen an, dass dies der Grund ist, weshalb die Triade-Faktoren bei dieser Altersklasse nicht zu einem höheren BSI-Risiko führte.

Inwiefern der Trainingsaufbau und die Trainingsgestaltung Einfluss auf die biomechanischen Belastungen haben, kann in dieser Arbeit nicht geklärt werden.

### 5.3.3 Leanness-Sportart - Trainingsausmass - Tiefe KMD

Nach Barrack et al. (2014) scheinen Athletinnen, die eine verminderte KMD zeigen und ein hohes Trainingsausmass erreichen, gefährdet für das Auftreten von BSIs. Ebenfalls ist die Kombination von tiefer KMD und «Leanness»-Sport» risikoe erhöhend. Besonders interessant ist die signifikante Dreifach-Kombination dieser Faktoren. Diese könnte zurückzuführen sein auf den Leistungsgedanken: Im Laufsport sind Athletinnen dem Druck

ausgesetzt, einem schlanken Körperideal zu entsprechen und zeitlich intensive Trainingsprogramme zu absolvieren (Hutson et al., 2021). Ein hohes Trainingsausmass könnte das Verhältnis zwischen Knochenanbau und -abbau stören, wodurch Mikrotraumata nicht genügend ausheilen und folglich zu BSIs führen. Fraglich ist, ob bei einem gestörten Verhältnis eine gesunde KMD erreicht und aufrechterhalten werden kann.

Ackerman et al. (2015) heben hervor, dass besonders in der „Leanness“-Sportkategorie viele AA eine erhöhte BSI-Inzidenz aufzeigten. Es ist bestätigt, dass eine tiefe Energieverfügbarkeit, die unter anderem durch eine Essstörung auftritt, in eine Menstruationsdysfunktion resultiert (Hutson et al., 2021). Ob eine tiefe Energieverfügbarkeit bei AA auf eine verminderte Energiezufuhr oder auf sehr hohes Trainingsausmass zurückzuführen ist, bleibt ungeklärt.

#### 5.3.4 Weitere Einflussfaktoren

Nebst der Knochenqualität, dem Menstruationsstatus und dem leistungsorientierten Ausdauerlaufsport können Energiebilanz, BMI, Fettanteil und Vitamin D einen Einfluss auf die Entwicklung von BSI haben. Diese Faktoren wurden in dieser Arbeit nicht untersucht, können aber die hier untersuchten Faktoren beeinflussen und erweitern den Rahmen der FAT (De Souza et al., 2014).

Die Einteilung in die mittlere oder in die höhere Risikokategorie des Assessments von De Souza et al. (2014) wurde in zwei Studien mit erhöhtem BSI-Risiko erkannt. Dies bestätigt die Validität des Risikoassessments, erlaubt aber für die Beantwortung der Forschungsfrage keine Rückschlüsse auf die einzelnen Risikofaktoren. Gerade weil sich bei einer Laufsportlerin mehrere potenzielle Risikofaktoren zeigen können, ist eine Abgrenzung und das Identifizieren eines Hauptfaktors für eine Knochenstressverletzung nur begrenzt möglich.

#### 5.4 Limitationen

Diese Bachelorarbeit ist im Bereich der Epidemiologie angesiedelt. Im Rahmen der FAT wurden bekannte, aber auch noch unerforschte Faktoren aufgegriffen, die zu BSIs führen können. Von dieser Arbeit kann anhand der Ein- und Ausschlusskriterien nicht garantiert werden, dass diese alle berücksichtigt wurden. Das BSI-Risiko könnte aufgrund eines

Confounders, der nicht in dieser Arbeit untersucht wurde, erhöht worden sein. Mögliche Confounder wären die tiefe EV, die Gestaltung des Trainings, das Körpergewicht sowie weitere Merkmale der Knochenmikroarchitektur.

Die Schlussfolgerung dieser Arbeit kann eher als Denkansatz verwendet werden, weil Aussagen auf die Risikofaktoren und besonders bezüglich des Ausdauerlaufsports verallgemeinert wurden. Weitere Literatur wurde einbezogen, welche die Fragestellung nur indirekt beantwortet.

## 6 Schlussfolgerung

Im folgenden Kapitel wird die Fragestellung beantwortet. Die Hypothesen werden aufgegriffen und der Praxisbezug sowie weiterführende Fragen werden aufgestellt.

### 6.1 Beantwortung der Fragestellung

Die Antwort auf die Frage, inwiefern das Risiko für Knochenstressverletzungen bei jungen leistungsorientierten Ausdauerlaufsportlerinnen mit einem oligo- oder amenorrhoebedingtem Knochendefizit besteht, kann anhand dieses Literaturreviews von fünf Studien nur teilweise hergeleitet werden.

Nach der Analyse der inkludierten Studien stellte sich heraus, dass eine oligo- oder amenorrhoe-induzierte KMD-Minderung bei jungen leistungsorientierten Ausdauerlaufsportlerinnen durchaus zu BSIs führen kann. Bei den Studien wurden jedoch zu wenige Untergruppen gebildet, die dies vollumfänglich für jeden Faktor einzeln bestätigen können. Zusätzlich ist unklar, welche Form und Dauer einer Menstruationsdysfunktion einen Einfluss auf die KMD und somit auf die Entwicklung einer Knochenstressverletzung hat. Aus der Diskussion hergeleitet zeigt sich, dass es durch hohes Trainingsausmass aufgrund von Mikrotraumata zu Stressfrakturen an der unteren Extremität kommen kann, wenn die KMD durch eine Menstruationsdysfunktion oder andere Faktoren beeinträchtigt ist. Diese Aussagen sind nicht ausschliesslich auf den Ausdauerlaufsport zurückzuführen.

In der Analyse der Hauptstudien stellt sich heraus, dass die Wirkung der untersuchten Faktoren von weiteren Triade-Faktoren beeinflusst werden kann. So ist es bei einer BSI schwierig abzugrenzen, ob es sich nur um einen Faktor oder ob es sich um ein Zusammenspiel verschiedener Faktoren handelt.

Im Folgenden werden die Hypothesen zur Forschungsfrage verifiziert oder widerlegt.

H1: Eine primäre und eine sekundäre Amenorrhoe wie auch eine Oligomenorrhoe sind Risikofaktoren für BSIs.

- Insgesamt ist davon auszugehen, dass Menstruationsdysfunktionen zu BSIs führen können. Eine Aussage über die Unterformen ist aufgrund der Datenauswertung

nicht möglich. Die primäre Amenorrhoe scheint nach dem 20. Lebensjahr das BSI-Risiko nicht zu erhöhen.

H2: Eine verminderte Knochenmineraldichte zeigt sich als Risikofaktor für BSIs.

→ Anhand der inkludierten Studien und unter Bezug bestehender Literatur lässt sich auf diese Hypothese keine eindeutige Antwort finden. Bei der Differenzierung der gemessenen Lokalisationen lässt sich kaum ein Konsens finden. Eine tiefe Knochendichte gepaart mit hohem Trainingsausmass scheint im Zusammenhang mit BSI-Inzidenzen zu stehen. In dieser Verbindung bleibt jedoch unklar, ob die tiefe KMD, das Trainingsausmass oder die Gestaltung des Trainings der ursächliche Faktor ist.

H3: Ein hohes Trainingsausmass und die Ausdauercharakteristik des Laufsports sind prädisponierend für BSIs.

→ Beim Trainingsausmass schienen die Aussagen der Forschenden umstritten. Die Ausdauercharakteristik konnte als einzelner prädisponierende Faktor zum Auftreten von BSIs widerlegt werden.

## 6.2 Empfehlungen für die Praxis

Die Resultate dieser Arbeit sind für Läuferinnen, ihre Coaches, ärztliches Personal und im grösseren Rahmen auch für Ernährungsberaterinnen und -Berater sowie Psychologinnen und Psychologen, sowie weitere Bezugspersonen relevant. Potenzielle Risikofaktoren der Triade werden beleuchtet, die sich hinter einer BSI verstecken können.

Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten stellen für Läuferinnen wichtige Ansprechpersonen dar, wenn die Läuferinnen nach einer Stressfraktur zur Therapie kommen. Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten stehen über längere Zeitperioden eng in Beziehung zu den Athletinnen sowie Trainerinnen und Trainer wie auch ärztlichem Personal. Sie tragen eine zentrale Rolle in der Früherkennung von Risikofaktoren sowie in der Nachbehandlung und Prävention weiterer BSIs. Im physiotherapeutischen Befund sollte ein Augenmerk auf mögliche Auffälligkeiten zum Verletzungshergang gelegt werden. Dazu gehören unter anderem mehrere bereits erlittene BSIs, ein Verdacht auf Osteoporose, tiefer BMI und ein intensives Trainingsprogramm. Sind eine oder mehrere

dieser Punkte ersichtlich, sollten weitere Screening-Fragen gestellt werden. Mögliche Ansätze wären:

- Haben Sie einen regelmässigen Menstruationszyklus? Wenn nicht, wann war Ihre letzte Regelblutung?
- Erlitten Sie bereits andere Verletzungen?
- Wurde schon einmal eine Knochendichtemessung an Ihnen durchgeführt?
- Wie gestaltet sich Ihr Trainingsprogramm?

Treten diese Auffälligkeiten auf, wäre eine Überweisung zu ärztlichem Personal für weitere Abklärungen nötig. Aus dieser Arbeit geht besonders die Wichtigkeit eines regulären Menstruationszyklus hervor. Das „Female Athlete Triad Risk Assessment“ von De Souza et al. (2014) stellt für ärztliches Personal eine valide Methode dar, das Risiko von Triadefaktoren und somit auch das potenzielle Risiko für weitere BSIs bei Athletinnen zu quantifizieren. Bei der Anwendung des Risikoassessments ist dennoch zu beachten, dass möglicherweise nicht alle Risikofaktoren für BSIs inkludiert sind und das Assessment nicht ausschliesslich für Laufsportlerinnen ausgelegt ist. Es dient zudem der Einordnung und Behandlung von FAT-Symptomen und zeigt auf, ob eine Athletin für die Wiederaufnahme des Sports bereit ist.

Verletzte Läuferinnen mit einer FAT-Diagnose sollten nicht nur orthopädisch für die Stressverletzung behandelt werden. Zentral ist die Behandlung von beitragenden Faktoren. Die Nachbehandlung und Rückkehr zum Sport muss angepasst werden, um die Athletinnen möglichst schonend auf das gewünschte Leistungsniveau zurückzuführen. Die aktuelle Forschung kann für Behandlungsansätze noch keine konkreten Empfehlungen aussprechen.

Besser als die Behandlung von Stressfrakturen wäre die Primärprävention der Risikofaktoren im Laufsport sowie in anderen Sportarten. Die Aufklärung über die FAT und deren Folgen findet unzureichend im professionellen Sport statt. Eine Sensibilisierung aller beteiligten Personen ist essenziell für das Wohlergehen der Athletinnen während ihrer Karriere. Keinesfalls dürfen gesundheitliche Einschränkungen aus Unwissenheit oder veralteten Denkweisen zu sportspezifischen Idealen resultieren. Durch die Aufklärung können karriereendende Verletzungen vermieden werden. Hingegen kann unter

Berücksichtigung der weiblichen Gesundheit eine lange und gesunde Sportkarriere unterstützt werden.

### 6.3 Weiterführende Gedanken

Zusätzlich zu den bereits erwähnten Fragen ergeben sich im Anschluss dieser Arbeit zwei weiterführende Gedanken.

Die Altersabhängigkeit auf die Risikofaktoren wurde in dieser Arbeit nicht untersucht, zeigte sich jedoch auffällig bei einer Studie, welche dies analysiert hat. Es wäre in zukünftigen Forschungsarbeiten interessant, das Verletzungsrisiko zwischen der frühen und späten pubertären Entwicklung bis ins Erwachsenenalter bei bestehenden Risikofaktoren, die sich negativ auf die KMD auswirken, zu identifizieren. Anhand altersentsprechender Untergruppen könnte die Entwicklung des PBM untersucht werden.

Um eindeutige Aussagen zur Wirkung der einzelnen Risikofaktoren herauszukristallisieren, wäre eine Metaanalyse anhand von Forest-Plots zu empfehlen. Anhand dieser Methode könnte von allen Risikofaktoren ein kleinster gemeinsamer Nenner gefunden werden, der auf die anderen Risikofaktoren wirkt.

## Literaturverzeichnis

- Ackerman, K. E., Cano Sokoloff, N., De Nardo Maffazioli, G., Clarke, H. M., Lee, H., & Misra, M. (2015). Fractures in Relation to Menstrual Status and Bone Parameters in Young Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(8), 1577–1586.  
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000574>
- Ackerman, K. E., Nazem, T., Chapko, D., Russell, M., Mendes, N., Taylor, A. P., Boussein, M. L., & Misra, M. (2011). Bone Microarchitecture Is Impaired in Adolescent Amenorrheic Athletes Compared with Eumenorrheic Athletes and Nonathletic Controls. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 96(10), 3123–3133.  
<https://doi.org/10.1210/jc.2011-1614>
- Ahsen, N. von, Bauer, M. F., Carl, A., Ceglarek, U., & Deufel, T. (2019). *Taschenlehrbuch klinische Chemie und Hämatologie* (K. P. Kohse & K. Dörner, Hrsg.; 9., vollständig überarbeitete Auflage). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/b-006-160376>
- Albrecht, S., & Biedert, R. M. (2004). Stressfrakturen. *Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie»*, 52(1), 27–30.
- Arendt, E., Agel, J., Heikes, C., & Griffiths, H. (2003). Stress injuries to bone in college athletes: A retrospective review of experience at a single institution. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(6), 959–968.  
<https://doi.org/10.1177/03635465030310063601>
- Barrack, M. T., Gibbs, J. C., De Souza, M. J., Williams, N. I., Nichols, J. F., Rauh, M. J., & Nattiv, A. (2014). Higher Incidence of Bone Stress Injuries With Increasing Female Athlete Triad–Related Risk Factors: A Prospective Multisite Study of Exercising

Girls and Women. *The American Journal of Sports Medicine*, 42(4), 949–958.

<https://doi.org/10.1177/0363546513520295>

Baumgartner, S. (2021). Management der „female athlete triad“/RED-S. *Journal für Gynäkologische Endokrinologie/Schweiz*, 24(1), 32–38.

<https://doi.org/10.1007/s41975-021-00179-y>

Bennell, K. L., Malcolm, S. A., Thomas, S. A., Ebeling, P. R., McCrory, P. R., Wark, J. D., & Brukner, P. D. (1995). Risk Factors for Stress Fractures in Female Track-and-Field Athletes: A Retrospective Analysis. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 5(4), 229–235. <https://doi.org/10.1097/00042752-199510000-00004>

Bennell, K. L., Malcolm, S. A., Thomas, S. A., Wark, J. D., & Brukner, P. D. (1996). The Incidence and Distribution of Stress Fractures in Competitive Track and Field Athletes: A Twelve-Month Prospective Study. *The American Journal of Sports Medicine*, 24(2), 211–217. <https://doi.org/10.1177/036354659602400217>

Berg, F. van den, & Cabri, J. (Hrsg.). (2016). *Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen* (4. Auflage). Georg Thieme Verlag.

Braun, H., Carlsohn, A., Großhauser, M., König, D., Lampen, A., Mosler, S., Nieß, A., Oberitter, H., Schäbenthal, K., Schek, A., Stehle, P., Virmani, K., Ziegenhagen, R., & Hesecker, H. (2019). Energy needs in sports. Position of the working group sports nutrition of the German Nutrition Society (DGE). *Ernahrungs Umschau*, 66(8), 146–153. <https://doi.org/10.4455/eu.2019.040>

Buchta, M., & Sönnichsen, A. (Hrsg.). (2013). *Physiologie Skript zum Physikum: Mit dem Plus im Web ; Zugangscodes im Buch* (2. Aufl). Elsevier, Urban & Fischer.

De Souza, M. J., Nattiv, A., Joy, E., Misra, M., Williams, N. I., Mallinson, R. J., Gibbs, J. C., Olmsted, M., Goolsby, M., Matheson, G., & Expert Panel. (2014). 2014 Female

Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad: 1st International Conference held in San Francisco, California, May 2012 and 2nd International Conference held in Indianapolis, Indiana, May 2013. *British Journal of Sports Medicine*, 48(4), 289–289.  
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093218>

Ducher, G., Turner, A. I., Kukuljan, S., Pantano, K. J., Carlson, J. L., Williams, N. I., & De Souza, M. J. (2011). Obstacles in the Optimization of Bone Health Outcomes in the Female Athlete Triad: *Sports Medicine*, 41(7), 587–607.  
<https://doi.org/10.2165/11588770-000000000-00000>

Duckham, R. L., Peirce, N., Meyer, C., Summers, G. D., Cameron, N., & Brooke-Wavell, K. (2012). Risk factors for stress fracture in female endurance athletes: A cross-sectional study. *BMJ Open*, 2(6), e001920. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2012-001920>

Farr, J. N., Khosla, S., Miyabara, Y., Miller, V. M., & Kearns, A. E. (2013). Effects of Estrogen with Micronized Progesterone on Cortical and Trabecular Bone Mass and Microstructure in Recently Postmenopausal Women. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 98(2), E249–E257. <https://doi.org/10.1210/jc.2012-3406>

Feigl, S. (2021). Hormone und Knochenstoffwechsel. *Journal für Klinische Endokrinologie und Stoffwechsel*, 14(2), 48–54. <https://doi.org/10.1007/s41969-021-00134-z>

Field, A. E., Gordon, C. M., Pierce, L. M., Ramappa, A., & Kocher, M. S. (2011). Prospective study of physical activity and risk of developing a stress fracture among preadolescent and adolescent girls. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 165(8), 723–728. <https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2011.34>

- Fredericson, M., Jennings, F., Beaulieu, C., & Matheson, G. O. (2006). Stress fractures in athletes. *Topics in Magnetic Resonance Imaging: TMRI*, 17(5), 309–325.  
<https://doi.org/10.1097/RMR.0b013e3180421c8c>
- Freyschmidt, J. (2016). *Skeletterkrankungen: Klinisch-radiologische Diagnose und Differenzialdiagnose* (4., vollständig überarbeitete Auflage). Springer.
- Gaeta, M., Minutoli, F., Scribano, E., Ascenti, G., Vinci, S., Bruschetta, D., Magaudda, L., & Blandino, A. (2005). CT and MR Imaging Findings in Athletes with Early Tibial Stress Injuries: Comparison with Bone Scintigraphy Findings and Emphasis on Cortical Abnormalities. *Radiology*, 235(2), 553–561.  
<https://doi.org/10.1148/radiol.2352040406>
- Garrett, W. E., Safran, M. R., Seaber, A. V., Glisson, R. R., & Ribbeck, B. M. (1987). Biomechanical comparison of stimulated and nonstimulated skeletal muscle pulled to failure. *The American Journal of Sports Medicine*, 15(5), 448–454.  
<https://doi.org/10.1177/036354658701500504>
- Grampp, S., Dimai, H.-P., Dobnig, H., Leb, G., & Willvonseder, R. (2004). Mineralstoffwechsel: Zeitschrift für Knochen- und Gelenkserkrankungen. *Journal für Mineralstoffwechsel*, 11(2), 7–10.
- Hoch, A. Z., Pepper, M., & Akuthota, V. (2005). Stress Fractures and Knee Injuries in Runners. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 16(3), 749–777. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2005.02.008>
- Huch, R., & Jürgens, K. D. (Hrsg.). (2019). *Mensch, Körper, Krankheit: Anatomie, Physiologie, Krankheitsbilder. Lehrbuch* (8. Auflage). Elsevier.
- Hutson, M. J., O'Donnell, E., Brooke-Wavell, K., Sale, C., & Blagrove, R. C. (2021). Effects of Low Energy Availability on Bone Health in Endurance Athletes and High-Impact

Exercise as A Potential Countermeasure: A Narrative Review. *Sports Medicine*, 51(3), 391–403. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01396-4>

Islam, A., Zubair, M., Wahid, S., & Noreen, U. (2021). Aetiology And Management Of Primary Amenorrhoea. *Journal of Ayub Medical College, Abbottabad: JAMC*, 33(2), 262–266.

Jakob, F. (2005). Primäre und sekundäre Osteoporose: Die wichtige Rolle des Internisten bei der Differenzialdiagnostik. *Der Internist*, 46(S01), S24–S30. <https://doi.org/10.1007/s00108-005-1417-6>

Johnson, A. W., Weiss, C. B., & Wheeler, D. L. (1994). Stress fractures of the femoral shaft in athletes—More common than expected. A new clinical test. *The American Journal of Sports Medicine*, 22(2), 248–256. <https://doi.org/10.1177/036354659402200216>

Karapanou, O., & Papadimitriou, A. (2010). Determinants of menarche. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 8(1), 115. <https://doi.org/10.1186/1477-7827-8-115>

Kelsey, J. L., Bachrach, L. K., Procter-Gray, E., Nieves, J., Greendale, G. A., Sowers, M., Brown, B. W., Matheson, K. A., Crawford, S. L., & Cobb, K. L. (2007). Risk factors for stress fracture among young female cross-country runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(9), 1457–1463. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318074e54b>

Kersch-Schindl, K. (2012). The Mechanostat model. *Journal fur Mineralstoffwechsel*, 19, 159–162.

Klein, D. A., & Poth, M. A. (2013). Amenorrhea: An approach to diagnosis and management. *American Family Physician*, 87(11), 781–788.

Kleinsorge, F., Schneider, H., & Seifert-Klauss, V. (2019). Laboranalytik bei primärer und sekundärer Amenorrhö. *Der Gynäkologe*, 52(11), 800–807.

<https://doi.org/10.1007/s00129-019-04519-9>

Knechtle, B., Jastrzbski, Z., & Nikolaidis, P. T. (2022). Vitamin-D-Mangel und Stressfrakturen im Sport. *Swiss Medical Forum – Schweizerisches Medizin-Forum*.

<https://doi.org/10.4414/smf.2022.09000>

Korsten-Reck, U. (2010). „Female athlete triad“ und Stressfrakturen. *Gynäkologische Endokrinologie*, 8(4), 230–235. <https://doi.org/10.1007/s10304-010-0368-8>

Lane, J. M., Russell, L., & Khan, S. N. (2000). Osteoporosis: *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 372, 139–150. <https://doi.org/10.1097/00003086-200003000-00016>

Lasch, L., & Fillenberg, S. (2017). *Basiswissen Gynäkologie und Geburtshilfe*. Springer.

Laurenti, M. C., Matveyenko, A., & Vella, A. (2021). Measurement of Pulsatile Insulin Secretion: Rationale and Methodology. *Metabolites*, 11(7), 409.

<https://doi.org/10.3390/metabo11070409>

Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J., & Westmorland, M. (1998). *Critical Review Form—Quantitative Studies. Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien*.

<https://www.unisa.edu.au/contentassets/72bf75606a2b4abcaf7f17404af374ad/6a-mcmasters-quantreview.pdf>

Lewiecki, E. M., Gordon, C. M., Baim, S., Leonard, M. B., Bishop, N. J., Bianchi, M.-L., Kalkwarf, H. J., Langman, C. B., Plotkin, H., Rauch, F., Zemel, B. S., Binkley, N., Bilezikian, J. P., Kendler, D. L., Hans, D. B., & Silverman, S. (2008). International

Society for Clinical Densitometry 2007 Adult and Pediatric Official Positions. *Bone*, 43(6), 1115–1121. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2008.08.106>

Liu, J., Curtis, E. M., Cooper, C., & Harvey, N. C. (2019). State of the art in osteoporosis risk assessment and treatment. *Journal of Endocrinological Investigation*, 42(10), 1149–1164. <https://doi.org/10.1007/s40618-019-01041-6>

McCormick, F., Nwachukwu, B. U., & Provencher, M. T. (2012). Stress Fractures in Runners. *Clinics in Sports Medicine*, 31(2), 291–306. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2011.09.012>

Moreira, C. A., & Bilezikian, J. P. (2016). Stress fractures: Concepts and therapeutics. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, jc.2016-2720. <https://doi.org/10.1210/jc.2016-2720>

Nattiv, A., Kennedy, G., Barrack, M. T., Abdelkerim, A., Goolsby, M. A., Arends, J. C., & Seeger, L. L. (2013). Correlation of MRI Grading of Bone Stress Injuries With Clinical Risk Factors and Return to Play: A 5-Year Prospective Study in Collegiate Track and Field Athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 41(8), 1930–1941. <https://doi.org/10.1177/0363546513490645>

Nattiv, A., Loucks, A. B., Manore, M. M., Sanborn, C. F., Sundgot-Borgen, J., Warren, M. P., & American College of Sports Medicine. (2007). American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(10), 1867–1882. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318149f111>

Nose-Ogura, S., Yoshino, O., Dohi, M., Kigawa, M., Harada, M., Hiraike, O., Onda, T., Osuga, Y., Fujii, T., & Saito, S. (2019). Risk factors of stress fractures due to the female athlete triad: Differences in teens and twenties. *Scandinavian Journal of*

*Medicine & Science in Sports*, 29(10), 1501–1510.

<https://doi.org/10.1111/sms.13464>

Nose-Ogura, S., Yoshino, O., Dohi, M., Kigawa, M., Harada, M., Kawahara, T., Osuga, Y., & Saito, S. (2018). Low Bone Mineral Density in Elite Female Athletes With a History of Secondary Amenorrhea in Their Teens. *Clinical Journal of Sport Medicine, Publish Ahead of Print*. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000571>

Ohlendorf, D., & Bundschuh, M. (2015). Knochendichte: Knochenstruktur und Einflussfaktoren. *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie*, 65(5), 275–277. <https://doi.org/10.1007/s40664-015-0046-8>

Pantano, K. J. (2009). Strategies used by physical therapists in the U.S. for treatment and prevention of the female athlete triad. *Physical Therapy in Sport*, 10(1), 3–11. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2008.09.001>

Papanek, P. E. (2003). The Female Athlete Triad: An Emerging Role for Physical Therapy. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33(10), 594–614. <https://doi.org/10.2519/jospt.2003.33.10.594>

Platzer, W., & Shiozawa-Bayer, T. (2018). *Bewegungsapparat* (G. Spitzer, Hrsg.; 12., aktualisierte Auflage). Georg Thieme Verlag.

Prof. Dr. Bartl, R. (2023, Januar 6). Knochendichtemessung [Osteoporose Selbsthilfegruppen Dachverband e.V.]. *Knochendichtemessung*. <https://www.osd-ev.org/osteoporose/knochendichtemessung/>

Roth, D., Meyer Egli, C., Kriemler, S., Birkhäuser, M., Jaeger, P., Imhof, U., Mannhart, C., Seiler, R., & Marti, B. (2000). Female Athlete Triad Diagnose—Therapie und Prävention von gestörtem Essverhalten, Amenorrhoe und Osteoporose.

*Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie», 48(3), 119–132.*

Rozenberg, S., Bruyère, O., Bergmann, P., Cavalier, E., Gielen, E., Goemaere, S., Kaufman, J. M., Lapauw, B., Laurent, M. R., De Schepper, J., & Body, J. J. (2020). How to manage osteoporosis before the age of 50. *Maturitas, 138*, 14–25.  
<https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2020.05.004>

Rubio, J. (2021, August 9). Workouts and Expert Tips to Help You Crush Your Cross Country Training [Runner's world]. *Workouts and Expert Tips to Help You Crush Your Cross Country Training*.  
<https://www.runnersworld.com/training/a20825636/cross-country-specific-training-tips/>

Schippert, C. (2010). Physiologie der gonadotropen Achse bei Leistungssport. *Gynäkologische Endokrinologie, 8(4)*, 236–239. <https://doi.org/10.1007/s10304-010-0369-7>

Scofield, K. L., & Hecht, S. (2012). Bone Health in Endurance Athletes: Runners, Cyclists, and Swimmers. *Current Sports Medicine Reports, 11(6)*, 328–334.  
<https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e3182779193>

Seppä, S., Kuiri-Hänninen, T., Holopainen, E., & Voutilainen, R. (2021). MANAGEMENT OF ENDOCRINE DISEASE: Diagnosis and management of primary amenorrhea and female delayed puberty. *European Journal of Endocrinology, 184(6)*, R225–R242. <https://doi.org/10.1530/EJE-20-1487>

Siekmann, T. (2016). Die weibliche Anatomie und der weibliche Zyklus. In T. Siekmann, *Sexualerziehung und gesundheitliche Aufklärung für Mädchen und junge Frauen*

(S. 19–29). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-48601-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-662-48601-6_4)

Skorseth, P., Segovia, N., Hastings, K., & Kraus, E. (2020). Prevalence of Female Athlete Triad Risk Factors and Iron Supplementation Among High School Distance Runners: Results From a Triad Risk Screening Tool. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 8(10), 232596712095972. <https://doi.org/10.1177/2325967120959725>

Sophie Gibson, M. E., Fleming, N., Zuijdwijk, C., & Dumont, T. (2020). Where Have the Periods Gone? The Evaluation and Management of Functional Hypothalamic Amenorrhea. *Journal of Clinical Research in Pediatric Endocrinology*, 12(Suppl 1), 18–27. <https://doi.org/10.4274/jcrpe.galenos.2019.2019.S0178>

Stickler, L., Hoogenboom, B. J., & Smith, L. (2015). THE FEMALE ATHLETE TRIAD-WHAT EVERY PHYSICAL THERAPIST SHOULD KNOW. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(4), 563–571.

Temme, K. E., & Hoch, A. Z. (2013). Recognition and Rehabilitation of the Female Athlete Triad/Tetrad: A Multidisciplinary Approach. *Current Sports Medicine Reports*, 12(3), 190–199. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e318296190b>

Tenforde, A. S., Carlson, J. L., Chang, A., Sainani, K. L., Shultz, R., Kim, J. H., Cutti, P., Golden, N. H., & Fredericson, M. (2017). Association of the Female Athlete Triad Risk Assessment Stratification to the Development of Bone Stress Injuries in Collegiate Athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 45(2), 302–310. <https://doi.org/10.1177/0363546516676262>

Wallwiener, L.-M., Kapfer, B., & Seifert-Klauss, V. (2021). Knochengesundheit und Hochleistungssport. *Gynäkologische Endokrinologie*, 19(3), 212–218. <https://doi.org/10.1007/s10304-021-00400-y>

Wurster, K. G., & Weiske, R. F. (Hrsg.). (1991). *Ermüdungsbruch durch Osteoporose*.

Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-74942-1>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bau eines typischen Röhrenknochens am Beispiel des Femurs. a Frontaler Sägeschnitt durch den proximalen und distalen Teil des Oberschenkelknochens (Os femoris) eines Erwachsenen. b Ausschnittsvergrößerung aus a: Lammellenknochen der Spongiosatrabekel, c Ausschnittsvergrößerung aus a: Räumliche Darstellung der Substantia compacta, d Ausschnittsvergrößerung aus c: Feinbau eines Osteons, e Ausschnittsvergrößerung aus c: Aufbau des Periosts. (Abb. übernommen von (Schünke et al., 2018)).....	6
Abbildung 2: Schematische Darstellung zur Entwicklung der Peak Bone Mass (PBM). Die Auswirkung von suboptimalen Faktoren auf die PBM ist dargestellt. (Abb. übernommen von (Rozenberg et al., 2020), adaptiert nach (Weaver et al., 2016)) .....	11
Abbildung 3: The Female Athlete Triad, (Mod. nach ACSM, „College of Sports Medicine Position Stand 2007“), (Abb. übernommen von (Korsten-Reck, 2010)).....	14
Abbildung 4: Darstellung der zyklischen Veränderungen von Endometrium und Ovar in Abhängigkeit des Hormonspiegels im Blut (Abb. übernommen von Buchta & Sönnichsen (2013)) .....	15
Abbildung 5: Formel der Energieverfügbarkeit, Abkürzungen: EV, Energieverfügbarkeit; FFM, fat free mass (Abb. übernommen von (Braun et al., 2019)).....	18
Abbildung 6: Flussdiagramm zur Suche von weiteren Studien der Hauptautoren und Hauptautorinnen (Eigene Darstellung).....	24
Abbildung 7: Flussdiagramm zur Darstellung der Studiensuche (Eigene Darstellung) .....	26

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Schweregrade der Osteoporose nach DXA-Messung, Abkürzungen: SD, Standardabweichung (Eigene Darstellung nach (Freyschmidt, 2016; Grampp et al., 2004)) .....	12
Tabelle 2: Z-Score-Einteilung anhand der Schweregrade, Abkürzungen: SD, Standardabweichung (Eigene Darstellung nach De Souza et al. (2014)) .....	12
Tabelle 3: Suchbegriffe der Literaturrecherche, Abkürzungen: AE, amerikanisches Englisch; BE, britisches Englisch (Eigene Darstellung) .....	22

Tabelle 4: Erhebung und Definition der Knochenstressverletzungen. Als prospektive Verletzung gilt jene Verletzung, die während der prospektiven Datenerhebung diagnostiziert wurde. Abkürzungen: BSI, bone stress injury; MRT, Magnetresonanztomografie. (Eigene Darstellung).....	29
Tabelle 5: Einteilung der Knochenstressverletzungen in Schweregrade. Die Kriterien wurden nach (Fredericson et al., 2006) für die Tibia (Schienbeinknochen) und für alle anderen skelettalen Lokalisationen nach (Arendt et al., 2003) eingeteilt. (Eigene Darstellung) .....	29
Tabelle 6: Begriffsdefinitionen zu den Menstruations-(Dys)funktionen der fünf Hauptstudien (Eigene Darstellung) .....	31
Tabelle 7: Übersicht der ausgewählten Studien. Abkürzungen: AA, Amenorrhoeische Athletinnen; BSI, bone stress injury; EA, Eumenorrhoeische Athletinnen; FAT, Female Athlete Triad; MRT, Magnetresonanztomografie; NA, Nichtathletinnen; NCAA, National Collegiate Athletic Association; SDSU, San Diego State University; Triad CRA, Triad Cumulative Risk Assessment. (Eigene Darstellung).....	33
Tabelle 8: Übersicht der signifikanten sowie nicht signifikanten Ergebnisse inkl. der statistischen Analysemethoden aus den 5 Hauptstudien. Abkürzungen: AA, Amenorrhoeische Athletinnen; BMD, bone mineral density; CI, Konfidenzintervall; DXA, dual energy x-ray absorptiometry; EA, Eumenorrhoeische Athletinnen; LWS, Lendenwirbelsäule; NA, Nichtathletinnen; Oberschenkelhals, Collum femoris; OR, Odds ratio; RR, Risk ratio; Tibia, Schienbeinknochen; WB, ganzer Körper. (Eigene Darstellung).....	35
Tabelle 9: Übersicht der erreichten Gesamtpunktzahlen (Eigene Darstellung).....	45
<i>Tabelle 10: Signifikante und nicht-signifikante Resultate zu den Menstruationsdysfunktionen: primäre Amenorrhoe, sekundäre Amenorrhoe und Oligomenorrhoe. (Eigene Darstellung).....</i>	<i>52</i>
<i>Tabelle 11: Signifikante und nicht-signifikante Resultate zur verminderten Knochendichte. Abkürzungen: AA, Amenorrhoeische Athletinnen; LWS, Lendenwirbelsäule; WB, Whole body. (Eigene Darstellung) .....</i>	<i>54</i>
<i>Tabelle 12: Signifikante und nicht-signifikante Resultate zum Ausdauerlaufsport und zum Trainingsausmass. (Eigene Darstellung) .....</i>	<i>56</i>

## **Wortzahl**

Das Abstract in deutscher Sprache umfasst 190 Wörter, jenes in englischer Sprache 200 Wörter.

Die Wortanzahl der Arbeit (exklusive Titelblatt, Abstract, Tabellen, Abbildungen, Literaturverzeichnis, Danksagung, Eigenständigkeitserklärung und Anhänge) beträgt 11'679.

## **Danksagung**

Herzlich bedanken wir uns bei jenen Personen, die uns beim Verfassen der Bachelorarbeit unterstützt haben.

Einen recht herzlichen Dank geht an die Betreuerin dieser Arbeit Frau Suter Julia. Bei Fragen wurden wir stets gut beraten.

Ein weiteres Dankeschön geht an [REDACTED], [REDACTED] und [REDACTED] für das Korrekturlesen dieser Arbeit.

## Eigenständigkeitserklärung

«Wir erklären hiermit, dass wir die vorliegende Arbeit selbständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benutzung der angegebenen Quellen verfasst haben.»

Ort und Datum: Baar, 24.04.2023

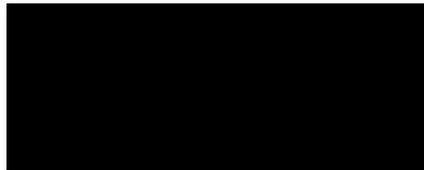
Unterschrift:



Aurelia Arnold

Ort und Datum: Greifensee, 24.04.2023

Unterschrift:



Lynn Schneibel

## Anhang

### Glossar

Amenorrhoe	Das Ausbleiben der Regelblutung
→ Primäre Amenorrhoe	→ Regel hat noch nie eingesetzt
→ Sekundäre Amenorrhoe	→ Regel ist seit drei bis sechs Monaten ausgefallen. (Roth et al., 2000)
Anovulation	Der Eisprung im weiblichen Zyklus tritt nicht ein (Buchta & Sönnichsen, 2013)
Bone stress injury, BSI	Überlastungsverletzung am Knochen (Freyschmidt, 2016)
Crosslauf	Variante vom Laufsport, das nicht auf befestigten Wegen stattfindet. Es wird durch die Natur mit unterschiedlichen Untergründen, engen Kurven und Hügel gekennzeichnet.(Rubio, 2021)
DXA T-Score	Standardabweichung der Knochendichte verglichen mit dem Mittelwert eines gesunden 30-35-jährigen Normalkollektivs. (Freyschmidt, 2016)
DXA Z-Score	Standardabweichung der Knochendichte verglichen mit dem Mittelwert eines altersentsprechenden Normalkollektivs (Freyschmidt, 2016)
Endometrium	Schleimhaut , die das Innere des Uterus auskleidet (Huch & Jürgens, 2019)
Eumenorrhoe	Regelrechte, beschwerdefreie Menstruation (Buchta & Sönnichsen, 2013)
Gonaden	Keimdrüse (Huch & Jürgens, 2019)
Gonadotropine	Hormone mit Funktion in den Keimdrüsen also Eierstöcken & Hoden (Huch & Jürgens, 2019)
Granulosazellen	Epithelzellen in Ovarialfollikel, sind eine Einheit der weiblichen Eizelle (Buchta & Sönnichsen, 2013)
Homöostase	Gleichgewicht und dessen Erhaltung (Berg & Cabri, 2016)
Hyperämie	Verstärkte Durchblutung von Gewebe (Berg & Cabri, 2016)
hypertrophieren	Vergrößerung von Gewebe oder Orga bzw. Zunahme von Volumen (Huch & Jürgens, 2019)

hypophysär	Auf Hypophyse bezogen, die eine Drüse an der Basis des Gehirns ist, welche Hormone freisetzt (Huch & Jürgens, 2019)
hypothalamisch	Auf den Hypothalamus bezogen, der ein Teil des Zwischenhirns ist (Berg & Cabri, 2016)
Juvenile Osteoporose	Osteoporose bei Kindern und Jugendlichen (Wurster & Weiske, 1991)
Kalzitinin	Körpereigenes Hormon, das Osteoklasten hemmt (Platzer & Shiozawa-Bayer, 2018)
Knochen(mineral)dichte, KMD/ bone mineral density, BMD	Das Verhältnis von mineralisierter Knochensubstanz zum Knochenvolumen. (Ohlendorf & Bundschuh, 2015)
Menarche	Start der Menstruation/ Regelblutung, welche die Fortpflanzungsmöglichkeit ermöglicht (Karapanou & Papadimitriou, 2010)
Ödem	Schwellung (Berg & Cabri, 2016)
osteogen	in der Lage, Knochengewebe zu bilden. (Berg & Cabri, 2016)
Östrogen	Oberbegriff für weibliche Sexualhormone (Huch & Jürgens, 2019)
Ovulation	Der Eisprung im Menstruationszyklus der Frau (Buchta & Sönnichsen, 2013)
Parathormon	Hormon der Nebennierenschilddrüse, das den Kalziumstoffwechsel reguliert. (Ahsen et al., 2019)
Peak-Bone-Mass (PBM)	Maximalwert der Knochenmineraldichte, erfasst anhand der Osteodensitometrie (Roth et al., 2000)
postmenopausal	Nach der Menopause (Stickler et al., 2015)
prämenopausal	Vor der Menopause (Stickler et al., 2015)
pulsatil	Ein Hormon wird pulsatil ausgeschüttet, wenn es stoßweise und meist in unregelmäßigen Zeitabständen ausgeschüttet wird. Die Konzentration erhöht und senkt sich schnell. (Laurenti et al., 2021)
Sekundäre Osteoporose	Es handelt sich um eine sekundäre Osteoporose, wenn diese in Folge einer anderen Erkrankung entsteht (Jakob, 2005)
(Menstruations-) Zyklus	Beginn mit erstem Tag der Menstruation und endet am letzten vor der nächsten Blutung. Diese

Zeitperiode nennt man Zyklus und dauert im  
Durchschnitt 28 +/- drei Tage (Lasch & Fillenberg,  
2017)

**Literaturrecherche:**

TS = Titelscreening

AS = Abstractscreening

Medline-Suche:							
Datum	Keywords	Anzahl Treffer gesamt	Eingrenzung/ Erweiterung via Keywords	Anzahl Treffer	TS	AS	Notizen
07.06.2022	Female Athlete Triad AND osteoporosis	162	(Female athlete triad or FAT) and (Osteoporosis or osteopenia) and (Bone mineral density or BMD or bone density) and (Amenorrhoea or oligomenorrhoea)	82			
07.06.2022	weitere Eingrenzung von oberer Suche		(Female athlete triad or FAT) and (Osteoporosis or osteopenia) and (Bone mineral density or BMD or bone density) and (Amenorrhoea or oligomenorrhoea) and (stress injury or stress fracture)	5	0	0	nur Review
07.06.2022	weitere Eingrenzung von oberer Suche		(Osteoporosis or osteopenia) and (Bone mineral density or BMD or bone density) and (Amenorrhoea or oligomenorrhoea) and (stress injury or stress fracture)).af.	7	0	0	nur Reviews & 1 Case Study
07.06.2022	Osteoporosis or bone mineral density AND menstrual dysfunction or	324	Ostoporosis or bone mineral density or BMD or bone density or bone density	9	8	1	3 Studien ausgeschlossen, weil Alter >25 war, 1 Studie ausgeschlossen, weil keine Stressfx-Inzidenz

	amenorrhoea AND sports or runners or recreational exercise		measurement AND menstrual dysfunction or amenorrhoea or oligomenorrhoea AND runner* AND stress fracture or BSI or bone stress injury				angegeben wurde, 1 Case Study ausgeschlossen
09.06.2022	(Peak bone mass or bone mass) and (menstrual dysfunction or amenorrh* or oligomenorrh* or menstrual status)	289	(Peak bone mass or bone mass) and (menstrual dysfunction or amenorrh* or oligomenorrh* or menstrual status) and (bone stress injury or BSI or stress fracture or stress injury or bone injury or fracture or overuse-injury)	53	4	1	
09.06.2022	(female athlete triad) and (bone stress injury or BSI or stress fracture or stress injury or bone injury or fracture or overuse-injury)	2385	Female athlete triad or FAT) and (bone stress injury or BSI or stress fracture or stress injury or bone injury or fracture or overuse-injury) and study	zu viele Ergebnisse (n=1062)			
09.06.2022	Female athlete triad or FAT) and (bone stress injury or BSI or stress fracture or stress injury or bone injury or fracture or overuse-injury) and study and (bone density or bone mineral density or BMD or DXA or bone density measurement or peak bone mass)	404	"female athlete triad" or FAT) and ("bone stress injury" or BSI or "stress fracture" or "stress injury" or "bone injury" or "overuse-injury") and study and ("bone density" or "bone mineral density" or BMD or DXA or "bone density measurement" or "peak bone mass"	44	23	8	Diese Suche fand einige Studien, die Ursachen und Risikofaktoren für Stressfrakturen suchte (eine etwas andere Spur als die übliche Suche). Diese Suche fand auch mind. 5 Studien, die Menstruationsstatus nicht erfragt haben, obwohl Stressfx und DXA gemacht wurde.
10.06.2022	"female athlete triad" or FAT) and ("bone stress injury" or BSI or "stress fracture" or "stress	0	"female athlete triad" or FAT or <b>RED-S</b> ) and ("bone stress injury" or BSI or "stress fracture" or "stress injury" or	9	5	5	Balletttänzer, Para Athleten, Gymnastikturner & Reviews ausgeschlossen,

	injury" or "bone injury" or "overuse-injury") and study and ("bone density" or "bone mineral density" or BMD or DXA or "bone density measurement" or "peak bone mass") and ("menstrual dysfunction" or amenorrh* or oligomenorrh* or "menstrual status")		"bone injury" or "overuse-injury") and study and ("bone density" or "bone mineral density" or BMD or DXA or "bone density measurement" or "peak bone mass") and ("menstrual dysfunction" or amenorrh* or oligomenorrh* or "menstrual status")				
			<b>Summe:</b>	<b>209</b>	<b>40</b>	<b>15</b>	

Pubmed-Suche:							
Datum	Keywords	Anzahl Treffer gesamt	Eingrenzung/ Erweiterung via Keywords	Anzahl Treffer differenziert	TS	AS	Notizen
07.06.2022	stress fracture or bone stress injury or BSI or stress injury or fracture AND menstrual disturbances or menses or amenorrhea AND runners or cross-country AND physical therapy	141	stress fracture or bone stress injury or BSI or stress injury or fracture AND menstrual disturbances or menses or amenorrhea AND runners or cross-country AND weight bearing exercise	23	4	1	Hätte evt. einige Studien über mechanische Belastung
08.06.2022	female runner* or track runner* AND bone mineral density or BMD AND DXA or dual energy x-ray absorptiometry AND menstrual dysfunction or menstrual irregularity or amenorrh* or oligomenorrh* AND stressfracture or bone	zu viele Ergebnisse ####	female runner* or track runner* AND bone mineral density or BMD AND menstrual dysfunction or amenorrh* or oligomenorrh* AND stressfracture or bone stress injury or BSI	zu viele Ergebnisse (n=20325)			

	stress injury or BSI						
08.06.2022	weitere Eingrenzung von oberer Suche		Female runner* AND bone mineral density or BMD AND amenorrh* or oligomenorrh* AND stress fracture	52	14	5	2 Ultraschallmessung und an Calcaneus/ pHQ. als BMD Bestimmung; 1 athletes allgemein; 2 Alter >25J; 1 undefinierte Aspekte - Alter etc.; 1 Sport nicht definiert; 2 Case report;
08.06.2022	Female runner* or cross-country AND bone density or BMD or bone strength AND amenorrh* or menstrual dysfunction AND bone stress injury	76	Female runner* or cross-country AND bone density AND amenorrh* or menstrual dysfunction AND bone stress injury	65	12	3	4 Alter; 2 keine Sportspezifikation; 1 pQCT; 2 nicht alle einschchlusskriterien inkludiert
08.06.2022	Teenager* or adolescent* AND female runner* AND bone mineral density or bone density AND amenorrh* or oligomenorrh* AND stress fracture or bone injury	####	Teenager* AND female runner* AND bone mineral density AND amenorrh* or oligomenorrh* AND stress fracture	26	6	3	1 50% auf OC; 1 Alter; 1 keine Sportspezifikation;
			<b>Summe:</b>	<b>166</b>	<b>36</b>	<b>12</b>	

Cinahl-Suche:							
Datum	Keywords	Anzahl Treffer gesamt	Eingrenzung/ Erweiterung via Keywords	Anzahl Treffer	TS	AS	Notizen

07.06.2022	(female athlete or female runner or runner*) AND (bone density or bone mineral density or bone strength or DXA) AND (menstrual dysfunction or amenorrh* or oligomenorrh*) AND (stress fracture or BSI or bone stress injury)	45	(female athlete or female runner or runner*) AND (bone density or bone mineral density or bone strength or DXA) AND (menstrual dysfunction or amenorrh* or oligomenorrh*) AND (stress fracture or BSI or bone stress injury) AND STUDY	24	14	4	teilweise inkludiert eine Studie mehrere Sportarten (Laufsport wird differenziert hoffentlich)
07.06.2022	erweiterte Suche von oberer Suche: (female athlete or female runner or runner*) AND (bone density or bone mineral density or bone strength or DXA or bone loss) AND (menstrual dysfunction or amenorrh* or oligomenorrh* or menstrual status) AND (stress fracture or BSI or bone stress injury)	51	erweiterte Suche von oberer Suche: (female athlete or female runner or runner*) AND (bone density or bone mineral density or bone strength or DXA or bone loss) AND (menstrual dysfunction or amenorrh* or oligomenorrh* or menstrual status) AND (stress fracture or BSI or bone stress injury) and study	27	0	0	gleiche Ergebnisse wie obere Suche, Die Sucher ergänze nur 2 Journals mehr
07.06.2022	Gleiche wie obere mit 9 Ergebnissen: Ostoporosis or bone mineral density or BMD or bone density or bone density measurement AND menstrual dysfunction or amenorrhea or oligomenorrh* AND runner* AND stress fracture or BSI or bone stress injury	14	nicht weiter eingegrenzt	14	7	1	Studie mit Alter zw. 18-35 ausgeschlossen, Studien ausgeschlossen, weil DXA-Messung fehlt
08.06.2022	(Peak bone mass or bone mass) and (menstrual dysfunction or amenorrh* or oligomenorrh* or menstrual status)	61	bone stress injury or BSI or or stress fracture or stress injury or bone injury or fracture or overuse-injury	25	11	1	

08.06.2022	(female athlete triad) and (bone stress injury or BSI or or stress fracture or stress injury or bone injury or fracture or overuse-injury)	101	(female athlete triad) and (bone stress injury or BSI or or stress fracture or stress injury or bone injury or fracture or overuse-injury) and study	32	14	5	Alter grenzt 1 Studie aus
08.06.2022	RED-S and (bone stress injury or BSI or or stress fracture or stress injury or bone injury or fracture or overuse-injury)	16	keine weitere Eingrenzung	16	3	0	
08.06.2022	RED-S and menstrual dysfunction or amenorrh* or oligomenorrh* or menstrual status	13	keine weitere Eingrenzung	13	6	1	
08.06.2022	RED-S and (menstrual dysfunction or amenorrh* or oligomenorrh* or menstrual status) and (bone stress injury or BSI or or stress fracture or stress injury or bone injury or fracture or overuse-injury)	3	keine weitere Eingrenzung	3	1	1	
08.06.2022	RED-S and (pediatric or adolescent or teen or teenager)	5	keine weitere Eingrenzung	5	2	0	
08.06.2022	(red-s or relative energy deficiency or lea or low energy availability or female athlete triad) and (pediatric or adolescent or teen or teenager)	360	(red-s or relative energy deficiency or female athlete triad) and (pediatric or adolescent or teen or teenager)	75			
08.06.2022	weitere Eingrenzung von oberer Suche		(red-s or relative energy deficiency or female athlete triad) and (pediatric or adolescent or teen or teenager) and (bone stress injury or BSI or or stress fracture or stress injury or bone injury or fracture or overuse-injury)	25	13	0	gab viele Reviews & Journale, sonst gleiche Studien wie bereits oben gefunden: Skorseth, Barack, Rauh

08.06.2022	weitere Eingrenzung von oberer Suche	(red-s or relative energy deficiency or female athlete triad) and (adolescent or teen or teenager) and (bone stress injury or BSI or or stress fracture or stress injury or bone injury or fracture or overuse-injury) and (menstrual dysfunction or amenorrh* or oligomenorrh* or menstrual status)	12	3	0	bereits inkludiert: Skorseth, Nose-Ogura, Barrack, Rauh (2x), ausgeschlossen: 1x keine DXA, mehrere Reviews & Journals
		<b>Summe:</b>	<b>271</b>	<b>74</b>	<b>13</b>	

**Forward / Backward search:**

Datum	Suchmaschine	Gesuchte Studie/ gesuchter Autor	Forward / backwards search:	Ergebnisse	TS	AS	Notizen:
09.06.2022	Swisscovery	Suche nach dem Volltext von: Tomten, Bone mineral density and menstrual irregularities. A comparative study on cortical and trabecular bone structures in runners with alleged normal eating behaviour. 10.1055/s-2007-971888	97 Volltext nicht gefunden, stattdessen weiterer Artikel (2. Ergebnis dieser Suche): Disordered Eating, Menstrual Irregularity, and Bone Mineral Density in Female Runners. Cobb. DOI: 10.1249/01.MSS.0000064935.68277.E7			1	
			Forward search (weitere zukünftige Artikel die diesen zitieren):	43	17	0	Einige Studien ausgeschlossen, weil keine Stressfx erfragt wurde oder keine DXA-Messung. Die Studien fokussieren auf Verbindung von Menstruation & Verletzung (aber beinhalten Knochendichte nicht) oder fokussieren auf Verbindung von Menstruation & Knochendichte (aber nicht auf Verletzung). Reviews, Artikel & single Case Studies ausgeschlossen.
			Backwards search (weitere ältere Artikel, die in diesem zitiert werden):	40	8	1	meist ausgeschlossen, weil keine DXA, keine Stressfx erfragt wurde, oder OC vorhanden war. Mehrere Studien untersuchen FAT-Zusammenhang, aber nicht die Verbindung zur Stressfx.

10.06.2022	über Studie, verlinkt DOI über Pubmed	Backward search zu Studien, die in dieser Studie erwähnt wurden: Risk Factors for Tibial Stress Injuries: A Case-Control Study. Beck et al. DOI: 10.1097/JSM.000000000000126	8	keine weitere Eingrenzung	0	0	0
10.06.2022	über Studie, verlinkt DOI über Pubmed	Backwardsearch zu Studien, die in dieser Studie erwähnt wurden: Tenforde, Sport and Triad Risk Factors Influence Bone Mineral Density in Collegiate Athletes, DOI: 10.1249/MSS.0000000000001711	5	keine weitere Eingrenzung	5	4	2
12.06.2022	über Studie, verlinkt DOI über Pubmed	Backward-Search zur Suche von: Rauh et al. Relationships Among Injury and Disordered Eating, Menstrual Dysfunction, and Low Bone Mineral Density in High School Athletes:	1	keine weitere Eingrenzung	1	1	0
<b>Summe:</b>					<b>89</b>	<b>30</b>	<b>4</b>
Diese Referenzsuche ergab 4 neue Studien.							

**Suche zu weiterer Literatur der Hauptautoren/ der Hauptautorinnen über Swiscovery:**

Datum	Datenbank	Hauptautor	Treffer	Anpassung des Namen	Treffer	Titelscreening	Abstracscreening
09.06.2022	Swiscovery	Mitchell J. Rauh	2		2	0	0
		Ida A. Heikura	0		0	0	0
		S. Nose-Ogura	114		114	0	0
		S.E. Tomten	36		36	0	0
		Tomten	27		27	0	0
		Barrak	29		29	0	0
		S. Tenforde	5		5	0	0

		Tenforde	8		8	0	0
		Paige Skorseth	0		0	0	0
		P. Skorseth	1		1	0	0
		Skorseth	1		1	0	0
		Jeanne F Nichols	5		5	0	0
		Kathryn E. Ackerman	12		12	0	0
		K. E. Ackerman	67		67	0	0
		T. E. Johnston	376	Therese E. Johnston	7	0	0
		K. L. Bennell	2		2	0	0
		Kristin L. Cobb	1	K. L. Cobb	80	0	0
				<b>Summe:</b>	<b>396</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Suche nach weiterer Literatur der Hauptautoren/der Hauptautorinnen über Pubmed:**

Datum	Datenbank	DOI der Studie	Suche über den Hauptautor	Treffer	TS	AS	Notizen
10.06.2022	Pubmed	<a href="https://doi.org/10.4085/1062-6050-45.3.243">https://doi.org/10.4085/1062-6050-45.3.243</a>	Suche nach Hauptautor Mitchell J. Rauh	153	10	4	*Barrack, Rauh und Nichols arbeiten in vielen Studien zusammen
10.06.2022	Pubmed	10.1123/ijsnem.2017-0313	Suche nach Hauptautor Ida A. Heikura	23	1	1	Geht mehrheitlich auf Ernährungsaspekt und low energy availability ein
10.06.2022	Pubmed	10.1111/sms.13464	Suche nach Hauptautor Sayaka	12	2	2	
10.06.2022	Pubmed	10.1055/s-2007-971888	Suche nach Hauptautor S. E. Tomten	16	1	1	Hat einiges zu Laborwerten und Menstruationsdysfunktion
10.06.2022	Pubmed	10.1177/0363546513520295	Suche nach Michelle T. Barrak	44	12	4	
10.06.2022	Pubmed	10.1177/0363546516676262	Suche nach Tenforde	120	7	2	Viel Prävention/ Risikofaktoren etc.
10.06.2022	Pubmed	10.1177/2325967120959725	Suche nach Paige	1	1	1	

			Skorseth				
10.06.2022	Pubmed	10.1016/j.bone.2007.05.003	Suche nach Jeanne F Nichols	84	8	3	
10.06.2022	Pubmed	doi: 10.1249/MSS.0000000000000574	Suche nach Kathryn E. Ackerman	90	8	1	Viele Reviews zu RED-S!!! allg. Literatur dazu
10.06.2022	Pubmed	10.1177/1941738120919331	Suche nach T.E. Johnston	52	3	1	Viel zu Neuro spinal cord und Cerebraler Parese
10.06.2022	Pubmed	DOI: 10.1177/036354659602400617	Suche nach K.L Bennell -> letzte 20 Jahre	272	0	1	Viel zu Kniebeschwerden und Osteoarthritis
10.06.2022	Pubmed	DOI: 10.1249/01.MSS.0000064935.68277.E7	Suche nach Cobb	13	2	1	Einiges zu OC
10.06.2022	Pubmed	DOI: 10.1123/ijsnem.2021-0323	Suche nach Gehman	9	3	1	
10.06.2022	Pubmed	doi: 10.1097/JSM.0000000000000956	Suche nach Hoeg	15	1	1	COVID/ SARS und Vision Studien
10.06.2022	Pubmed	DOI: 10.1097/JSM.000000000000126	Suche nach Beck	120	2	1	
10.06.2022	Pubmed	<a href="https://dx.doi.org/10.1177/0363546513490645">https://dx.doi.org/10.1177/0363546513490645</a>	Suche nach Aurelia Nattiv	49	10	1	Nattiv arbeitete 1x zusammen mit Gibbs, und 1x mit Barrack. Autorin machte viel Forschung zu Male und Female Athlete Triad. --> evlt auch für Hintergrundwissen gute Quelle, auch Behandlungsansätze. Viele Journals ausgeschlossen.
10.06.2022	Pubmed	DOI: 10.1249/MSS.0b013e31823bd057	Suche nach Shafieh Movaseghi	7	0	1	Forschung zu bone mineral density bei vers. Krankheiten (arthritis, chemotherapy, Lupus)
10.06.2022	Pubmed	DOI: 10.1136/bmjopen-2012-001920	Suche nach Rachel L. Duckham	43	6	1	Viel Forschung zur Pädiatrie, Kinderentwicklung
10.06.2022	Pubmed	DOI: 10.7326/0003-4819-113-10-754.	Suche nach K.H. Myburgh	108	3	1	Viel Forschung zum Ausdauersport. 3 Studien ausgeschlossen, weil keine Stressfx erfragt wurde.
10.06.2022	Pubmed	DOI: 10.1177/03635465010290030901	Suche nach R. Korpelainen	113	4	1	Autor schrieb viel zu Effect of impact exercise on bone metabolism, bone strength, aber eher zu älteren Frauen
		Insgesamt nur 1 neue Studie über die Autorensuche gefunden.	<b>Summe:</b>	1344	84	30	

**Auswahl und Vergleich von 27 Studien:****Teil 1:**

Hauptautor	Titel	Ziel	DOI	Publikationsjahr	Teilnehmer (n)	Geschlecht	Alter	Sportart
Sayaka et al.	Risk factors of stress fractures due to the female athlete triad: Differences in teens and twenties.	The aim of this study was to investigate whether the Triad would be a risk factor for stress fractures in female athletes in their teens and 20s.	10.1111 / sms 13464	2019	390	Frauen	20.9 ± 4.0 years (147 teens, 243 in their 20s)	37 Sportarten, von 390 Sportlerinnen sind n=103 Leichtathleten (Athletics), werden einzeln bewertet
Michelle T-Barrack	Higher incidence of bone stress injuries with increasing female athlete triad-related risk factors: a prospective multisite study of exercising girls and women;	To evaluate the effect of single or combined risk factors of the female athlete triad with the incidence of BSIs in a multicenter prospective sample of 4 cohorts of physically active girls and women	10.1177 / 036354 65 135202 95	2014	259	Frauen	18 +/- 0.3J	Ausgewertet in Leannessports vs. nonleanness sport. Am häufigsten sind distance/ middistance running (n = 104); track and field sprint or field event (n = 43); Es werden Aussagen zum Laufsport einzeln gemacht.
S. Tenforde	Association of the Female Athlete Triad Risk Assessment Stratification to the Development of Bone Stress Injuries in Collegiate Athletes	This study aimed to (1) classify athletes from a collegiate population of 16 sports into low-, moderate-, and high-risk categories using the Female Athlete Triad Cumulative Risk Assessment score and (2) evaluate the predictive value of the risk categories for subsequent BSIs.	10.1177 / 036354 65 166762 62	2016	323 -> 239	Frauen	20 +- 1.3 Jahre	16 Sportarten: gymnastics, lacrosse, cross-country (48.9%), swimming/diving, sailing, volleyball.
S. Tenforde	Sport and Triad Risk Factors Influence	to understand the influence of sports participation and	DOI: 10.1249	2018	323 --> 239	Frauen	19.9 +- 1.2 Jahre	16 Sportarten (College): Davon cross-country (n=

	Bone Mineral Density in Collegiate Athletes	Triad on BMD.	/MSS.00 000000 000017 11					47, grösste Population), track & field (n= 4)
S. Tenforde	Identifying sex-specific risk factors for low bone mineral density in adolescent runners	characterize sex-specific risk factors for low BMD in adolescent runners.	DOI: 10.1177/ /036354 651557 2142	2015	female n= 94, male n= 42	Frauen und Männer	16.9 +- 1.3	runners
Skorseth	Prevalence of Female Athlete Triad Risk Factors and Iron Supplementation Among High School Distance Runners: Results from a Triad Risk Screening Tool,	To (1) evaluate the prevalence of Triad risk factors and iron supplementation in high school distance runners and (2) pilot a screening tool for Triad risk score.	<u>doi: 10.1177/2325967120959725</u>	2020	38	Female high school athletes	16.9	Cross-country/ track
Sayaka et al.	> Low Bone Mineral Density in Elite Female Athletes with a History of Secondary Amenorrhea in Their Teens	To determine whether secondary amenorrhea during teenage years influences bone mineral density (BMD) in female athletes in their 20s.	10.1097 / JSM.000000000571	2020	210	Female elite athletes	In den 20ern	viele Sportarten: davon middle-/long-distance running (48), track running (18) wurden separat ausgewertet
Ackerman	Fractures in Relation to Menstrual Status and Bone Parameters in Young Athletes.	compare fracture prevalence in oligoamenorrhoeic athletes (AA), eumenorrhoeic athletes (EA), and nonathletes (NA) and determine relationships with bone density, structure, and strength	doi: 10.1249 /MSS.000000000574	2015	175	Female	14-25	Runners: mind 20 miles every week oder weight-bearing aerobic activity mind. 4 hours/week für 6monate. Non-athlete kein organisierter Sport und <2h/Woche

		estimates.						
Nattiv et al.	Correlation of MRI Grading of Bone Stress Injuries with Clinical Risk Factors and Return to Play: A 5-Year Prospective Study in Collegiate Track and Field Athletes	Correlation of MRI grading of bone stress injuries with clinical risk factors and return to play --> Studie verfolgte ein etwas anderes Ziel, beschreibt aber trotzdem die Korrelation zwischen Amenorrhoe und Stressfx.	<a href="https://doi.org/10.1177/0363546513490645">https://doi.org/10.1177/0363546513490645</a>	2013	211 insgesamt	Frauen und Männer	20.5 ± 2.7 Jahre	college track and field and cross-country
Korpelainen	Risk factors for recurrent stress fractures in athletes	Our aim was to identify factors predisposing athletes to multiple stress fractures, with the emphasis on biomechanical factors.	DOI: 10.1177/0363546510290030901	2001	31 (19 Männer, 12 Frauen) + Kontrollgruppe (n=15)	Frauen und Männer	mean age: 20	All of them (except 2) were competing national or international level. (61%) were long-distance runners, the others were including sprinting, jumping, skiing, orienteering, ice hockey, weight lifting, and squash. athletes with at least three separate stress fractures of lower extremities

Teil 2:

Hauptautor	Menstruationsdysfunktion erfragt	Stressfraktur erfragt	DXA-Messung der UE	Weitere Messungen	Studien-design	Weitere Notizen:	Resultat	Welche Einschlusskriterien nicht erfüllt?
Sayaka et al.	eumenorrhoeic, amenorrhoeic	history of stress fractures, new stress fractures within 3 months of registration, mit MRI-Diagnose, mit genauer Angabe welcher Knochen frakturiert ist	Ja, BMD whole body & LWS, mit Z-score	Blood concentrations of various hormones, LEA <85%, BMI, age of menarche, age of sport begin, training time, present/past ED,	prospective study	Die Studie untersuchte zusätzlich, ob es einen Unterschied zw. Jugendlichen & ü20-Jährige gab.	In teenage female athletes, sec. amenorrhea, low BMD, and a low body weight increased the risk for stress fractures	1.) 37 Sportarten. Sportarten werden einzeln ausgewertet. Laufsport ist im Bereich Leichtathletik zu finden (n=103)
Michelle T-Barrack	Oligo-Amenorrhoe	28 Teilnehmer haben BSI	BMD mit Z-score	BMI/ Diet/ Trainingsstunden	Cohort study		Stressfraktur-Rate war bei Läuferinnen am höchsten. competitive or recreational exercise activities, the risk of BSIs increased from approximately 15% to 20% for significant single risk factors to 30% to 50% for significant combined female athlete triad-related risk factor variables.	1. Beinhaltet zwar vers. Sportarten, analysiert diese aber in leanness- vs. non-leanness-Sportarten. Einige Aussagen zum Laufsport werden

S. Tenforde	239 hatten Oligo-Amenorrhoe	Erfragung BSI, während collegiate Sport, musste radiologisch und ärztlich diagnostiziert werden.	Bei körperlicher Untersuchung -> WO?	BSI history und BSI during sports participation. Eingeteilt in Risikostufen klein, mittel und gross aufgrund von erfolgten BSI; 6 Komponente für Triadenrisiko während Assessment	Cohort study		Gymn., Lacrosse und Cross-country viele in high risk Kategorie =>1 BSI; Cross-country am meisten BSI!; bei moderate Risk 2x so hohe Chance zu BSI; Amenorrhoe etc. und frühere Fx führt oft zu Folgefrakturen;	
S. Tenforde	Oligomenorrhoe, amenorrhoe : die Anzahl Menstruationszyklen pro Jahr wurde erfragt	History of stressfractures including physician diagnosis, anatomical location, and radiographic confirmation.	BMD mit Z-Score lumbar spine and total body	height & weight, BMI,	? (1xmalige Datenerhebung)	keine Stressfraktur-Rate erfragt! Ausschliessen, obwohl Studie gut scheint. Mean BMD z-scores were compared between sports and by sport category	Both sport type and Triad risk factors influence BMD. Athletes in low-impact and nonimpact sports and athletes with low BMI and oligomenorrhoe/amenorrhoe are at highest risk for reduced BMD.	1.) Fokussiert sich in der Diskussion auf tiefe Knochendichte, aber nicht auf Stressfx-Inzidenz.
S. Tenforde	history of amenorrhoe, current menstrual irregularity, primary and secondary amenorrhoe sehr detailliert!	fracture history (also alle Knochenbrüche), stressfracture retrospectiv und prospective during the study	BMD, lumbar spine, total body less head, body composition, Z-Score	Questionnaires: Training characteristics, fracture history, eating behaviours and attitudes, and menstrual history, food frequency questionnaire	Cross-sectional study	wertet Frauen und Männer separat aus, scheint gute Studie zu sein.	Girls with a BMI $\leq 17.5$ kg/m <sup>2</sup> or both menstrual irregularity and a history of fracture were significantly more likely to have low bone mass.	

Skorseth	23.7% verspätete Menstruationsbeginn // 45.9% Hintergrund von Oligo-/ Amenorrhoe	Geschichte von BSI	Körperfett, BMD mit Einbezug Faktoren Alter-, Geschlecht-, und Ethnie- dies ergab vergleichbare Z Scores	Nahrung; 25-hydroxyvitamin D, free triiodothyronine (T3); BMI	Descriptive epidemiology study.	Viele zeigten bei Befragung Essgestörtes Verhalten. // Viele nahmen zusätzlich auch Eisensupplementation	Prävalenz zu Triaden Risikofaktoren war hoch. Tiefes T3 hatte auch höheres Triadenrisiko	1.Studie bewertet noch den Einfluss von Eisenaufnahme (Zusatznahme).
Sayaka et al.	Aktuelle Menstruationsstatus; sekundäre Amenorrhoe in der Jugend oder in den 20ern	Ja, history of stressfracture	DXA an LWS (L1-L4), tiefe BMD <-1 definiert, zusätzlich: total fat mass, muscle mass, and %fat	current menstrual cycle, training time, BMI, history of stress fractures, and blood tests for hormones	Original research (ich glaube cross sectional study = Datenerhebung n 1x)		Secondary amenorrhea for at least 1 year during teenage years in female athletes and BMI at present was strongly associated with low BMD in their 20s.	1.) inkludiert mehrere Sportarten, wertet aber Stressfx und Laufsport nicht separat aus..
Ackerman	100 AA, 35 EA, and 40 NA	Alle Frakturen im Leben bei AA mehr Stressfrakturen	DXA, WS, Hüfte, ganzer Körper	Bone structure was assessed by HRpQCT at the radius and tibia, and strength by finite element analysis.			Weight bearing hat + BMD jedoch evt. + Stressfx risiko bei Menstruationsausfall; veränderte Mikroarchitektur und Kraftdifferenz bei AA athleten mit vorbestehend mehreren Fx; AA weniger BMD als EA und plus Stressfx	

Nattiv et al.	normal vs. oligomenorrhoea/amenorrhoea	Ja, Stressfx wurde mit Röntgen und MRI gemessen. Inkl. Lokalisation, trabecular vrs. Cortical bone site.	Ja, insgesamt 5 (jährlich 1x für 5 Jahre), LWS L1-L4, nondominant total hip and femoral neck, total body, nondominant forearm (one-third radius), and tibia. Body fat & body composition.	preparticipation history, physical examination, and anthropometric measurements, questionnaire about nutritional behaviours, use of OC, menstrual patterns, and prior injuries, as well as a 3-day diet record	Kohortenstudie	Die Studie verfolgte College-Athlete für mind. 1 Jahr. Die Studie untersucht zusätzlich, wie MRI Stressfx anhand von klinischen Risikofaktoren diagnostiziert & return to sport-Zeit bestimmen könnte.	Higher MRI grade, lower BMD, and skeletal sites of predominant trabecular bone structures were associated with a delayed recovery of bone stress injuries in track and field athletes. Female athletes with oligomenorrhoea and amenorrhoea had bone stress injuries of higher MRI grades compared with eumenorrhoeic athletes (P = .009).	OC nicht sicher ausgeschlossen, wurde nicht erwähnt? // Frauen und Männer beinhaltet, jedoch separate Statistiken
Korpelainen	amenorrhoea (primary & secondary), eumenorrhoea, oligomenorrhoea	Ja, history of stressfracture (in der Untersuchunggruppe hatten Athleten 3 stressfrakturen)	Ja, lumbar spine L2-L4 and proximal femur (femoral neck, the greater trochanter, and Ward's triangle)	stress fracture history, diagnostiziert mit szintigraphie oder x-ray	Kohortenstudie	Biomechanical mechanical measures were made. Three women suffered from amenorrhoea, two of whom had primary amenorrhoea (never menstruated).	runners with a high weekly training mileage are at a high risk of recurrent stress fractures of the foot and shin. Leg-length inequality, a high longitudinal arch of the foot, forefoot varus, and menstrual irregularities may also be etiologic factors for recurrent stress fractures.	Kriterium Frauen teilweise erfüllt -> schwierig auseinander zu halten. bzw auch mit Sportarten in Verbindung zu bringen geschlechterspezifisch.

**Pro- und Kontratable der 10 gewählten Studien:**

<b>Titel</b>	<b>Correlation of MRI Grading of Bone Stress Injuries With Clinical Risk Factors and Return to Play: A 5-Year Prospective Study in Collegiate Track and Field Athletes; <a href="https://dx.doi.org/10.1177/0363546513490645">https://dx.doi.org/10.1177/0363546513490645</a></b>
Autor	Nattiv et al.
Ziel	Korrelation zwischen MRI-bewerteten Stressfrakturen mit den Triaderisiken zur Wiederaufnahme vom Sport. Hypothese: Es gibt vers. MRI-Stufen/Klassifizierungen von Stressfx. Je höher die MRI-Klassifizierung der STressfx ist, desto länger dauert die Heilung. Eine weitere Hypothese ist, dass FAT-Faktoren assoziiert sind mit einer längeren Heilung bei Athletinnen.
Teilnehmer	211 über 5 Jahre, in jedem Jahr knapp hundert Teilnehmer. Teilnehmer wurden jedes Jahr gefragt, ob sie mitmachen.
Methodik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daten: Gewicht, Grösse, BMI,</li> <li>• Menstruation: momentane und frühere Menstruationsgeschichte</li> <li>• DXA: L1-L4, durchgeführt an UE -&gt; Femurhals, Hüfte und Tibia</li> <li>• Stressfx: MRI-Bewertung nach Fredericson et al. für Tibiafrakturen und nach Arendt et al. für alle Frakturen. Mit Grad 1-4, erfragt mit Fragebogen. Untersucht im Verlauf der Saison in Studienperiode mit MRI und x-ray diagnostiziert</li> <li>• Sport: cross country and track and field</li> </ul>
Auswertungen/ Analysen	sex, ethnicity, track and field event, height, weight, menstrual status, MRI grade mit ANOVA/ ANCOVA ausgewertet Von 211 haben 34 Läufer 61 Stressfx (12m/22w) über Hälfte davon long distance läufer und 50% mehrere BSI. 23% Menstruationsdysfunktion, bei diesen auch Fx grade höher <ul style="list-style-type: none"> <li>• - 59% aller BSI-Verletzten waren Cross-country runners.</li> <li>• Analysiert wie der Verletzungsgrad der Stressfx die Dauer der Heilung (return to sport) beeinflusst: Grad 4 = längste Return to sport-Dauer</li> <li>• Analysiert welche weiteren Faktoren die return to sport-Zeitdauer beeinflussen: Ethnie, Sportart, ED</li> </ul>
Pro	Männer und Frauen genau einzeln ausgewertet, ziemlich genaue Aufzeigung von Stressfraktur. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stressfx-Grade war erhöht bei Athletinnen, die mit Oligo-/Amenorrhoe haben.</li> <li>- Stressfx wurde unterschieden zw. trabekulären &amp; kortikalem Knochen</li> <li>- Frauen, die trabecular bone injuries machen distance running, haben DE &amp; Oligo-/Amenorrhoe</li> <li>- Einige Aussagen zum Laufsport</li> </ul>
Kontra	Evt Nutzung von Kontrazeption wurde befragt, Geschlechter getrennt, aber nicht in allen Fragestellungsbereichen. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Analysiert in erster Linie wie der Verletzungsgrad der Stressfx die Dauer der Heilung (return to sport) beeinflusst., bzw. welche Faktoren die Heilungsdauer verlängern.</li> </ul> Sekundär identifizierten die Forscher auch weitere Faktoren, die die Knochendichte, den Ort der Stressfx und den Stressfx-Verletzungsgrad beeinflussen. (Diese Risikofaktoren sind wichtig, um Aussagen über das FAT, und die Beziehung zwischen STressfx und Heilung zu machen.)
Conclusion	Triade hat grossen Einfluss auf BSI (und dessen Heilung)

<b>Titel</b>	<b>Fractures in Relation to Menstrual Status and Bone Parameters in Young Athletes.; doi: 10.1249/MSS.0000000000000574</b>
Autor	Ackerman
Ziel	Frakturen in Raltion zum Menstrationsstatus und Knochenparametern bei jungen Athleten

Teilnehmer	175// 100 Oligomenorrhoeische, 35 Eumenorrhoeische, 40 Nicht-Athleten
Methodik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menstruation: Oligo = keine Periode für 3 Monate und Zykluslänge &gt;6w oder Absenz bis 15tes Lebensjahr; eumenorrhoe 9 Zyklen zwischen 21-35 tage</li> <li>• DXA: Welches Messgerät QDR, auch an Collum femoris,(WS und WB) durchgeführt</li> <li>• Stressfx: Lebenslange Frakturgeschichte</li> <li>• Sport: Läufer nach Meilen ausgewählt – also eher Langstreckenläufer &gt;20 Meilen/week; beinhaltet auch weight bearing aerobic// 67% Runners!!</li> </ul>
Auswertungen/Analysen	<p>Normal verteilte Daten -&gt; ANOVA und für zwei Dinge t-test</p> <p>Daten verglichen AA und EA -&gt; kein Unterschied Alter, Grösse, Knochenalter und Tanner stage</p> <p>Alter der Menarche grösser und BMI tiefer bei AA, AA hatte + Vit D, AA am meiste Essstörung, AA tiefere DXA an Femurhals, Hüft und LWS als EA, AA meldete mehr Stressfrakturen, die Meisten davon nach Durchschnittsalter von Einsetzen der Menarche -&gt; Essgestörte später auch noch ausgeschlossen!!</p>
Pro	Grosse Population; Sportarten auch eher Richtung Ausdauer? Sehr ausführlich und spezifisch auf Stressfrakturen eingegangen
Kontra	Mehrer Sportarten (Basketball, Fussball, Lacocross, Hockey und Tennis) nicht sportspezifisch auf Resultate eingegangen.; Alter auch 8 und 12.5Jährige -> Frakturen in den Jahren? spezielles DXA Messgerät, oder eher Markenname?. Nicht einzeln auf Langstreckenläufer eingegangen in Auswertung! Jedoch bis auf Tanz eher rennende Sportarten.
Conclusion	Weight-bearing Athleten leiden eher unter dem weight-bearing effekt und entwickeln so Stressfrakturen. Knochen daten sind in Amenorrhoeischen Athleten schlechter und haben auch mehrere Stressfrakturen erlitten

<b>Titel</b>	<b>Prevalence of Female Athlete Triad Risk Factors and Iron Supplementation Among High School Distance Runners: Results From a Triad Risk Screening Tool; doi: 10.1177/2325967120959725</b>
Autor	Skorseth
Ziel	<p>Prävalenz von Eisen-Supplementation, FAT-Risikofaktoren &amp; weitere Hormonschwankungen (thyroid, IGF-1, Vitamin D) in High-School- Langstreckenläufern messen. Zusätzlich das Triad-Screening-Tool bei Highschool-Athletinnen anwenden.</p> <p>Ausgangslage: Die Autoren beschrieben, dass ein Eisenmangel die Leistungsfähigkeit und Gesundheit von Sportlern einschränkt. Eisenmangel sei auch ein beitragender Faktor bei zu geringer Energieverfügbarkeit (energy deficiency) &amp; kann zur Dysregulation der Wachstumshormone (IGF1) führen.</p>
Teilnehmer	38, Alter 16.9, 13-18, cross-country and/or distance track and field.
Methodik	<p>Score: Female Athlete Triad Cumulative Risk Assessment mit 6 Komponenten: tiefe LEA, tiefer BMI, verspätete Menarche, Oligo-/Amenorrhoe, tiefe BMD, bereits erlittene Stressfx</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daten: Gewicht, Grösse, BMI, DE/ED-questionnaire, Schlafqualität, Burnout/Overtraining, Familienanamnese zu Osteoporose Ernährungsgewohnheiten, 25-hydroxyvitamin D, free triiodothyronine (T3), Eisenwerte, CBC, Estradiol → Questionnaire ist online verfügbar.</li> <li>• Menstruation: Oligomenorrhoe und verspätete Menarche, keine Abgrenzung mit Voruntersuchung - Krankheiten</li> <li>• DXA: LWS und whole body – berechnet Z score</li> <li>• Stressfx: Frage nach BSI und Renn- Verletzungen, ganze Geschichte (nicht sicher, dass diese in Menstruationsdysfunktion Phase aufgetreten ist.)</li> <li>• Sport: high school distance runner/ cross-country und distance track</li> </ul>
Auswertung n/ Analysen	<p>➔ Eisensupplementation-Rate war 42%, trotzdem trat bei vielen ein Eisenmangel vor</p> <p>➔ Analysiert die Verbindung zwischen Eisenwerten und Triad-Risk-Score</p>

	<p>➔ Präsentiert die Anzahl Teilnehmer (auch in %) und die Triad-Risikofaktoren einzeln. Macht aber keine Analyse der Beziehung zwischen den Risikofaktoren untereinander, ob z.B. 2 Risikofaktoren mit tieferer BMD oder Stressfx korrelieren.</p> <p>➔ Hohe FAT-Risikofaktoren bei Highschool-Läufer, besonders tiefe BMD-Werte bei Läuferinnen im Vergleich zu anderen Sportarten.</p>
Pro	Spezifisch auf long distance! Gibt gewisse Aussagen. - gibt eine Auswertung zwischen tiefer BMD und Stressfx history (ohne Werte belegt)
Kontra	- Die Studie fokussiert auf Eisenwerte, Eisensupplementation und deren Beziehung zu FAT-Risikofaktoren. - Wenig Auswertung anhand von Zahlen die vergleichbar wären. Nur gewisse Prozentsätze angegeben. Keine Kontrollgruppe. Einfluss von Eisen wurde nicht weiter ausgewertet. Auf Stressfrakturen eher wenig eingegangen.
Conclusion	Distance runners vielleicht mehr tiefere BMD als andere high school Schüler; in dieser Studie kein Zusammenhang gefunden von tiefem BMD zu vorhergehenden BSI

<b>Titel</b>	<b>Low Bone Mineral Density in Elite Female Athletes With a History of Secondary Amenorrhea in Their Teens; 10.1097/JSM.0000000000000571</b>
Autor	Sayaka
Ziel	Ob sekundäre Amenorrhoe in Jugend BMD beeinflusst in den 20ern
Teilnehmer	210
Methodik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menstruation: keine PCOS Patienten, Alter Menstruation und wann letzte Periode Zyklus und länge Amenorrhoe oder &gt;1J in Jugend; 25-28d = E, A &gt;3monate,</li> <li>• DXA: WS</li> <li>• Stressfx: kein Bezug dazu</li> <li>• Sport: 48 mittel und Lang Distanz Läufer, Fussball, track, rhythmisch, schwimmen, segeln, Rugby, Fechten, Ski, speed Ski, Tennis, Kunstturnen, Velo, Volleyball, Schiessen, Basketball, Bogenschiessen, Badminton,...</li> </ul>
Auswertungen/Analysen	58 AA, 29 AA in Jugend mit >1Jahr Ausfall, BMD SD Wert vestummen <-1 Z-score besonders bei Ausdauerläufern,
Pro	Sicher keine Hormontherapie. Gute Menstruationspopulation und genaue Einschlusskriterien.
Kontra	Alter zu Alt. Bis c.a 26 Jahre. Sportart entspricht nur wenig unseren Kriterien – viel inkludiert. Kein Bezug zu Stressfrakturen genommen
Conclusion	Besonders Amenorrhoe in Jugend beeinflusst tiefen BMD.

<b>Titel</b>	<b>Risk factors for recurrent stress fractures in athletes; DOI: 10.1177/03635465010290030901</b>
Autor	Korpelainen
Ziel	Faktoren die prädisponierend für BSI sind zu identifizieren.
Teilnehmer	31 (12 w) -> 15 davon biomech. Messungen (9m/6w) -> 15 sind Kontrolle
Methodik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menstruation: erfragt Hormon Geschichte, nach 3 Monaten wieder befragt; 0-3 = A, 4-9 = O, 10-13.= E</li> <li>• DXA: LWS, Femurhals, Trochanter major,</li> <li>• Stressfx: mussten mind. 3 Stressfx an UE gehabt haben, musste radiologisch diagnostiziert sein</li> <li>• Sport: 61% long distance 30-200km/ week, auch andere Sportarten (Sprint, Ski, Orientierungslauf, Ice hockey, Fitness, Squash)</li> </ul>

Auswertungen/ Analysen	114 Stressfx bei 31 Personen// unterschied Geschlechter war signifikant Bei Ausdauersportlern bei Tibia oder Fibula
Pro	Genauere Erfragung zu Menstruationsdysfunktion.
Kontra	Kleine Population, Alter?! Primäre Amenorrhoe 26 u. 27 Jahre., Vergleich in Menstruationsdysfunktion schwierig – hatten wenige Probanden und diese nur schwer als nützliche Datenlage.!
Conclusion	Mehr Meilen pro Woche = grösseres BSI Risiko, Auch Menstruationsdysfunktion evtl auch beitragender Faktor

<b>Titel</b>	<b>Risk factors of stress fractures due to the female athlete triad: Differences in teens and twenties.</b>
Autor	Sayaka et al.
Ziel	Herausfinden, ob die Triade das Risiko für Stressfrakturen erhöht. Herausfinden, ob junges Alter bei der Triade auch ein Risikofaktor für Stressfx ist.
Ausgangslage	2019: Autoren beschreiben, die höchste Anfälligkeit für Stressfx hätte man im 16.-17. Lebensalter. Deshalb wollten die Autoren herausfinden, ob auch bei FAT-betroffenen Athletinnen die höchste Anfälligkeit für Stressfx im Teenageralter ist.
Teilnehmer	390 Eliteathletinnen, Alter: 20.9 ± 4.0 Jahre, davon Athletics (n=103) - 147 Teenagers - 243 20-Jährige
Methodik	Teilnehmerinnen wurden für 3 Monate verfolgt. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daten: Alter, Sportart, Alter zu Beginn der Sportart, Alter bei Menarche, Trainingsdauer, present or past history of ED, Grösse, Gewicht, Blutanalyse (LH, FHS, Estradiol, Progesteron, Androstenedione, Leptin, Ca, Vit D), FFM ist zu kompliziert zu messen, deshalb wurde LEA und BMI gemessen</li> <li>• Menstruation: EA (eumenorrhoeic), AA (amenorrhoeic)</li> <li>• DXA: L1-L4, ganzer Körper, Z-Score (n= 300 Teilnehmerinnen)</li> <li>• Stressfx: history of Stressfx, neue Stressfx innerhalb 3 Monate (MRI-Diagnose durch Orthopäden inkl. Genaue Lokalisation)</li> <li>• Score: Female Athlete Triad Cumulative Risk Assessment mit 6 Komponenten: tiefe LEA, tiefer BMI, verspätete Menarche, Oligo/Amenorrhoe, tiefe BMD, bereits erlittene Stressfx → Mit dem Score wurden die Sportarten in low/moderate/high-Risk Kategorien eingeteilt.</li> </ul>
Auswertungen/ Analysen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inzidenz (Zahlen und %-Werte) von: Amenorrhoe, LEA und tiefe BMD (einzeln und kombiniert) → 5.3% hatten alle 3 Komponenten der Triade</li> <li>• Neue Stressfx-Rate &amp; Korrelation zu Amenorrhoe → Stressfx korreliert mit AA.</li> <li>• Häufigste Sportart mit Stressfx: long distance running</li> <li>• Tiefes/mittleres/Hohes FAT-Risiko wurde für Sportarten aufgestellt, die von mind. 5 Teilnehmerinnen repräsentiert wurden. → Athletics, Triathlon: High-Triad-Risk eingeteilt</li> <li>• Alle Teenager waren in der high-risk-Kategorie eingeteilt.</li> <li>• Hohe Risikokategorie korrelierte mit Stressfx-Rate.</li> <li>• Korrelationen (P-Wert). <ul style="list-style-type: none"> <li>○ BMI, Amenorrhoe, tiefe BMD und Alter</li> </ul> </li> <li>• Risikofaktoren wurden mit statistischer Analyse definiert: Alter bei Menarche, Trainingsdauer, History of Stressfx, Amenorrhoe, FHS,-Werte, BMD vom ganzen Körper, Bone mineral content, Untergewicht, Risiko-Score <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Zudem auch unabhängige Risikofaktoren</li> </ul> </li> </ul>
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 36 Teilnehmerinnen erlitten eine neue Stressfx.</li> <li>- Das Stressfx-Risiko war für Teenager höher als für Athletinnen, die mind. 20 Jahre alt waren.</li> <li>- In Teenagern: Risiko für Stressfx war 12.9x höher mit sek. Amenorrhoe, 4.5x höher bei tiefer Knochendichte (gesamter Körper), 1.1x höher bei tiefem Körpergewicht.</li> </ul>

	- Bei 20-Jährigen wurde kein Risikofaktor der Triade mit Stressfx assoziiert.
Pro	Alle gemessenen Daten wurden analysiert, ob sie Risikofaktoren für Stressfx sind. Studie gibt mögliche Erklärung an (E <sub>2</sub> -Mangel), für den Unterschied zw. Teenagern und 20Jährigen, der sich in der Studie zeigte. → Was gehört genau zu Athletics?
Kontra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DXA: L1-L4, ganzer Körper, Z-Score (n= 300 Teilnehmerinnen), keine Femur-DXA-Messung</li> <li>• gibt einige (aber nicht viele) Aussagen über Laufsport</li> </ul>

<b>Titel</b>	<b>Higher incidence of bone stress injuries with increasing female athlete triad-related risk factors: a prospective multisite study of exercising girls and women;</b>
Autor	Michelle T-Barrack
Ziel	Herausfinden, ob die Faktoren der Triade das Risiko für Stressfrakturen erhöht.
Teilnehmer	259 Leistungssport und Freizeitsport; mean age, 18.1 6 0.3 Long-distance running (n=146), track an field (n = 43) Mehrere Datensammlungen aus früheren Studien wurden zusammengefügt.
Ausgangslage	
Methodik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daten: Essensgewohnheiten (EDE-Q = Eating Disorder Examination Questionnaire), Sport, Trainingsdauer, pathological weight control behaviours (at least 1 episode of self-induced vomiting or use of laxatives, diuretics, or diet pills), Gewicht &amp; Grösse, BMI, Alter bei Menarche, Anzahl Zyklen im vergangenen Jahr, frühere OC-Einnahme</li> <li>• Menstruation: amenorrhoea/oligomenorrhoea</li> <li>• DXA: total Hip, Femurhals, LWS, body composition, whole body, bone mass, areal bone mineral density (BMD) bone mineral content (BMC), Z-score</li> <li>• Stressfx: neu aufgetretene Stressfx während der Studiendauer, von Arzt diagnostiziert inkl. Lokalisation &amp; bildgebendes Mittel (welche Art von Bildgebung wurde nicht immer angegeben)</li> </ul> <p>Variables: Teilnehmer wurden eingeteilt in:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• competitive athlete or exercising woman</li> <li>• sport category (leanness, non-leanness exercise mode) using a classification system → Endurance Sports ist part of leanness sport.</li> </ul>
Auswertungen/Analysen	<p>Vor der Datenanalyse definierten die Forscher mögliche Risikofaktoren, die mit der Triade assoziiert sind. Diese Risikofaktoren sind: tiefes Körpergewicht, tiefer BMI, lange Trainingsdauer (&gt;12h/Woche), mangelnde Energiezufuhr, Gewichtskontrollierendes Verhalten, Leanness sport-Teilnahme, spätes Alter bei Menarche, Oligo-/Amenorrhoe, tiefe BMD.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 63% von allen Stressfx-Betroffenen führten Ausdauersport aus. Weitere 32% machen track &amp; field.</li> <li>• Tiefe BMD &amp; lange Trainingsintensitäten sind assoziiert mit der Entwicklung von Stressfx.</li> <li>• Teilnehmer in Leanness-Sport, Nahrungsdefizit oder Oligo-/Amenorrhoe erlitten kein signifikant höheres Stressfx-Risiko.</li> <li>• Jeder gemessen Faktor wurde überprüft, ob dieser ein Risikofaktor für Stressfx ist (sehr detailliert und vielschichtig!) Es wurden auch 2 und 3 Faktoren kombiniert und ausgerechnet.</li> <li>• Assotiation zwischen long-distance running und Verletzungen</li> <li>• Beschreiben in der Diskussion eine Dosis-Wirkung -Beziehung zwischen den Triade Faktoren und der Entwicklung einer Stressfx. Das Stressfx-Risiko ist erhöht bei mehreren Triade Faktoren. Je mehr Triade Faktoren eine junge sportliche Frau hat, desto grösser ist ihr Stressfx-Risiko!</li> <li>• Studie definiert am Schluss genau welche Risikofaktoren Stressfx auslösen können.</li> <li>• Sehr ausführliche Diskussion, greift frühere Studien auf, vergleicht Resultate mit</li> </ul>

	anderen Studien recht genau
Pro	Sehr gute Studie, da sie vorher definierte Risikofaktoren ausführlich im Zusammenhang zu Stressfx berechnet & vergleicht. Einige Resultate zeigen sich zum Laufsport. Für unserer Forschungsfrage eine sehr gute Studie!
Kontra	
<b>Titel</b>	<b>Association of the Female Athlete Triad Risk Assessment Stratification to the Development of Bone Stress Injuries in Collegiate Athletes</b> <b>10.1177/0363546516676262</b>
Autor	S. Tenforde
Ziel	Das Ziel war es, Athleten aus 16 verschiedenen Sportarten in Kategorien (tief/mittel/hohes Risiko) einzuteilen basierend auf dem Female Athlete Triad Cumulative Risk Assessment score, um das FAT-Risiko zu bestimmen und davon zu werten, wie hoch das Risiko für Stressfrakturen ist.
Teilnehmer	323 Frauen, davon 239 Oligo-/Amenorrhoe, 20 +- 1.3 Jahre 16 Sportarten: gymnastics, lacrosse, cross-country (48.9%), swimming/diving, sailing, volleyball. Prospective study: Wie lange wurden die Athletinnen verfolgt?
Ausgangslage	2016: Keine Studie untersuchte bisher die Athleten basierend auf ihrer Sportart in jeder Risikokategorie des Scores. Keine Studie bis jetzt evaluierte die Risikofaktoren und die Verbindung zu Stressfx. Sie stellten die Hypothese auf, dass Athletinnen in «Leanness-Sports» eher in die mittlere oder hohe Risikokategorie eingeteilt werden aufgrund ihrer Anforderungen an den Sport und das damit verbundenem Risiko für eine tiefe Energieverfügbarkeit.
Methodik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daten: Female Athlete Triad Cumulative Risk Assessment (Score) → gleiches wie Sayaka. Gewicht, Grösse, ePPE-Fragebogen (Bei diesem wurden bereits 4 von 6 Fragen für den FAT-Score erfragt.</li> <li>• 84 Frauen unter Hormontherapie wurden ausgeschlossen. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Score: Female Athlete Triad Cumulative Risk Assessment mit 6 Komponenten: tiefe LEA, tiefer BMI, verspätete Menarche, Oligo/Amenorrhoe, tiefe BMD, bereits erlittene Stressfx → Mit dem Score wurden die Sportarten in low/moderate/high-Risk Kategorien eingeteilt. Der Score wurde von einem Arzt ausgewertet.</li> <li>○ ePPE:</li> </ul> </li> <li>• Menstruation: Oligo/Amenorrhoe in eine Gruppe</li> <li>• DXA: bone density, body composition, BMD bei total body, LWS L1-L4 und am Femur, Z-Score. Mit der DXA-Messung wurde weitere 2 Fragen für den Score beantwortet: BMI-Werte, BMD-Zscore</li> <li>• Stressfx: BSI history. BSI during sports participation musste bildgebend (MRI, CT, Röntgen oder Bone scan) und ärztlich diagnostiziert werden. Stressfx musste im Rahmen von sportlicher Aktivität geschehen sein (ausgeschlossen wurden Stressfx, die ausserhalb des Sportes aufgetreten sind). Lokalisation genau angegeben.</li> <li>• EA konnte nicht gemessen werden (weil ...?)</li> </ul>
Auswertungen/ Analysen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sportarten wurden in lean und nonlean sport unterteilt anhand von Kriterien von Torstveit and Sundgot-Borgen.</li> <li>• Jede Riskokategorie wurde in Verbindung (association) zu BSI evaluiert.</li> <li>• 1 Tabelle zeigt: Athleten wurden in ihrer Sportart einer Risikogruppe zugeteilt. Sie nehmen keine Hormone ein, und sind oligo-/amenorrhöisch. Am meisten vertreten in mittlere/hohe Kategorie sind: Gymnastics, lacrosse, Cross-Country</li> <li>• 1 Tabelle zeigt: Jeder Risikofaktor vom Score (1-6) im Verhältnis zum Sport</li> <li>• Cross-Country: am meisten Teilnehmerinnen, am meisten BSI, tiefste BMI-Werte, Sportart mit der tiefsten BMD-Werten</li> <li>• Leanness-Sport hatte am meisten verspätete Menarchen.</li> <li>• Risikofaktoren vom Score korrelieren mit BSI-Inzidenz! → Der Score könnte helfen, um Athleten zu identifizieren, die ein erhöhtes Stressfx-Risiko haben.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geht im Diskussionsteil auf Cross-Country Runners ein &amp; gibt mögliche Erklärung für die hohe FAT-Inzidenz.</li> <li>• Gibt einige Ansätze zur Prävention, bzw. welche Fragen gestellt &amp; angepasst werden müssen bei der Anamnese.</li> </ul>
Pro	<p>Studie untersucht Athletinnen basierend auf dem Female Athlete Triad Cumulative Risk Assessment Score, der DXA-Messung, Stressfx und Menstruationsstatus beinhaltet. 6 Risikofaktoren werden in Abhängigkeit von Stressfx, der Sportart, dem Sporttyp (leanness-nonleanness) überprüft. Viele Resultate zu Cross-Country-running. Die Autoren bemerken das auch und führen die Datenanalyse nochmals ohne Cross-Country-Werte aus, um nochmals zu überprüfen. Schient passende Studie zu sein für unsere Forschungsfrage.</p>
Kontra	

<b>Titel</b>	<b>Sport and Triad Risk Factors Influence Bone Mineral Density in Collegiate Athletes DOI: 10.1249/MSS.0000000000001711</b>
Autor	S. Tenforde
Ziel	Den Einfluss der Sportart und der Triade auf die Knochendichte verstehen. Hypothese: Autoren stellen die Hypothese auf, dass Athleten in high-impact Sportarten die höchste Knochendichte haben und Athleten in low-impact Sportarten tiefe Knochendichte aufweisen.
Teilnehmer	323 --> 239, → Die Daten wurden aus der früheren Studie übernommen (retrospective Study?) 19.9 +- 1.2 Jahre, 16 Sportarten (College): davon cross country (n= 47, grösste Population), track & field (n= 4)
Ausgangslage	2018:
Methodik	Methodik wie vorherige Studie (2016) → Daten wurden übernommen. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menstruation</li> <li>• DXA: L1-L4 , keine Femur-Messung</li> <li>• Stressfx:</li> </ul>
Auswertungen/ Analysen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risikofaktoren wurden vor der Analyse definiert: BMil lean mass, fat mass, android and gynoid fat mass, Alter bei Menarche, Oligo/Amenorrhoe, frühere Stressfx</li> <li>• Sportarten wurden basierend auf ihre «loading»-Typ in Kategorien eingeteilt (nonimpact, high-impact, multidirectional, low-impact). Kategorien wurden untereinander verglichen.</li> <li>• Triad-Riskscore (6 Faktoren) wurden ausgewertet → wie vorherige Studie</li> </ul>
Pro	Studie untersucht den Zusammenhang und Unterschieden zw. verschiedene Arten von Impact bei unterschiedlichen Sportarten. Klassifiziert Sportarten in Impact-Gruppen und vergleicht die Knochendichte jeweils untereinander.
Kontra	Ausschliessen: Studie verfolgt anderes Ziel: Vergleicht Unterschiede in der Knochendichte unter vers. Sportarten und den Einfluss von versch. Impact - Keine Femur-DXA-Messung. - Studie geht nicht auf Stressfx ein.

<b>Titel</b>	<b>Identifying sex-specific risk factors for low bone mineral density in adolescent runners DOI: 10.1177/0363546515572142</b>
Autor	S. Tenforde
Ziel	Geschlechtsspezifische Risikofaktoren herausfinden, die zu tiefer Knochendichte bei jugendlichem Läufer/-innen führen und tiefe Z-Scores für diese Population messen.
Teilnehmer	94 Mädchen, 42 Jungs, Teilnehmer waren im Crosscountry oder Track and field Team der High School. Mädchen, die noch keine Menarche hatten, wurden später exkludiert. 16.9 +- 1.3
Ausgangslage	2015: Die Autoren untersuchten Risikofaktoren, die bereits von anderen Forschern erkannt wurden und zu tiefe Knochendichte & Stressfx führen. Dazu gehört: tiefe lean mass, tiefer BMI, frühere Frakturen, Faktoren der Menstruation (Irregularitäten, frühere Amenorrhoe, Anzahl Perioden/Jahr), Sportart, gestörtes Essverhalten, Calcium, Vit. D Die Autoren stellen die Hypothese auf, dass jugendliche Läufer/innen geschlechtsspezifische Risikofaktoren aufweisen, die zu verringerter Knochendichte führen.
Methodik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daten: History of Amenorrhoea, Alter bei Menarche, Use of OC, Anzahl Perioden im vergangenen Jahr, Trainingsdauer, Laufstrecke im letzten Jahr, Laufstreckenanteil auf Asphalt oder über Hügel, Anzahl Workouts pro Woche, Laufgeschwindigkeit (Durchschnitt), Teilnahme an anderen Sportarten (Ballsportarten, Weight lifting etc)., eating behaviours and attitudes, food</li> </ul>

	<p>frequency questionnaire (va. Milchprodukte), Questionnaire über Ernährung, Mens-Questionnaire, OC-use, Grösse, Gewicht, BMI</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menstruation: primary / secondary Amenorrhoe</li> <li>• DXA: BMD, LWS L1-L4, total body less head, body composition, Z-Score. Von DXA-Messung wurden Teilnehmerinnen ausgeschlossen, die jünger als 15 waren und noch keine Menarche hatten.</li> <li>• Stressfx: History of Stressfx, weitere Stressfx im Verlauf der Studien, die während dem Sporttreiben auftreten, Ärztliche Diagnose inkl. Lokalisation &amp; Bildgebung</li> </ul>
Auswertungen/ Analysen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risikofaktoren für tiefe BMD wurde eruiert. Diese inkludiert auch Risikofaktoren für weitere Stressfx.</li> <li>• Frauen und Männer wurden getrennt analysiert.</li> <li>• Eine separate Analyse zu Menstruationsirregularitäten erfolge.</li> <li>• Mädchen: tiefere BMI als Norm, durchschnittliche BMD an LWS, höhere BMD bei total body, höheres Alter war assoziiert mit tiefer BMD &amp; höherer BSI-Rate während der Studie (prospektiv)</li> <li>• History of fracture korreliert mit tiefem BMD.</li> <li>• Tiefer BMI korreliert in beiden Geschlechter zu tiefer BMD.</li> </ul>
Pro	<p>Die Studie untersucht verschiedene Faktoren, die möglicherweise zu einer tiefen Knochendichte führen können. Die Autoren sagen, dass diese Faktoren auch Risikofaktoren für Stressfx sind.</p> <p>«We evaluated risk factors for low BMD. These included risk factors for stress fracture.»</p> <p>→ in der Diskussion einbringen</p>
Kontra	<p>- Es gibt keine ausführliche Analyse der Daten im Zusammenhang zu Stressfx. Unklar ist auch, ob neu aufgetretene Stressfx einzeln ausgewertet wurde. Unter Stressfx werden also Stressfx inkludiert (ältere wie auch diejenigen, die während der Studie aufgetreten sind)? Keine Zahlen zu Stressfx-Inzidenz.</p> <p>- 4 Mädchen nutzen OC-Gabe, die Daten wurden trotzdem inkludiert. (doppelter Autor)</p>

**Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien**

© Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. und Westmorland, M., 1998  
 McMaster-Universität

Titel: Fractures in Relation to Menstrual Status and Bone Parameters in Young Athletes
Autoren: Ackerman et al.
Publikationsjahr: 2015 by the American College of Sports Medicine

Score		Kommentare
1/1	<p><b>ZWECK DER STUDIE</b>                      Wurde der Zweck klar angegeben? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja  <input type="checkbox"/> nein</p>	<p><i>Skizzieren Sie den Zweck der Studie.</i>                      Der Zweck der Studie war es die Prävalenz von Frakturen bei oligomenorrhoeischen Athletinnen, eumenorrhoeischen und Nicht-Athletinnen zu vergleichen. Zusätzlich sollte der Zusammenhang mit der Knochendichte, den Strukturen und Kraftwerten aufgezeigt werden.                      Ergänzend zum Ziel wurde eine Hypothese aufgestellt.  <i>Hypothese:</i> Wenn man Menstruationsdysfunktionen, tiefe BMD, nicht intakte Mikroarchitektur des Knochens und verminderte Kraft aufweist prognostizieren diese Faktoren eine Stressfraktur zu erleiden.  <i>Inwiefern bezieht sich die Studie auf Ihre Forschungsfrage?</i>                      Anhand der Studie und den gemessenen Daten konnte vollumfänglich auf die Fragestellung eingegangen werden und die Hypothese bestätigt werden.</p>
1/1	<p><b>LITERATUR</b>                      Wurde die relevante Hintergrund-Literatur gesichtet? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja  <input type="checkbox"/> nein</p>	<p><i>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</i>                      Es wurde bereits herausgefunden, dass weight-bearing Aktivitäten in der Kindheit und Jugend hilft Knochenwachstum zu stimulieren, um den BMD zu erhöhen. Nun ist es jedoch wichtig herauszufinden, welche Faktoren das Risiko zu Stressfrakturen (und anderen Frakturen) erhöhen. Frakturen sind zudem ein häufiges klinisches Bild, welches Ausdauerathlet/-innen oftmals aufweisen, wobei in diesem Gebiet noch mehr Forschung betrieben werden muss.</p>
1/1	<p><b>DESIGN</b></p> <p><input type="checkbox"/> randomisierte kontrollierte Studie (RCT)  <input type="checkbox"/> Kohortenstudie  <input type="checkbox"/> Einzelfall-Design  <input type="checkbox"/> Vorher-Nachher-Design  <input type="checkbox"/> Fall-Kontroll-Studie  <input checked="" type="checkbox"/> Querschnittsstudie  <input type="checkbox"/> Fallstudie</p>	<p><i>Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprech das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (outcomes), auf ethische Aspekte)? (1)</i>                      Es handelt sich um eine Querschnittsstudie. Hierbei wurden einmalig die festgelegten Daten erhoben.                      Die Wahl des Querschnittsdesigns stellt sich als sinnvoll heraus, um lediglich Verbindungen zwischen den verschiedenen Teilbereichen zu untersuchen.                      Für die untersuchten Aspekte Menstruations- und Frakturgeschichte erfolgte die Datenerhebung retrospektiv. Dies könnte zu Verzerrung geführt haben aufgrund mangelnder oder inkompletter Erinnerung zu dem Thema. (Bsp. Unauffälliges wird eher vergessen, als wenn etwas auffällig war)                      Das Studiendesign passt zu der Fragestellung und deren Beantwortung.</p>

		<p><i>Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die einzelnen Gruppengrößen variierten. Es gab zwei Gruppen à 35-40 Teilnehmerinnen, was eher wenige Vergleichssamples sind und eine à 100 untersuchten. Somit könnte innerhalb der Gruppen bei untersuchten Faktoren sowie auch im Vergleich mehr/ weniger signifikante Ergebnisse entstanden sein. (Selection BIAS)</li> <li>- Es ist unklar, wie und wieso es zu stark unterschiedlichen Zahlen kam bei der Selektion von verschiedenen Sportarten. Es ist ebenfalls unklar, aufgrund welchen Faktoren man in weight-bearing Sportarten eingeteilt wurde (Laufsport ist auch weight-bearing?) Sportarten sind in den einzelnen Gruppen jedoch ausgeglichen vertreten. (Selection BIAS)</li> <li>- Athletinnen die Supplemente zu sich nahmen wurden inkludiert. Dies könnte zu einem externen Validität BIAS führen, da dies ein zusätzlicher Faktor der Untersuchten ist, welchen nicht alle aufweisen. (Confounder BIAS)</li> <li>- Kein einheitlicher Sport. Hälfte bezieht sich auf Langstreckenlaufsport. Dennoch können somit nicht ausschliesslich Aussagen zu diesem Sport gemacht werden und es könnte die Ergebnisse etwas mehr oder weniger signifikant ausfallen lassen. (Bsp. Könnte es sein, dass Ergebnisse bezüglich Stressfrakturen mit nur Langstreckenläuferinnen noch etwas signifikanter ausfallen) (Confounder BIAS)</li> <li>- Es gibt eine grosse Altersspanne, welche besonders bei der Erfassung/ Beurteilung der Menstruation zu Verzerrungen führen kann. Es könnte normal sein mit 13-14 Jahren noch keine Menstruation erreicht zu haben oder diese in den ersten 1-2 Jahren unregelmässig zu haben. Dies könnte beispielsweise die Anzahl der amenorrhoeischen Athletinnen vergrössern. (Confounder BIAS)</li> <li>- Menstruations- und Frakturgeschichte wurde retrospektiv angegeben. Könnte zu BIAS geführt haben aufgrund inkompletter Angaben. Zusätzlich besteht die Möglichkeit nur leichte Auffälligkeiten bei folgender Normalisierung nicht zu beachten. (Recall BIAS)</li> <li>- Die Menstruations- und Frakturgeschichte wurden in einem Interview-Setting durchgeführt. Dies könnte durch unterschiedliche Untersuchungs-/ Fragebedingungen zu einem Performance BIAS gekommen sein.</li> <li>- Der Zeitpunkt der Messung ist unklar. Es ist nicht bekannt, ob dieser bei allen in der gleichen Zeitperiode war und wie dieser zur Sportsaison steht. (Performance BIAS)</li> </ul>
<p>3/4</p>	<p><b>STICHPROBE</b> N = 175 (100AA/35EA/40NA)</p> <p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben? (1)</p> <p>x ja</p>	<p><i>Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?). Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</i></p> <p>Probandinnen wurden über Partners HealthCare Gesundheitssystem, medizinischen Kliniken, Zeitungen und Colleges rekrutiert.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 175 Frauen zwischen 14-25Jahren</li> </ul>

<p>○ nein</p> <p>Wurde die Stichprobengröße begründet? (1)</p> <p>○ ja</p> <p>× nein</p> <p>○ entfällt</p> <p>Sind die Ein-/Ausschlusskriterien aussagekräftig? (1)</p> <p>× ja</p> <p>○ nein</p>	<p>Die Gruppen wurden unterteilt in oligomenorrhoeische Athletinnen (100), eumenorrhoeischen Athletinnen (35) und Nicht-Athletinnen (40).  <i>Oligomenorrhoeische Gruppe ist deutlich grösser als die anderen beiden, dies muss in der Nutzung von Analysemethoden berücksichtigt werden.</i></p> <p>→ Stichproben Grösse wurde allgemein nicht begründet und es bleibt unklar, weshalb die grosse Differenz in den jeweiligen Gruppen besteht. Könnte Einfluss haben bei der Analyse auf die Signifikanzen. (Bei grossen Gruppen ist Signifikanz schneller erreicht)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Athletinnen, die Laufsport betrieben, sollten mindestens 20 Meilen pro Woche laufen. Athletinnen die weight-bearing aerobic Sport betrieben mussten seit 6 Monaten vor Studienbeginn mind. 4h in der Woche aktiv sein. Nichtsportlerinnen durften max. 2h Sport/ Woche betreiben.</li> <li>• Oligomenorrhoe = Periodenausfall für mind. 3Monate, ein Zyklus der &gt;6Wochen für 6 Monate geht oder Menstruationsausfall mit 15 Jahren oder älter</li> <li>• Eumenorrhoe = mind. 9 Menstruationen im Jahr mit einer Zyklusdauer zwischen 21-35d</li> <li>• Keine OCP Nutzung in den vorhergegangenen 3 Monaten.</li> </ul> <p>*Es werden folgende Ausschlusskriterien gesetzt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fahrradfahrer, Schwimmer, Ruderer und Kunstturner wurden ausgeschlossen, da dies eine unterschiedliche Art weight-bearing Sport ist. Somit könnte es Einfluss auf BMD Daten und Mikroarchitektur-Resultate haben.</li> <li>• Krankheiten, die zu Menstruationsausfall führten, die nicht durch übermässiges Training indiziert waren. -&gt; Dazu gehören Amenorrhoe Verursacher wie, vorzeitiges Ovarialversagen, Hyperprolaktinämie, Schilddrüsen Dysfunktion, Hyperandrogenismus.</li> <li>• Medikationnutzung (ausser Kalzium und Vit. D Nutzung), oder Supplemente die Knochenmetabolismus beeinflussen.</li> </ul> <p><i>Bei Medikationsnutzung welche Knochenmetabolismus beeinflusst wurde Kalzium und Vitamin D Supplementierung nicht ausgeschlossen. Dies ist jedoch ein diskutierter Faktor, der Knochendichte beeinflussen könnte.</i></p> <p><i>Unterschiedliche Sportarten wurden untersucht, Dies verhindert isolierte Aussage über Ausdauerlaufsport zu treffen.</i></p> <p><b>Beschreiben Sie die Ethik-Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung (consent) eingeholt? (1)</b></p> <p>Institutionelles Review Board of Partners HelathCare.          Es wurde Zustimmung von den Probanden über 18 Jahren geholt, sowie von den Eltern und den Probanden selbst, bei denen die unter 18 waren.</p>
---	---

<p>2/2</p>	<p><b>Ergebnisse (outcomes)</b>          Waren die outcome-Messungen zuverlässig (reliabel)? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> ja</li> <li><input type="checkbox"/> nein</li> <li><input type="checkbox"/> nicht angegeben</li> </ul> <p>Waren die outcome-Messungen gültig (valide)? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> ja</li> <li><input type="checkbox"/> nein</li> <li><input type="checkbox"/> nicht angegeben</li> </ul>	<p><i>Geben Sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post- follow up)).</i></p> <p>Die Daten wurden einmalig erfasst (Querschnittsdesign). Untersuchungen zu Erfassung der Daten wurden in der eigenen Institution (Clinical Research Center) durchgeführt.</p> <p><i>Demographische Daten</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demographische Daten wurden mit gleichen elektronischen Waagen gemessen (o.1kg) und an gleichem Messband (0.1cm).</li> <li>➔ BMI wurde daraus berechnet</li> </ul> <p><i>Menstruation und Stressfrakturen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein Medizinstudent/-in erfragte in Interviews lebenslange Frakturgeschichte, Menstruationsgeschichte und Aktivitätsdetails der letzten 12 Monate.</li> </ul> <p><i>Labortestungen (Blut und Ruheenergieverbrauch)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tanner</b> Stadium von Endokrinolog/-in beurteilt</li> <li>• Chemilumineszenz-Immunoassay um 25-Hydroxvit. D zu messen</li> <li>• Kalzium anhand Labcorp bestimmt mit Standardmethode</li> <li>• Ruheenergieverbrauch (REE) anhand CO2 Produktion und O2 Nutzung/ Verbrauch in Ruhe bestimmt.</li> </ul> <p><i>Knochendaten (DXA und HRpQCT)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DXA mit (Hologic QDR-Discovery A, Apex Software 13.3) ausgewertet an Hüfte, Femurhals, WS und WB -&gt; Es wurde ein Z-score für die jeweiligen Gruppen ermittelt</li> <li>• Röntgenbild der Hände für Knochenalter nach Standard von Greulich und Pyle</li> <li>➔ Zusätzlich wurde die Körperkomposition gemessen (Fett und Fettfreie Masse) mit DXA</li> <li>➔ DXA nur für Areale Knochendichtemessung geeignet, gibt kein Volumen an!</li> <li>• HRpQCT um Volumen, Morphologie und Mikroarchitektur zu messen an distalem Radius und Tibia -&gt; wurde an nicht dominanter Seite gemacht, ausser es bestanden dort vorhergehend Frakturen. Unterschied in trabekulärem vs. kortikalem Knochenareal gemessen.</li> <li>• 3D HRpQCT um FEA zu messen. Auskunft zu biomechanischen Daten in uniaxialer Kompression</li> </ul> <p>*Kraft anhand finite Element (FEA), dies ist eine Festkörpermessung, durchgeführt. (So können Verformungen etc. simuliert werden)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Errechnet wie viel Load kortikaler vs. trabekulärer Knochen trägt distal und proximal.</li> </ul> <p>Viele Daten differenziert gemessen und an jeweils gleichem Gerät durchgeführt = kein Geräte BIAS. Die gemessenen Variablen waren für die getätigte Untersuchung relevant und sind reproduzierbar.</p>	
	<p><i>Outcome- Bereiche (z.B. Selbstversorgung (self care), Produktivität, Freizeit)</i></p>	<p><i>Listen Sie die verwendeten Messungen auf.</i></p>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Knochenalter</li> <li>- Blutwerte (Kalzium, Vitamin D. Etc.</li> <li>- Menge CO2 und O2 ver-/ gebraucht wird</li> <li>- Knochendaten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Röntgenbilder</li> <li>- Labortestungen</li> <li>- Ruheenergieverbrauch in Ruhe</li> <li>- DXA und HRpQCT</li> </ul>
<b>-/3</b>	<p><b>MASSNAHMEN (Intervention)</b>          Wurde die Maßnahmen detailliert beschrieben? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> </ul> <p>Wurde Kontaminierung vermieden? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> <li><input type="radio"/> entfällt</li> </ul> <p>Wurden gleichzeitige weitere Maßnahmen (Ko-Intervention) vermieden? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> <li><input type="radio"/> entfällt</li> </ul>	<p><i>Beschreiben Sie kurz die Maßnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Maßnahmen in der ergotherapeutischen Praxis wiederholt werden?</i></p> <p>Es wurden keine Massnahmen durchgeführt, weshalb dieser Abschnitt nicht bewertet/ ausgefüllt werden kann.</p>	
<b>3/4</b>	<p><b>ERGEBNISSE (Resultate):</b>          Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>× ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> entfällt</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> </ul> <p>War(en) die Analysemethode(n) geeignet? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>× ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> </ul>	<p><i>Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. <math>p &lt; 0.05</math>)?</i></p> <p>Es wurde <b>JMP</b> (Version 10 SAS institute, inc, Cary, NC) genutzt, um Daten zu analysieren und eingeben mit +/- SD.</p> <p>Um drei Gruppen miteinander vergleichen zu können wurde für normalverteilte Daten ANOVA als Analysemethode genutzt. Danach wurde die <b>Dunnnett</b> Analyse gebraucht, um Unterschiede in AA vs. EA und AA vs. NA zu finden.</p> <p>Wenn nur zwei Gruppen verglichen wurden, erfolgte dies anhand des t-tests für normalverteilte Daten. Nichtnormalverteilte Daten mit <b>Kruskal-Wallis Test</b> oder <b>Wilcox Test</b> ausgewertet.</p> <p><b>Fisher</b> exakt Test wurde genutzt, um kategorisierte Daten zwischen den Gruppen zu analysieren. Dies wurde mit <b>Bonferroni-korrektur</b> angepasst, wenn dies nötig war.</p> <p>Die gewählten Analysemethoden, um die Ergebnisse auswerten zu können, waren sinnvoll und situationsangepasst gewählt und</p>	

		<p>die Daten sind aussagekräftig. Die untersuchten Variablen sind ebenfalls aussagekräftig.</p> <p>Fraktur Inzidenz kalkuliert mit Dividieren der Anzahl AA, EA oder NA mit min. 1ner Stressfraktur nach dem Alter von 12.5Jahren nach personen-jahren der Observationszeit. *Alter 12.5 wurde bestimmt, da dies in den USA das Durchschnittsalter zur einsetzenden Menarche ist.</p> <p>Mehrere Stressfrakturen aufzuweisen ist besorgniserregend, aufgrund dessen wurde AA Gruppe geteilt in eine mit mehreren Stressfrakturen und in eine, bei der die Untersuchten lediglich eine hatten.</p> <p>Multivariate Analyse wurde genutzt, um festzustellen, ob Unterschiede in Knochendichte und strukturellen Parametern bestehen, blieben nach Kontrolle des Menarchenalters.</p> <p><b>Resultate:</b> <i>Charakteristiken</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ethnie: Kaukasier (n=134) / Asiatisch-amerikanisch (n=18) / mehrere (n=15) / Afro-amerikanisch (n=6) / Amerikaner (n=1) -&gt; kein Verteilungsunterschied in Gruppen</li> <li>• 63% Läufer/ 21% weight-bearing (Basketball, Fussball, Lacrosse; Hockey, Tennis) / 6% Tänzer/ 10% in mehreren Aktivitäten die weight-bearing sind tätig -&gt; kein Unterschied in Sportverteilung in verschiedenen Gruppen.</li> <li>• Alter, Knochenalter, Tanner-stage und Grösse ebenfalls nicht unterschiedlich in Gruppen</li> </ul> <p><i>Essverhalten</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 26% AA, 5.7% (n=2) EA und keine der NA wiesen eine Essstörung bzw. gestörtes Essverhalten auf.</li> <li>• Die angegeben Unterschiede in den verschiedenen Gruppen blieben bestehen nach dem Ausschluss von Partizipierenden mit Essstörungen.</li> <li>• AA hatte die grösste Anzahl an Teilnehmerinnen mit gestörtem Essverhalten.</li> <li>• Nach dem Ausschluss der Essgestörten Athletinnen in der AA Gruppe waren die Prozente der Frakturierenden, Stressfrakturierten, nicht Stressfrakturierenden, Frakturierten nach dem 12.5 Lebensjahr und die Stressfrakturierten nach dem 12.5 Lebensjahr bei 50%, 35.1%, 18.9%, 33,8% und 10.8%. -&gt; verglichen zu mit Essstörung 47%, 32%, 20%, 31% und 10%.</li> </ul> <p><i>Menarche</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alter der ersten Menarche war grösser und BMI verglichen an Perzentile sowie Fettmasse tiefer in AA als in den anderen beiden Gruppen</li> </ul> <p><i>DXA</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fettfreie Masse in AA tiefer als EA und Fettmasseprozent tiefer in AA vs. NA</li> <li>• EA + BMD an Femurhals, Hüfte, LWS und ganzer Körper mit Z-score Berechnung höher als AA.</li> </ul>
--	--	--

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• AA gleichen BMD als NA, somit wenig Profit von Training welchen eig. BMD erhöht.</li> <li>• Unterschiede im BMD blieben bestehen nach Einbezug des Alters bei der Menarche, was bekanntlich die Knochendichte beeinflusst.</li> <li>• HRpQCT zeigt, dass AA weniger prozentuale kortikale Ausbildung und Dicke hatten und mehr kortikale Porosität sowie weniger vBMD aufwiesen als NA.</li> <li>• Prozentuale kortikale Porosität in AA höher als in EA</li> <li>• Micro-FEA zeigte, weniger Steife und Belastbarkeit im Radius vorhanden ist bei AA wie bei EA.</li> <li>• An der Tibia waren totale und trabekuläre Anteile in AA grösser als bei NA. -&gt; evt. Grösser, da weight-bearing Knochen durch Sport trainiert wird.</li> <li>• Kortikale Porosität und vBMD tiefer in AA vs. NA</li> <li>• Festigkeit und Überlastungsgrenze tiefer in AA als EA, aber höher als bei NA.</li> <li>• Prozentuales getragenes Gewicht des trabekulären Knochens proximal und distal der Tibia grösser in AA als NA</li> </ul> <p><i>Labortestungen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• REE tiefer in AA vs. EA</li> <li>• Vitamin D. Level grösser in AA vs. EA und NA</li> <li>• 26% AA= ED/ 5.7% EA=ED/ 0 NA=ED</li> </ul> <p><i>Sport</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trainingsstunden und mehrheitlich Läuferfähigkeit in EA und AA gleich</li> </ul> <p><i>Frakturen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehr AA hatten Frakturen (Stress und nicht Stress) als EA und NA (47% vs 25.7% vs 12.5%)</li> <li>• Die meisten dieser Frakturen waren Stressfrakturen bei AA 32%, 5.9% EA und keine der NA.</li> <li>• Die meisten dieser Frakturen waren nach dem Durchschnittsalter der Periode, (in den USA) – 12.5Jahre, da es ab diesem Punkt einen negativen Einfluss haben kann Amenorrhoe auf Knochenmetabolismus.</li> <li>• Bei NA entwickelten sich alle Frakturen zwischen dem Alter von 7-12 Jahren. Bei den anderen beiden Gruppen wiesen jedoch bis ins höhere Alter Frakturen auf, als die möglicherweise aktiver waren als die NA. AA wiesen dennoch kontinuierlich bis ins hohe Alter Frakturen auf (höher als EA).</li> <li>• AA und EA wiesen in fast jedem Alter Stressfrakturen auf.</li> <li>• Signifikanter Unterschied in Anzahl Stressfrakturen nach dem 12.5 Lebensjahr bei AA vs. EA</li> <li>• Keine der NA hatte nach dem 12.5 Lebensjahr eine Fraktur.</li> <li>• Stressfrakturen in den UE waren in der AA Gruppe häufiger als bei den EA.</li> <li>• Es gab so gut wie keine Unterschiede bezüglich Fettmasse, prozentuaalem Körperfett, lean-mass, Trainingsstunden und Typ des Trainings in der AA</li> </ul>
--	--	--

		<p>Gruppe von denen die Frakturen hatten zu denen die keine hatten.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In der EA Gruppe stellte sich heraus, dass welche die Frakturierten älter waren, 20.3+/- 2.6 J. vs. 18.4 +/- 2.3J. und höhere Fettmasse hatten und prozentuales Körperfett.</li> <li>• Bei den NA waren welche die Frakturen hatten älter, hatten höheren BMI, Fettmasse und prozentuales Körperfett.</li> </ul> <p>Unterschiede innerhalb einzelner Gruppe mit aktuell gemessenen Daten verglichen. NA, hatten nur bis zum 12 Lebensjahr Frakturen und es ist somit unbekannt, wie die damalige Körperzusammensetzung war. Macht es Sinn dies im aktuellen Alter für damals zu vergleichen?!</p> <p><i>Knochenparameter in Vergleich zu Frakturen vs. Nicht</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei den EA haben, welche die Frakturen hatten, tiefere trabekuläre Nummern, trabekuläre Abstände und weniger prozentuale tragende Knochen am distalsten Teil des Radius als die ohne.</li> <li>• In Tibia keine Unterschiede sichtbar</li> <li>• Gruppe der NA wiesen keine Unterschiede bei der BMD oder HRpQCT auf zwischen frakturierten und nicht frakturierten abgesehen davon, dass welche mit Frakturen tiefere prozentuale Load tragen mit dem trabekulären Knochen an der distalen Tibia.</li> </ul> <p>*folgende Ergebnisse beziehen sich auf die Gruppe der AA.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• WB und WS BMD waren in AA mit Frakturen tiefer als bei denen ohne.</li> <li>• vBMD im äusseren trabekulären Teil des Knochens war in Radius und Tibia tiefer bei denen mit Frakturen</li> <li>• In der Frakturgruppe war die trabekuläre Dicke und die Stressresistenz zur Deformierung tiefer als bei den nicht frakturierten.</li> <li>• In der Tibia konnte kein Unterschied bei der Mikroarchitektur festgestellt werden.</li> </ul> <p>➔ Gruppe AA wurde unterteilt in einfach und mehrfach frakturierten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Klinische Charakteristiken waren in beiden Gruppen gleich, ausser die Fettmasse und prozentuale Körperfettmasse waren bei den mehrfach frakturierten tiefer.</li> <li>- Die mit 2 oder mehr Stressfrakturen hatten Signifikant tiefere BMD Z-Scores an WB und WS als einmal frakturierte.</li> <li>- Am Radius waren totale Querschnitt Areale, trabekulärer vBMD und vBMD vom äussersten/ inneren Teil des trabekulären Knochens tiefer bei 2&lt; frakturierten Athletinnen</li> <li>- Steife und max. mögliche Load waren tiefer in AA mit mehreren Stressfrakturen an Tibia und Radius</li> </ul> <p><i>Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie groß genug, um</i></p>
--	--	--

		<p><i>einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen?</i> Die relevanten Schlüsse der untersuchten Beziehungen waren signifikant. Das Sample wäre gross genug gewesen, um bei anderen Faktoren ebenfalls Signifikanzen zu erreichen, es deutet jedoch daraufhin, dass keine bestehen in dieser Population.</p>
	<p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben? (1)  <input checked="" type="checkbox"/> ja  <input type="checkbox"/> nein  <input type="checkbox"/> nicht angegeben</p>	<p><i>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?</i>  AA hatten häufiger Frakturen als die anderen Gruppen und diese reichten auch bis ins höhere Alter.   EA und NA wiesen keine Unterschiede in BMD Z-Scores auf bei denen die Frakturen hatten, zu denen die keine hatten. Hingegen bei der Gruppe der AA lumbale und Ganzkörper BMD waren tiefer bei denen die bereits eine Stressfrakturen erlitten.   Bei AA war zusätzlich grösste kortikale Porosität im Radius festgestellt und vBMD.   AA hatten später einsetzende Menarchen im Gegensatz zu den eumenorrhoeischen Athleten.   Diese Resultate könnten aufgrund der tiefen Östrogen Levels bei der AA Gruppe zustande gekommen sein. Dies könnte zu erhöhter enostaler Knochen Resorption und somit tieferer Dichte vom trabekulären Knochen geführt haben. Trabekuläre Volumen war tiefer im Radius (nicht in Tibia) bei den AA die Frakturen erlitten. Es ist möglich, dass der weight-bearing Effekt die Tibia hierbei geschützt hat und es kompensierte.</p>
	<p>Wurden Fälle von Ausscheiden (Drop-outs) aus der Studie angegeben? (1)  <input type="checkbox"/> ja  <input checked="" type="checkbox"/> nein</p>	<p><i>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</i>  Es wurden keine Dropouts gemeldet. Es wurde immer von allen Daten gesprochen. Jedoch wurde dies nicht so dokumentiert.</p>
1/1	<p><b>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN</b>  Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie? (1)  <input checked="" type="checkbox"/> ja  <input type="checkbox"/> nein</p>	<p><i>Zu welchem Schluss kam die Studie?</i>  Oligomenorrhoeische Athleten profitieren nicht von den positiven Effekten des weight-bearing Trainings. (Wie erhöhte Knochendichte oder Belastbarkeit)  Dies macht die AA anfälliger zu Stressfrakturen. Diese Ergebnisse waren noch stärker ausgeprägt bei AA, die mehrere Stressfrakturen erlitten.  <i>Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die physiotherapeutische Praxis?</i>  Es wurden keine Implikationen für die Physiotherapie angegeben. Jedoch ist davon auszugehen, dass es bei der Nachbehandlung von Athleten mit Triade indizierten Stressfrakturen bei der Nachbehandlung vorsichtig an die weight-bearing Aktivität herangeführt werden sollen. Da bei dieser Gruppe die Belastbarkeit allgemein reduziert ist.  <i>Welches waren die hauptsächlichsten Limitationen oder systematischen Fehler (biases) der Studie?</i>  Selbstgemeldete Daten verwendet. (Interview)  Gruppengrösse war ungleich. (Oligomenorrhoeische Gruppe war grösser.)</p>

**Gesamtscore\*: 12 / 14**

\*In den 5 Hauptstudien werden keine Massnahmen untersucht. Deshalb wurden 3 Punkte vom Gesamtscore abgezogen. Somit ist ein Maximalscore von 14 (statt 17) erreichbar.

**Abkürzungen:** AA = Amenorrhoeische Athleten/ NA= Nichtathleten/ EA = Eumenorrhoeische Athleten, BMD = Bone Mineral Density/ vBMD = Volumen Bone Mineral Density, OCP= Oral contraceptive pills, DXA = dual Energy x-ray absorptiometry, WB= whole Body, WS Wirbelsäule/ LWS = Lendenwirbelsäule, BMI= Body Mass Index, REE = Resting Energy Expenditure UE = untere Extremität/ OE = Obere Extremität

**Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien**

© Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. und Westmorland, M., 1998

McMaster-Universität

Titel: Higher Incidence of Bone Stress Injuries With Increasing Female Athlete Triad-Related Risk Factors
Autoren: Barrack et al.
Publikationsjahr: 2014

Score		Kommentare
1/1	<p><b>ZWECK DER STUDIE</b>                      Wurde der Zweck klar angegeben? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja  <input type="checkbox"/> nein</p>	<p><i>Skizzieren Sie den Zweck der Studie.</i></p> <p>Die Studie wollte FAT Risikofaktoren einzeln oder in Kombination evaluieren, um eine Inzidenz von Stressfrakturen ermitteln zu können anhand der untersuchten Variablen. Dies wurde an vier Kohorten von physisch aktiven Frauen untersucht.</p> <p>Hypothese: Unter den aktiven Frauen, welche mehrere Triade Risikofaktoren aufweisen haben eine höhere Inzidenz von Stressfrakturen als die welche nur einen Faktor aufweisen.</p> <p><i>Inwiefern bezieht sich die Studie auf Ihre Forschungsfrage?</i></p> <p>Das Forschungsziel konnte vollumfänglich beantwortet werden durch die analysierten Daten. Es konnten Verbindungen von einzelnen und kombinierten Risikofaktoren aufgezeigt werden, welche vermehrt zu Stressfrakturen geführt haben. Die Hypothese konnte in der Schlussfolgerung ebenfalls bestätigt werden.</p>
1/1	<p><b>LITERATUR</b>                      Wurde die relevante Hintergrund-Literatur gesichtet? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja  <input type="checkbox"/> nein</p>	<p><i>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</i></p> <p>Bereits erstellte Literatur bezüglich Prävalenz von Stressfrakturen wurde gesichtet. Zusätzlich wurde Literatur zu verschiedenen betroffenen Populationen der Triade erwähnt. Es wurde ebenfalls Bezug genommen zu möglichen Einflussfaktoren, welche Stressfrakturen begünstigen. Es wurden bisher meist einzelne Komponente/ Variablen die als Risikofaktoren gelten in Bezug zu Stressfrakturen untersucht. Diese Studie sollte hingegen den Zusammenhang von einer oder mehreren Faktoren untersuchen. Es soll Mitarbeiter, die bei der Behandlung beteiligt sind, aufmerksam machen auf mögliche Auslöser, die zur Fraktur führen können.</p>

<p>1/1</p>	<p><b>DESIGN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ randomisierte kontrollierte Studie (RCT)</li> <li>× Kohortenstudie</li> <li>○ Einzelfall-Design</li> <li>○ Vorher-Nachher-Design</li> <li>○ Fall-Kontroll-Studie</li> <li>○ Querschnittsstudie</li> <li>○ Fallstudie</li> </ul>	<p><i>Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprech das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (outcomes), auf ethische Aspekte)? (1)</i></p> <p>Bei dieser Studie handelt es sich um ein prospektives Kohortendesign, wobei in vier verschiedenen Universitäten bereits Daten erfasst wurden. Diese Datensätze (nur komplette) wurden in dieser Studie übernommen und nochmals neu mit einem eigenen Ziel analysiert. <b>Die einzelnen Kohorten wurden jedoch nicht separat ausgewertet. Die Daten wurden mit angepassten Definitionen einzelner Variablen gemeinsam als Querschnittspopulation ausgewertet.</b></p> <p>Daten bezüglich Knochen-stress Verletzungen wurden prospektiv erfasst während den jeweilig laufenden Studienperioden.</p> <p>Das Studiendesign wurde adäquat gewählt in Anbetracht der gewünschten Ergebnisse. <b>Durch das Einbeziehen unterschiedlicher Universitäten konnte eine grössere Diversität der Populationen untersucht werden. (Von beispielsweise verschiedenen Ländern.)</b></p> <p><i>Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es wurden partizipierende genommen aus bereits vorhandenen Datensätzen, wobei bei einigen unklar bleibt, welche Kriterien erfüllt werden mussten, um teilnehmen zu dürfen. Bei mind. Einer Studie wurde auch eine Intervention mit ihren Datensätzen getestet, was die Ergebnisse in dieser Studie nun verfälschen könnte. Zusätzlich sind die Leistungen der Sportlerinnen unterschiedlich von kompetitivem Schulsport bis allgemein aktive Frauen. Die Altersgrenze ist in den unterschiedlichen Datensätzen zusätzlich unterschiedlich was eine Variable wie beispielsweise Menstruation beeinflussen kann. Die Anzahl an Sportlerinnen in den jeweiligen Sportarten ist stark schwankend (n=146 vs. n=104 vs. n=17). Wobei zusätzlich auch unklar ist welche Faktoren die Zuteilung bestimmten (Unterschied Leanness Aktivität zu Langstreckenlaufsport?) <b>Selection BIAS</b></li> <li>• Die daten der unterschiedlichen Datensätze wurden über neue Definitionen, welche zu allen Datensätzen passen sollte zusammengefügt. Dies könnte zu einem <b>Allocation BIAS</b> geführt haben. <b>(Die Datensätze haben dennoch vorgängig das gleiche Konstrukt gemessen, sind aber auch nicht identisch definiert und gemessen worden. Somit mussten Anpassungen getätigt werden, die alle Definitionen repräsentierten.)</b></li> <li>• Es wurden Athletinnen inkludiert, welche orale Kontrazeptiva einnehmen. Bei einigen Inklusion von jungen Athletinnen, die</li> </ul>
------------	---	---

		<p>möglicherweise physiologisch noch keine Menstruation aufwiesen. Daten somit schwierig zu erfassen, dass sie aussagekräftig sind.</p> <p>Bei der Tabelle 1, wobei einzelne Variablen auf ihre Signifikanz zu Stressfrakturen untersucht werden, wurden für die nachfolgende Analyse der Tabelle 2 Es wurden potenzielle Risikofaktoren definiert um diese einzeln und kombiniert auswerten zu können. Hierbei könnte es sein, dass eine wichtige Variable vergessen ging. -&gt; Langstreckenlaufsport wurde nicht separat definiert, sondern Leanness Sportarten sowie dazugehörig Anzahl gelaufenen Kilometern in der Woche bei dieser Variable.</p> <p><b>Confounder BIAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Observer BIAS</b> Es wurden in den Datensätze ähnliche Variablen gemessen, dennoch wurde dies von unterschiedlichen Fachpersonen ausgewertet und die Messungen sind somit nicht identisch. In allen Studien wurden Stressverletzungen erfragt und diese mussten auch ärztlich diagnostiziert werden. Es wurde jedoch nicht bei allen erfragt ob und welche Bildgebung zur Bestätigung der Verletzung genutzt wurde. Somit könnten die Ergebnisse im Vergleich zwischen den Studien unterschiedlich bewertet worden sein. (Bsp. Stressfraktur ohne Bildgebung nur als Verletzung deklariert worden sein etc.)</li> <li>• <b>Publication BIAS:</b> Bei einigen Datensätzen wurden spezifisch Stressfrakturen untersucht, wobei andere lediglich von Knochen-stress Verletzungen gesprochen haben, was schlussendlich keine klare Aussage über lediglich Stressfrakturen erlaubt. Einige Messungen sind möglicherweise verfälscht da in den verschiedenen Datensätzen die Untersuchungen an unterschiedlichen Geräten vorgenommen wurden (Bsp. DXA- Messung, Körpergröße und Gewicht) oder auch unterschiedlich erfragt wurden (Bsp. Verletzungen).</li> <li>• In einer Studie wurde keine Trainingsaufzeichnung rapportiert, was folglich im Nachhinein gemacht wurde. Dies könnte zu einem <b>Recall BIAS</b> geführt haben. Das gleiche gilt für Fragen bezüglich Essstörungen oder gestörtem Essverhalten und Daten bezüglich der Menstruation im letzten Jahr, welche anhand von Fragebögen erfasst wurden.</li> <li>• Bei einigen Daten die einmalig als Querschnitt erfasst wurden, ist unklar, wann dies stattfand. Geschah dies in der Hauptsaison oder dazwischen? Dies könnte Ergebnisse beeinflusst haben. (Bsp. Gewicht in Haupt und Nebensaison unterschiedlich etc.) <b>Performance BIAS</b></li> </ul>
<p>3/4</p>	<p><b>STICHPROBE</b> N = 259</p> <p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben? (1)</p>	<p><i>Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?). Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</i></p> <p>259 Teilnehmerinnen in 3 prospektiven Kohorten unterschiedlicher Universitäten. Die Daten haben die gleichen Variablen Konstrukte gemessen, jedoch waren Definitionen</p>

	<p><input checked="" type="radio"/> ja  <input type="radio"/> nein</p> <p>Wurde die Stichprobengröße begründet? (1)</p> <p><input type="radio"/> ja  <input checked="" type="radio"/> nein  <input type="radio"/> entfällt</p> <p>Sind die Ein-/Ausschlusskriterien aussagekräftig? (1)</p> <p><input checked="" type="radio"/> ja  <input type="radio"/> nein</p>	<p>und Messungen unterschiedlich durchgeführt worden.</p> <p>Daten stammen zu n=83 aus Pennsylvania und Toronto aus einer prospektiven Studie, wobei Daten von 2005-2011 gesammelt wurden. Bei diesen Daten, wurde eine 12-monatige Intervention zu erhöhter Energieaufnahme mit Einfluss auf Knochengesundheit bei Frauen mit und ohne Menstruationsdysfunktionen untersucht. Bei diesen Daten wurden athletischen Frauen erfasst, die mehr als 2h pro Woche Sport gemacht haben und dies über 4 Wochen in ein Buch dokumentiert haben.</p> <p>Daten von der San Diego University (n=151) wurden zwischen 2003 und 2004 gesammelt. Dies fand während der schulischen Sportsaison an Meisterschaften statt an Frauen die im Alter von 13-18 Jahren sind. Die Menstruation sollten sie zwischen dem 15-18 Lebensjahr gestartet haben oder nun nicht menstruierend sein im Alter von 15-18 Jahren. Diese Athletinnen nahmen in verschiedenen Sportarten teil und hatten vor Saisonstart eine Evaluation zu den Triade Risikofaktoren. Die prospektive Begleitung zur Untersuchung von Verletzungen erfolgte während 3-4 Monaten in der Sportsaison.</p> <p>Aus Californien kamen (n=25) Daten. Diese wurden prospektiv über fünf Jahre zwischen 1996 und 2001 gesammelt und untersuchte Athletinnen, die in der nationalen Collegiate athletic association teilnahmen (NCAA). Diese übten Sportarten im Bereich Leichtathletik und cross-country aus.</p> <p>*In jeder Studie wurden Athletinnen ausgeschlossen, welche Medikamente einnahmen, welche die Knochendichte beeinflussen könnte.</p> <p>Die Samples wurden kategorisiert in Wettkampfathleten und Sporttreibende Frauen sowie in Kategorien leanness und non-leanness Sportarten. (Nach dem Konzept von Torstveit und Sundgot-Borgen)</p> <p>Gruppen von Leanness Sprt/ Aktivität (n=146)          Gruppe Langstreckenläufer (n=104)          Gruppe Schwimmer (n=17)</p> <p>Nahrungsrestriktion wurde definiert mir Scores &gt;3 beim Essstörung-Fragebogen und beim Three-Factor Eating Questionnaire mit Score &gt;9.</p> <p>Pathologische Gewichtskontrolle wurde definiert als mind. Einmaliges selbst indiziertes Erbrechen oder Nutzung von Laxativen/ Diuretika oder Diätpillen.</p> <p>Gynäkologisches Alter wurde definiert als Alter mit Subtraktion von Alter bei Einsetzen der Menarche. Bei primärer Amenorrhoe wurde das Alter von chronologischem Alter von 15 subtrahiert, da ab dann die Menarche als späteinsetzend gilt.</p>
--	--	--

		<p>Amenorrhoe = Ausfall Menstruation bei drei aufeinanderfolgenden Zyklen oder weniger als vier Zyklen im letzten Jahr// Oligomenorrhoe= 4-9 Zyklen im letzten Jahr oder eine Zyklusdauer &gt;36 Tage.</p> <p>Tiefer BMD wurde definiert anhand chronologischem Alter (an Wirbelsäule, WB oder Hüfte in premenopausalen Frauen mit 1 oder &gt;2 SD unter Altersgleichen und geschlechterspezifischen Referenzdaten (Z-Score&lt;-1 oder &lt;-2).</p> <p>Um die Daten zusammenfügen zu können. Wurden die, welche gleich gemessen Daten aufwiesen und gleiche Definitionen haben zusammengefügt. Bei denen die keine gleiche Definition haben, wurde eine neue erstellt, die alles inkludiert. -&gt; auch bei Oligo/Amenorrhoe.</p> <p><b>Beschreiben Sie die Ethik-Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung (consent) eingeholt? (1)</b></p> <p>Bevor die Daten wiederverwertet wurden, wurde eine schriftliche Zustimmung der Teilnehmerinnen eingeholt. Die Studien wurden ebenfalls von den jeweiligen Universitäten genehmigt.</p>
<p>1/2</p>	<p><b>Ergebnisse (outcomes)</b></p> <p>Waren die outcome-Messungen zuverlässig (reliabel)? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> ja</li> <li><input type="checkbox"/> nein</li> <li><input type="checkbox"/> nicht angegeben</li> </ul> <p>Waren die outcome-Messungen gültig (valide)? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> ja</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> nein</li> <li><input type="checkbox"/> nicht angegeben</li> </ul>	<p><b>Geben Sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post- follow up))</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ernährungsgewohnheiten mit einem „Three-Factor Eating Questionnaire oder dem Eating disorder Questionnaire“</li> <li>• Ein weiterer Fragebogen zu demografischen Daten, Menstruations Funktion (Alter von Menarche, Anzahl Zyklen im letzten Jahr, Anzahl ausgefallener Zyklen nacheinander im letzten Jahr und ob <b>Kontrazeption</b> genutzt wurde), Sportaktivität, Verletzungsgeschichte und pathologischen Gewichtskontrollen</li> <li>• Körpergröße und Gewicht wurden ohne Schuhe im Labor gemessen mit bis 1cm und 0.6kg Varianz.</li> <li>• BMD und BMC von ganzem Körper (WB), Hüfte, Femurhals, LWS und Körperkomposition (Körperfett, Fettfreie Masse und lean-body mass) durch DXA mit zertifiziertem Techniker gemessen.</li> <li>• Während der Studie wurden Verletzungen dokumentiert. Diese wurden von einem Arzt diagnostiziert, die dann vom Radiologen bestätigt werden mussten.</li> </ul> <p>Um später aus den signifikanten demographischen Daten Risikofaktoren ableiten zu können, wurden potenzielle Risikofaktordefinitionen aufgestellt, an denen die weiteren Analysen erfolgten.</p> <p><b>Definierte Risikofaktoren:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiefes Körpergewicht mit 2 cut-off Punkten: &lt;85% von idealem Körpergewicht und &lt;90% von idealem Körpergewicht</li> <li>• Tiefer BMI mit 2 cut-off Punkten: &lt;17.5 kg/m<sup>2</sup> und &lt;18.5 kg/m<sup>2</sup></li> <li>• Hohe Trainingsvolumen &gt;12h/Woche</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Essrestriktion</li> <li>• Pathologische Gewichtskontrolle</li> <li>• Leanness Sport</li> <li>• Spätes Alter der ersten Menarche</li> <li>• Oligo-/Amenorrhoe</li> <li>• Tiefer BMD mit 2 cut-off Punkten: Z-Score &lt;-1.0 und &lt;-2.0</li> <li>• Verletzung assoziiert mit BMI &lt;21kg/m<sup>2</sup></li> </ul> <p>In den verschiedenen Studien wurden die Stressfrakturen leicht unterschiedlich erfragt. Bei einigen direkt während Saison durch Trainer und Ärzte bei anderen durch Fragebögen die dann aber ebenfalls ärztlich abgeklärt worden sein mussten. Die Radiologische Bildgebung wurde nicht bei allen erfragt.</p> <p>Es wurden standardisierte Fragebögen verwendet, um den Risikofaktor der Essstörung zu befragen.</p> <table border="1" data-bbox="647 790 1428 1142"> <thead> <tr> <th data-bbox="647 790 1034 898">Outcome- Bereiche (z.B. Selbstversorgung (self care), Produktivität, Freizeit)</th> <th data-bbox="1034 790 1428 898">Listen Sie die verwendeten Messungen auf.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="647 898 1034 1142"> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FAT Risikofaktoren</li> <li>- Stressfrakturen</li> </ul> </td> <td data-bbox="1034 898 1428 1142"> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fragebögen zu den entsprechenden Risikofaktoren</li> <li>- Geschichte von vergangenen Verletzungen</li> <li>- DXA -&gt; BMD Messung</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table>	Outcome- Bereiche (z.B. Selbstversorgung (self care), Produktivität, Freizeit)	Listen Sie die verwendeten Messungen auf.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- FAT Risikofaktoren</li> <li>- Stressfrakturen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fragebögen zu den entsprechenden Risikofaktoren</li> <li>- Geschichte von vergangenen Verletzungen</li> <li>- DXA -&gt; BMD Messung</li> </ul>
Outcome- Bereiche (z.B. Selbstversorgung (self care), Produktivität, Freizeit)	Listen Sie die verwendeten Messungen auf.					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- FAT Risikofaktoren</li> <li>- Stressfrakturen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fragebögen zu den entsprechenden Risikofaktoren</li> <li>- Geschichte von vergangenen Verletzungen</li> <li>- DXA -&gt; BMD Messung</li> </ul>					
<p><b>-/3</b></p>	<p><b>MASSNAHMEN (Intervention)</b></p> <p>Wurde die Maßnahmen detailliert beschrieben? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ja</li> <li>○ nein</li> <li>○ nicht angegeben</li> </ul> <p>Wurde Kontaminierung vermieden? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ja</li> <li>○ nein</li> <li>○ nicht angegeben</li> <li>○ entfällt</li> </ul> <p>Wurden gleichzeitige weitere Maßnahmen (Ko-Intervention) vermieden? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ja</li> <li>○ nein</li> <li>○ nicht angegeben</li> <li>○ entfällt</li> </ul>	<p><i>Beschreiben Sie kurz die Maßnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Maßnahmen in der ergotherapeutischen Praxis wiederholt werden?</i></p> <p>Es wurden keine Messungen durchgeführt. Es handelt sich hierbei um zusammengesetzte Datenbanken aus prospektiven Studienansätzen. Diese wurden zu einem Querschnitt/ Kohorten design kombiniert.</p>				

<p>4/4</p>	<p><b>ERGEBNISSE (Resultate):</b>          Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja  <input type="checkbox"/> nein  <input type="checkbox"/> entfällt  <input type="checkbox"/> nicht angegeben</p> <p>War(en) die Analyse(n) geeignet? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja  <input type="checkbox"/> nein  <input type="checkbox"/> nicht angegeben</p>	<p><i>Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. <math>p &lt; 0.05</math>)?</i></p> <p>Um die kontinuierlichen (beschreibenden) Daten zu präsentieren wurden SD und SED bestimmt.</p> <p>Für unabhängige, kontinuierliche Daten wurde der T-Test verwendet und der Chi2-Tets für kategorisierte SD über beschreibenden Daten (Tabelle1) gemäss BSI.</p> <p>Es wurden Prozentzahlen angegeben von partizipierenden, bei denen einzelne oder kombinierte Risikofaktoren mit einer BSI zutrafen.</p> <p>Eine bivariate regressive Datenanalyse hat gemessen wie wahrscheinlich eine BSI ist. Dies wurde in Odds Ratio (OR) und 95% Konfidenz Intervallen (CI) angegeben.          *Analysiert mit der SPSS Software Version 20.0 Chicago, Illinois</p> <p><i>Info über Sportlerinnen und deren Sportart</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 259 Teilnehmerinnen; &lt;18 Jahren n=145/ &gt;18 Jahren n=114</li> <li>• 185 übten Sportart über Schulte/ College (NCAA) aus und 74 haben sich regulär sportlich engagiert.</li> <li>• 104 davon übten Mittel/ Langstreckenlauf aus. Zusätzlich spielten n=21 Fussball, n=14 Softball, n=5 Triathlon, n=2 Feldhockey und n=5 Lacrosse, was auch eher Langstreckensportlerinnen sind.</li> </ul> <p><i>Stressverletzungen allgemein:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Über alle Gruppen hinweg erlitten 10.8% (n=28) eine Stressverletzungen, 17 davon waren Stressreaktionen und 11 Stressfrakturen. -&gt; Alle diese Verletzungen erfolgten an den unteren Extremitäten.</li> <li>• Von denen, die Verletzungen aufwiesen waren n=18/ 64.3% Ausdauerläuferinnen, n=9 waren bei Leichtathletik im Sprint und anderen Bereichen tätig und eine Tänzerin.</li> <li>• Alle die Verletzungen aufwiesen, hatten deutlich tiefere BMD Werte am Femurhals, Hüfte und LWS, wiesen zusätzlich tiefere prozentuale Körperfettmassen und Fettmasse auf.</li> <li>• Die, die Verletzungen aufwiesen trainierten &gt;12h/ Woche, hatten einen BMI &lt;21 kg/m<sup>2</sup> und hatten einen BMD Z-score &lt;-1.0 und -2.0.</li> </ul> <p><i>Es konnten Ergebnisse, die zu Stressverletzungen führten, angegeben werden, im Vergleich zwischen denen die Risikofaktoren (welche definiert wurden -&gt; siehe oben) aufwiesen zu denen, die dies nicht taten.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Athletinnen mit Beteiligung in leanness sports, höheren Essrestriktionen und Oligo-/ Amenorrhoe wiesen nicht eine signifikant höhere Frakturrate auf.</li> <li>• Bei den definierten Risikofaktoren (siehe oben) waren tiefer BMD, tiefem BMI und Training &gt;12h/Woche als signifikante Auslöser für Stressfrakturen zuzuordnen.</li> </ul>
------------	--	---

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sportart, restriktives Essverhalten und Menstruationsstatus hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung von Stressfrakturen. <i>Kombinierte 2-3 Risikofaktoren die zu Stressverletzungen führten</i></li> <li>• Tiefer BMD &lt;-1.0 Z-Score + BMI &lt;21kg/m<sup>2</sup> führten zu mehr Stressverletzungen und tiefer BMD &lt;-1.0 Z-Score + &gt;12h/Woche Training führten ebenfalls zu mehr Stressverletzungen</li> <li>• Bei den 3-Faktor Variablen wiesen die mit &gt;12h Training/ Woche + leanness Sport + Essrestriktion eine hohe Korrelation zu Stressverletzungen auf. Auch die mit tiefem BMD &lt;-1.0 + Training &gt;12h/W + verminderter Nahrungszunahme/ BMI&lt;21kg/Quadratmeter hatten vermehrt Stressverletzungen.</li> <li>• Signifikanteste einzelne Risikofaktoren sind: Training &gt;12h/W, tiefer BMD Z-score, BMI &lt;21.o, leanness Sport, Oligo-/ Amenorrhoe und Essrestriktionen</li> </ul> <p><i>Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie groß genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen?</i></p> <p>Es konnten statistisch relevante und signifikante Ergebnisse erzielt werden. Somit konnten unterschiede und Risikofaktoren ermittelt werden, die zu Stressverletzungen führten.</p>
	<p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja</p> <p><input type="checkbox"/> nein</p> <p><input type="checkbox"/> nicht angegeben</p>	<p><i>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?</i></p> <p>In diesen Ergebnissen wurden höhere Raten an Stressverletzungen festgestellt als in vorhergehender Literatur. Identisch zu anderer Literatur, waren die Verletzungen mehrheitlich an den unteren Extremitäten und es gab deutliche assoziationen zu Langstreckenlaufsport. Bei kombinierten Faktoren macht sich deutlich, dass besonders viel Training kombiniert mit tiefem BMD zu den meisten Verletzungen führt. Es kann sein, dass vermehrtes Training zu der verminderten Energieverfügbarkeiten führt. Dies könnte möglicherweise mit genug Kalorienzunahme kompensiert werden. Bereits andere Studien haben einzelne ähnliche Kombinationen untersucht und sind zu den gleichen Ergebnissen gekommen bezüglich tiefer Knochendichte. Einzelne Faktoren wie Oligo-/ Amenorrhoe und Essstörungen konnten einzeln nicht in Verbindung gebracht werden mit BSI, jedoch in kombinierten Triade Risikofaktoren.</p> <p>Umso mehr Risikofaktoren aufgewiesen wurden von Athletinnen, stieg das Risiko zu Verletzungen ebenfalls deutlich an. BMI &lt;21 hatte Korrelation zu vermehrten Stressverletzungen.</p> <p>Dies ist die erste Studie, die solche kombinierten Risikofaktoren untersuchte.</p> <p>Die erlangten Ergebnisse könnten in Zukunft vielleicht bestätigt</p>

		werden und in Guidelines zur Prävention und Nachbehandlung umgesetzt werden.
	<p>Wurden Fälle von Ausscheiden (Drop-outs) aus der Studie angegeben? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja</p> <p><input type="checkbox"/> nein</p>	<p><i>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</i></p> <p>In der erfolgten Studie gab es keine Drop-outs, da bereits erstellte Datensätze analysiert wurden, wobei nur vollständige Datensätze in diese Analyse inkludiert wurden.</p>
1/1	<p><b>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN</b></p> <p>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja</p> <p><input type="checkbox"/> nein</p>	<p><i>Zu welchem Schluss kam die Studie?</i></p> <p>Es hat einen signifikanten Unterschied gegeben in Anzahl Risikofaktoren die vorhanden waren zu den erfolgten Stressverletzungen des Knochens. Der stärkste Zusammenhang konnte zwischen geleisteten Trainingsstunden und einem BMD Z-score unter &lt;-1.0 aufgezeigt werden.</p> <p><i>Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die physiotherapeutische Praxis?</i></p> <p>Es muss eine komplette Evaluation erfolgen zu Triaderisiken und Stressfrakturen. Es könnte auch helfen diese zu quantifizieren, um abwägen zu können, wie sich der Weg zurück zum Sport gestalten soll. Knochenmasse und Kraft ist empfohlen aufzubauen und genug Nahrungreiche Speisen einzunehmen.</p> <p>Evaluieren welche Athletinnen Risiko zu Stressfrakturen haben und diese mit gezielten Präventionsmassnahmen zu tieferm Risiko zu Stressverletzungen zu führen. Diese müssen in Betracht, dass das Risiko bei kombinierten Risiken grösser ist multifaktoriell angegangen werden.</p> <p><i>Welches waren die hauptsächlichsten Limitationen oder systematischen Fehler es) der Studie?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daten aus 4 verscheidenn Studien -&gt; sind unterschiedlich gemessen und mit anderen Maschienen.</li> <li>• Die Altersspanne war in einigen Studien unterschiedlich, wobei bei einigen junge Erwachsene inkludiert und bei anderen etwas Ältere.</li> <li>• Nicht bei allen wurden die Verletzungsdiagnosen durch das gleiche bildgebende Verfahren bestätigt.</li> <li>• Es wurden nicht bei allen bereits zu Beginn die Trainingsbegebenheiten dokumentiert.</li> <li>• Knochenstruktur hätte genauer ermittelt werden können mit erweiterten Messungen.</li> <li>• Es wurden nur Datenanalysiert, die in allen Datenbanken gleich vorhanden waren, was bei einigen zusatzermittelte Risikofaktoren in dieser Studie ausgeschlossen haben</li> </ul>
<p><b>Gesamtscore* 11 / 14</b></p> <p>*In den 5 Hauptstudien werden keine Massnahmen untersucht. Deshalb wurden 3 Punkte vom Gesamtscore abgezogen. Somit ist ein Maximalscore von 14 (statt 17) erreichbar.</p>		

**Abkürzungen:** FAT= female athlete triad, WB= whole body, DXA= dual energy x-ray absorptiometry, BMD= Bone mineral density/ BMC= bone mineral content, BSI= Bone stress injury

**Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien**

© Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. und Westmorland, M., 1998

McMaster-Universität

Titel: Correlation of MRI Grading of Bone Stress Injuries With Clinical Risk Factors and Return to Play -A 5-Year Prospective Study in Collegiate Track and Field Athletes
Autoren: Nattiv et al.
Publikationsjahr: 2013

Score		Kommentare
1/1	<p><b>ZWECK DER STUDIE</b>                      Wurde der Zweck klar angegeben? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja  <input type="checkbox"/> nein</p>	<p><i>Skizzieren Sie den Zweck der Studie.</i>                      Die Studie verfolgt das Ziel, MRI-Klassifizierungen von Stressfrakturen zu untersuchen und eine mögliche Korrelation zu Risikofaktoren und «Return-to-Sport-Dauer» bei Hochschulsportler und -Hochschulsportlerinnen in der Leichtathletik aufzustellen.                      Eine Hypothese wurde aufgestellt, dass eine höhergradige Klassifizierung mit einer längeren «Return-to-Sport-Dauer» korrelieren werden und, dass bei Athletinnen mit Triade-Risikofaktoren mit einer längeren Heilungsdauer korrelieren.</p> <p><i>Inwiefern bezieht sich die Studie auf Ihre Forschungsfrage?</i>                      Die Studie untersucht, welche Risikofaktoren mit Stressfrakturen und in Abhängigkeit zu dem Schweregrad der Fraktur korreliert.</p>
1/1	<p><b>LITERATUR</b>                      Wurde die relevante Hintergrund-Literatur gesichtet? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja  <input type="checkbox"/> nein</p>	<p><i>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</i>                      Die Studie präsentiert Vor- und Nachteile von verschiedenen bildgebenden Verfahren wie Röntgen, Bone Scan, CT und Ultraschall. MRI ist höchst-spezifisch und liefert wertvolle Informationen über das Ausmass der Knochenverletzung und Verletzung des umliegenden Gewebes. Eine ältere Studie fand keine signifikante Resultate zwischen dem Schweregrad der MRI-diagnostizierten Stressfrakturen und der Heilungsdauer. MRI könnte potenziell ein gutes standardisiertes Messverfahren sein, um Stressfrakturen früh zu erkennen und zu managen.</p>
1/1	<p><b>DESIGN</b></p> <p><input type="checkbox"/> randomisierte kontrollierte Studie (RCT)  <input checked="" type="checkbox"/> Kohortenstudie  <input type="checkbox"/> Einzelfall-Design  <input type="checkbox"/> Vorher-Nachher-Design  <input type="checkbox"/> Fall-Kontroll-Studie  <input type="checkbox"/> Querschnittsstudie  <input type="checkbox"/> Fallstudie</p>	<p><i>Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprech das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (outcomes), auf ethische Aspekte)? (1)</i>                      Die Studie wird als 5-jährige prospektive Studie beschrieben. Die Studie wurde zwischen 1996 und 2001 durchgeführt. Jedes Jahr wurden die Sportler/innen zur Studienteilnahme eingeladen. Dabei wurden Daten prospektiv gesammelt und verglichen. Die längste prospektive Beobachtung eines Athleten war 2.7 Jahre.                      Daten zu Stressfrakturen wurden prospektiv gesammelt. Die Athleten/innen wurden während der Hauptsaison bis zum Ende der Studiendurchführung bezüglich verfolgt, ihre Verletzung und die Dauer bis zur Sportwiederaufnahme wurde</p>

		<p>dokumentiert. Die Frauen- und Männergruppe wurde verglichen.  Das Studiendesign eignet sich für die Studienfrage, da mittels Fragebogen, DXA-Messung, MRI und mehreren ärztlichen Untersuchungen die Athleten/innen prospektiv untersucht wurden. Aus der Stichprobe wurden alle verletzten Athletinnen in 4 Kohorten aufgestellt, eingeteilt in die Grad 1-4 Frakturschweregrade.</p> <p><i>Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Confounder:</b> Die orale Kontrazeption und der Einfluss anderer Medikamente wurden zwar erfragt, aber keine Daten wurden dazu präsentiert. Die Knochendichte von Athletinnen, die die orale Kontrazeption einnehmen, könnte dadurch besser sein. Auf den Einfluss der oralen Kontrazeption wird nicht eingegangen.</li> <li>• Daten wurden u.a. aus einem Fragebogen gewonnen. Die Teilnehmerinnen kannten den Zweck der Studie und konnten günstigere Antworten geben z.B. ein gestörtes Essverhalten oder eine Menstruationsdysfunktion nicht offenbaren. Dies verzerrt die Resultate, evlt. kann dadurch kein signifikantes Ergebnis gezeigt werden.</li> <li>• <b>Selektionsbias:</b> Athleten/innen konnten sich freiwillig für die Studie melden, wodurch ein noch unbekanntes Merkmal die Daten verzerren könnte.</li> </ul> <p>Weitere 3 systemische Fehler werden in der letzten Zeile unter Limitationen beschrieben.</p>
<p>2/4</p>	<p><b>STICHPROBE</b>  N = 211</p> <p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input checked="" type="radio"/> nein</li> </ul> <p>Wurde die Stichprobengröße begründet? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> entfällt</li> </ul> <p>Sind die Ein-/Ausschlusskriterien aussagekräftig? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input checked="" type="radio"/> nein</li> </ul>	<p><i>Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?). Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</i></p> <p>221 Sportler/-innen aus der Division 1 von verschiedenen Universitäten nahmen teil.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geschlecht: weiblich, männlich</li> <li>• Sportart: Leichtathletik (track and field), Langstreckenlauf (Cross country running) <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Distance: n = 13</li> <li><input type="radio"/> Sprints: n = 5</li> <li><input type="radio"/> Jumps: n = ...</li> </ul> </li> <li>• Ethnie: white, black, Hispanic, Asian, other</li> <li>• Teilnehmer/innen pro Jahr: <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Jahr 1: 83</li> <li><input type="radio"/> Jahr 2: 89</li> <li><input type="radio"/> Jahr 3: 103</li> <li><input type="radio"/> Jahr 4: 98</li> <li><input type="radio"/> Jahr 5: 88</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Die Stichprobengröße wurde gut begründet.</b>  Die Stichprobengröße entstand dadurch, dass Athleten/innen der Division 1 der University of California freiwillig teilnehmen konnten. Der Aufruf zu Teilnahme war immer Anfangs Jahr.  <b>Wie viele Teilnehmer/innen aus dem vorherigen Jahr im nächsten Jahr wieder teilnahmen wird nicht genannt.</b> Längste Beobachtung war 2.7 Jahre.</p>

		<p><b>Die Stichprobe wurde ungenau beschrieben.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es werden hauptsächlich die verletzten Athleten/innen beschrieben (n= 34). Andere Daten zum Rest der Stichprobe (n = 177) fehlen.</li> <li>• Es werden keine Daten zu früheren (retrospektiven) Stressfrakturen oder zur oralen Kontrazeption präsentiert, obwohl das im Fragebogen erfragt wurde.</li> </ul> <p>Aus dem Text lassen sich diese Einschlusskriterien ableiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• College track and field oder Cross-country-Sport</li> <li>• Division 1 – Liga</li> </ul> <p><b>Beschreiben Sie die Ethik-Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung (consent) eingeholt? (1)</b></p> <p>Ja, die Studie wurde von der Ethikkommission der University of California angenommen. Die Teilnehmer/innen gaben ihre Zustimmung für die Teilnahme an der Studie und der Datenerhebung.</p>
<p><b>2/2</b></p>	<p><b>Ergebnisse (outcomes)</b></p> <p>Waren die outcome-Messungen zuverlässig (reliabel)? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja</p> <p><input type="checkbox"/> nein</p> <p><input type="checkbox"/> nicht angegeben</p> <p>Waren die outcome-Messungen gültig (valide)? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja</p> <p><input type="checkbox"/> nein</p> <p><input type="checkbox"/> nicht angegeben</p>	<p><b>Geben Sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post- follow up)).</b></p> <p><b>Es werden keine Reliabilitätstests für die Messinstrumente durchgeführt.</b></p> <p><b>Baseline Daten:</b></p> <p>Fragebogen (self-reported, <b>nicht validiert</b>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bereits erlittene Knochenverletzungen</li> <li>• Detaillierte Menstruationsgeschichte &amp; aktueller Menstruationsstatus</li> <li>• Vergangene Episoden von gestörtem Essverhalten</li> <li>• Sporttätigkeit bis heute</li> <li>• Medikamenteneinnahme</li> <li>• Einnahme von oraler Kontrazeption</li> <li>• Weitere Fragen zur generellen Gesundheit</li> </ul> <p><b>Die Anzahl Fragen wurde nicht präsentiert.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein weiterer Standardfragebogen wurde erwähnt, aber nicht weiter erklärt.</li> </ul> <p><b>Gesundes/gestörtes Essverhalten:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tagebuch zur Nahrungsaufnahme für 3 Tage zu Beginn</li> <li>• Befragung: Athletinnen wurden von einem Arzt/Ärztin zu ihrem Essverhalten befragt.</li> </ul> <p>Um ein gestörtes Essverhalten zu dokumentieren/ diagnostizieren, wurden die Daten aus dem Fragebogen, dem Ernährungstagebuch und die Daten aus der ärztlichen Untersuchung in einem multidisziplinären Assessment ausgewertet unter den Kriterien der «<b>Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 4th Edition (DSM-IV)</b>», ein <b>reliables und validiertes Klassifikationssystem für psychische Störungen, das von der American Psychiatric Association publiziert wurde.</b> Im multidisziplinären Team waren auch ein Ernährungswissenschaftler und ein Psychologe vertreten.</p> <p><b>DXA-Messung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zu Beginn und dann einmal pro Jahr gemessen pro Teilnehmer/in</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hologic QDR 4500A scanner</li> <li>• <b>Baseline und follow-up Tests wurden vom gleichen Messgerät und von der gleichen zertifizierten Densitometrie-Techniker durchgeführt.</b></li> <li>• Messpunkte: L1-L4, nondominant total hip und Femurhals, total body, nondominant forearm (1/3 Radius), Tibia</li> <li>• Weitere Messwerte: Körperfettgehalt, Body composition</li> <li>• <b>Keine Tests zu Inter-Rater-Reliabilität (Objektivität)</b></li> </ul> <p><b>Grösse &amp; Gewicht:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zu Beginn und dann einmal pro Jahr gemessen pro Teilnehmer/in</li> <li>• BMI berechnet</li> </ul> <p><b>Stressfrakturen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retrospektiv im Fragebogen erfragt</li> <li>• Prospektiv beobachtet während Sportsaison und bis Ende Studiendurchführung, mit MRI diagnostiziert.</li> <li>• <b>MRI: Keine Tests zu Inter-Rater-Reliabilität (Objektivität)</b></li> <li>• MRI Klassifizierung: Kriterien übernommen von Fredericson et al. und Arendt et al. &amp; modifiziert:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Grad 1: mild marrow or periosteal edema on T2; T1 normal</li> <li>○ Grad 2: moderate marrow or periosteal edema plus positive T2; T1 normal</li> <li>○ Grad 3: Severe marrow or periosteal edema on T2 and T1</li> <li>○ Grad 4: Severe marrow or periosteal edema on T2 and T1 plus fracture line on T2 or T1. → Nur Grad 4-Verletzungen waren tatsächlich komplette Stressfrakturen mit sichtbarer Frakturlinie. Grad 1 – 3 waren «stress injuries».</li> </ul> </li> </ul> <p>Weitere Messwerte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokalisation (inkl. kortikaler oder trabekulärer Knochen)</li> <li>• Kortikal: Tibia, Fibula, Os Metatarsi, Os navikulare, Os sesamoidea</li> <li>• Trabekulär: Femurhals, Sakrum, Becken</li> </ul> <p><b>Rehabilitation:</b> Bei jedem/jeder Sportler/in mit BSI wurde durch einen Arzt folgendes erfragt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anzahl Tage/Wochen mit keiner Belastung, Teilbelastung, Vollbelastung</li> <li>• Anzahl Tage/Wochen bis zur Sportwiederaufnahme</li> </ul> <p>Die Sportler/innen kamen zu einer Follow-up-Kontrolle.</p>		
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"><i>Outcome- Bereiche (z.B. Selbstversorgung (self care), Produktivität, Freizeit)</i></td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"><i>Listen Sie die verwendeten Messungen auf.</i></td> </tr> </table>	<i>Outcome- Bereiche (z.B. Selbstversorgung (self care), Produktivität, Freizeit)</i>	<i>Listen Sie die verwendeten Messungen auf.</i>
<i>Outcome- Bereiche (z.B. Selbstversorgung (self care), Produktivität, Freizeit)</i>	<i>Listen Sie die verwendeten Messungen auf.</i>			

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- MRI-Klassifizierung (Schweregrad der Stressfraktur)</li> <li>- Knochendichte an vers. Lokalisationen</li> <li>- Analyse der Faktoren zur Vorhersage der Dauer zur Sportwiederaufnahme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fragebogen</li> <li>- Ernährungstagebuch</li> <li>- Ärztliches Assessment</li> <li>- Gewicht &amp; Körpergrösse</li> <li>- DXA-Messung</li> <li>- MRI bei verletzten Athleten/innen</li> </ul>
<b>-/3</b>	<p><b>MASSNAHMEN (Intervention)</b>          Wurde die Maßnahmen detailliert beschrieben? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> </ul> <p>Wurde Kontaminierung vermieden? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> <li><input type="radio"/> entfällt</li> </ul> <p>Wurden gleichzeitige weitere Maßnahmen (Ko-Intervention) vermieden? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> <li><input type="radio"/> entfällt</li> </ul>	<p><i>Beschreiben Sie kurz die Maßnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Maßnahmen in der physiotherapeutischen Praxis wiederholt werden?</i></p> <p>In der Studie werden keine Massnahmen oder Behandlungen untersucht, weshalb auf diese Frage nicht beantwortet werden kann.</p>	
<b>3/4</b>	<p><b>ERGEBNISSE (Resultate):</b>          Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> entfällt</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> </ul> <p>War(en) die Analysemethoden geeignet? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> </ul>	<p><i>Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. <math>p &lt; 0.05</math>)?</i></p> <p>Das Signifikanzniveau wurde bei <math>p &lt; 0.05</math> gesetzt. P-Werte wurden bei allen Analysen angegeben.</p> <p><b>Nicht alle Ergebnisse werden präsentiert, z.B. werden keine Daten zu früheren Stressfrakturen oder zur Einnahme der oralen Kontrazeption präsentiert, obwohl das im Fragebogen erfragt wird. Es werden nicht alle Daten zur Stichprobe präsentiert.</b></p> <p><b>Analyse: Die Analysemethoden wurden genau beschrieben und scheinen geeignet, um die Korrelationen zu untersuchen.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analysemethode: "Statistical Package for the Social Sciences, version 16.0 (SPSS Inc, Chicago, Illinois).</li> <li>• Häufigkeiten und Median (Mean <math>\pm</math> SEM)</li> <li>• Varianzanalyse ANOVA, Co-Varianzanalyse ANCOVA mit Bonferroni-Korrektur: analysiert Unterschiede zwischen in 2 Analysen:             <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> MRI Klasse 1 &amp; 2 vs. MRI Klasse 3 &amp; 4</li> <li><input type="radio"/> Kortikale BSI vs. trabekuläre BSI</li> <li><input type="radio"/> Independent t-Test wird durchgeführt</li> <li><input type="radio"/> Prüfwert F nicht angegeben</li> <li><input type="radio"/> <math>\eta^2</math>, <math>\eta^2</math>part nicht angegeben</li> </ul> </li> <li>• Chi-square-Analyse: Unterschiede in Proportionen</li> </ul>	

		<p>zwischen den Gruppen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pearson-Korrelationen: um signifikante Korrelationen zwischen den Faktoren und «Return-to-Sport-Zeit» zu finden</li> <li>• Multiple linear Regression untersuchte Variablen, die die Dauer der «Return-to-Sport-Zeit» beeinflussen.</li> <li>• Power Analyse zu Beginn:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <math>R^2 &gt; 0.10</math> kontrolliert mit 80 Teilnehmer/-innen: kleiner - mittelgrosser Unterschied</li> <li>○ <math>R^2 &gt; 0.15</math> kontrolliert mit 40 Teilnehmer/-innen: mittelgrosser Unterschied</li> </ul> </li> </ul> <p>SEM = standard error of mean . The SEM is correctly used only to indicate the precision of estimated mean of population.</p> <p><b>Stressfrakturen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verletzte Sportler/innen: N = 34 (12 Männer, 22 Frauen)</li> <li>• Stressfrakturen: n = 61 innerhalb von 5 Jahren. Es gab Athleten/innen, die sich mehr als einmal verletzt haben.</li> <li>• Mehr Frauen als Männer waren betroffen. Frauen hatten im Vergleich zu Männer höhergradige Stressfrakturen. Die Hälfte der Grad-3-Verletzungen und alle Grad-4-Frakturen traten auf bei Athletinnen. → Diskussion: Möglicherweise könnte dieses erhöhte Risiko bei Frauen durch anatomische Faktoren, physiologische Unterschiede zwischen Frauen und Männer, psychologische oder soziale Faktoren oder aus Traidefaktoren resultieren.</li> <li>• Alter bei Verletzung: <math>20.5 \pm 0.2</math> years</li> <li>• Über die Hälfte aller Athletinnen mit BSI (59%, n = 13) waren Läuferinnen, die Mittel- oder Langdistanzlauf betrieben.</li> <li>• 23% der Athletinnen mit BSI hatten eine Oligo- oder Amenorrhoe.</li> <li>• 55% der Athletinnen mit BSI haben bereits früher Stressfrakturen erlitten.</li> <li>• Die häufigsten Stressfrakturen traten bei der Tibia (51% der BSI) und den Metatarsalen (21% der BSI) auf.</li> <li>• Stressfrakturen wurden mittels Röntgen zuerst evaluiert, dann mit MRI genau diagnostiziert. Von 61 BSI hatten 46 BSI komplette Datensätze. 46 BSI wurden on MRI-Stufen klassifiziert.             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Grad 1: n = 4 (9%)</li> <li>○ Grad 2: n = 21 (49%)</li> <li>○ Grad 3: n = 12 (28%)</li> <li>○ Grad 4: n = 6 (14%)</li> </ul> </li> <li>• Charakteristiken unter den Athleten/innen mit tiefen (Grad 1 und 2) verglichen mit hoher Klassifizierung (Grad 3 und 4) wurden untersucht:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Die MRI-Klassifizierungen war signifikant höher bei oligo-/amenorrhöischen Athletinnen als bei eumenorrhöischen Athletinnen. → Eine</li> </ul> </li> </ul>
--	--	--

		<p>Menstruationsdysfunktion korreliert also signifikant mit einer schwereren Form der Stressfraktur (<math>p = 0.009</math>).</p> <p>→ Diskussion: Die Athletinnen mit Oligo-/Amenorrhoe hatten signifikant tiefere BMD-Werte.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Charakteristiken unter den Athleten/innen mit kortikaler verglichen mit trabekulärer Stressfraktur wurden untersucht:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ein signifikant höherer Anteil von Athleten/innen mit trabekulären Stressfrakturen trieben Langstreckenlauf (middle/long-distance, <math>p = 0.005</math>), zeigten ein gestörtes Essverhalten (<math>p = 0.04</math>), und hatten Oligo-/Amenorrhoe (<math>p = 0.005</math>) verglichen mit Athleten/innen mit kortikalen Stressfrakturen.                 <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Langstreckenlauf korreliert also signifikant mit einer trabekulären Stressfraktur.</li> <li>→ Eine Menstruationsdysfunktion korreliert also signifikant mit einer trabekulären Stressfraktur.</li> </ul> </li> <li>○ Athleten/innen mit trabekulären Stressfrakturen hatten eine signifikant tiefere Knochendichte an der Lendenwirbelsäule (L1-L4), am Femurhals und an der gesamten Hüfte (<math>p &lt; 0.001</math>).</li> <li>○ 75% aller Athletinnen mit trabekulärer Stressfraktur hatten Menstruationsirregularitäten. 12% aller Athletinnen mit kortikaler Stressfraktur hatten Menstruationsirregularitäten. → Somit können Menstruationsirregularitäten ein Risikofaktor sein für trabekuläre Stressfrakturen.</li> </ul> </li> </ul> <p>Die Studie nimmt Bezug auf zu früherer Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Langstreckenläuferinnen sind einem höheren Stressfrakturrisiko ausgesetzt als Resultat von sehr hohem Trainingsausmass (und dadurch gefährdet zu sein von over-use-Verletzungen), potenziell biomechanische Ungleichgewichte und möglicher Unterernährung.</li> </ul> <p>Andere Ergebnisse, die für unsere Forschungsfrage nicht relevant sind, wurden hier nicht weiter aufgelistet.</p> <p><i>Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie groß genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen?</i></p>
	<p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>× ja</li> <li>○ nein</li> <li>○ nicht angegeben</li> </ul>	<p><i>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?</i></p> <p>Zur Varianzanalyse (Anova) werden keine Werte (<math>F</math> <math>\eta^2</math> (<math>\eta^2</math>; <math>p\eta^2</math>) präsentiert.</p> <p>Der Chi-square-Test analysiert Unterschiede in den Verteilungen zwischen den Gruppen. Phi-Werte werden nicht präsentiert.</p> <p>Für die Prognose zur Wiederaufnahme des Sports («Return-to-</p>

		<p>sport-Dauer») wurde eine multiple Regression durchgeführt: <math>R^2 &gt; 0.68</math> → grosser Unterschied wurde erkannt.                  Signifikante Faktoren sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MRI-Stressfraktur-Schweregrad</li> <li>• Knochendichte (total body BMD)</li> </ul> <p>Die Risikofaktoren (höhere MRI-Stufe, trabekuläre Verletzung, tiefe Knochendichte am ganzen Körper und tieferen BMI) erklären zusammen 68% die gemeinsame Varianz (erhöhte Chance) für eine längere Dauer bis zur Wiederaufnahme des Sports. Es zeigte sich ein grosser Effekt bei der Kombination dieser 4 Faktoren.                  Das Hauptresultat der Studie war, dass die MRI-Klassifizierung und die total-body BMD signifikante und unabhängige Prädiktoren sind für die «Return-to-Sport-Dauer».</p>
	<p>Wurden Fälle von Ausscheiden (Drop-outs) aus der Studie angegeben? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ja</li> <li>× nein</li> </ul>	<p><i>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</i></p> <p>Alle Teilnehmer, die eine Stressfraktur erlitten, nahmen weiterhin an der Studie teil bis zum Return to Sport.                  Es gibt keine Angabe zu Dropouts zur gesamten Stichprobe. Es liegt ein möglicher <b>Attrition Bias</b> vor, da keine Angaben zu Dropouts gemacht werden. Zum einen ist unklar, welche Athleten/-innen vom vorherigen Jahr auch in diesem Jahr beobachtet wurden.</p>
<p>1/1</p>	<p><b>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN</b>                  Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>× ja</li> <li>○ nein</li> </ul>	<p><i>Zu welchem Schluss kam die Studie?</i></p> <p>Die MRI-Klassifizierung (Schweregrad), die totale Knochendichte (total-body BMD) und die Lokalisation der Knochenverletzung (trabekulär oder kortikal) sind wichtige Variablen, die assoziiert sind mit der «Return-to-Sport-Dauer». Ernährungs- sowie Menstruationsstatus sind wichtige Faktoren, die den Schweregrad und die Lokalisation einer Stressfraktur sowie die Knochendichte von Athleten/innen beeinflussen können. Diese Resultate sind Hinweise für Risikofaktoren des Female Athlete Triads und die Verbindung zu Stressfrakturen.</p> <p><i>Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die physiotherapeutische Praxis?</i></p> <p>Für die physiotherapeutische Praxis wurden keine Implikationen präsentiert.</p> <p><i>Welches waren die hauptsächlichen Limitationen oder systematischen Fehler (biases) der Studie?</i></p> <p>Die Studie präsentiert 3 Limitationen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Kleines Sample:</b> Die Studie ist limitiert durch ein kleines Sample an Athleten/innen mit Knochenverletzungen.</li> <li>2. <b>Recallbias:</b> Demographische Daten und Hintergrundinformationen wurden in einem Fragebogen erfragt. Potenziell könnten Antworten fehlerhaft oder ungenügend sein, weil sich Teilnehmer/innen sich an frühere Ereignisse zurückerinnern mussten.</li> <li>3. Bei verletzten Athleten/innen hätten man die follow-up BMI- und BMD-Werte für die Analyse nutzen sollen,</li> </ol>

		statt die baseline BMI- und BMD-Werte.
<b>Gesamtscore*: 11 / 14</b> *In den 6 Hauptstudien werden keine Massnahmen untersucht. Deshalb wurden 3 Punkte vom Gesamtscore abgezogen. Somit ist ein Maximalscore von 14 (statt 17) erreichbar.		

**Abkürzungen:** BMD = Bone Mineral Density/ vBMD = Volumen Bone Mineral Density, DXA = dual Energy x-ray absorptiometry, WB= whole Body, WS Wirbelsäule/ LWS = Lendenwirbelsäule, BMI= Body Mass Index

**Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien**

© Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. und Westmorland, M., 1998  
 McMaster-Universität

Titel: Risk factors of stress fractures due to the female athlete triad: Differences in teens and twenties
Autoren: Nose-Ogura et al.
Publikationsjahr: 2018

Score		Kommentare
1/1	<p><b>ZWECK DER STUDIE</b>                      Wurde der Zweck klar angegeben? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja</p> <p><input type="checkbox"/> nein</p>	<p><i>Skizzieren Sie den Zweck der Studie.</i></p> <p>Das Ziel der Studie ist es herauszufinden, ob die Triade ein Risikofaktor für Stressfrakturen ist bei jugendlichen Athletinnen im Vergleich zu Athletinnen, die bereits mind. 20 Jahre alt sind.</p> <p><i>Inwiefern bezieht sich die Studie auf Ihre Forschungsfrage?</i></p> <p>Die Studie untersucht, ob die Triade (mit Fokus auf die Menstruationsdysfunktion und die Knochendichte) einen Risikofaktor für Stressfrakturen ist. Die Population stimmt mit unserer Forschungsfrage überein.</p>
1/1	<p><b>LITERATUR</b>                      Wurde die relevante Hintergrund-Literatur gesichtet? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja</p> <p><input type="checkbox"/> nein</p>	<p><i>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</i></p> <p>Frühere Studien deuten auf verschiedene Risikofaktoren für Stressfrakturen, darunter auch die Symptome der Triade. Stressfraktur treten anscheinend am häufigsten zwischen dem 16. und 17. Lebensjahr auf. Es wird angenommen, dass sich die Risikofaktoren für Stressfrakturen zwischen jugendlichen und erwachsenen (über 20-jährigen) Athletinnen unterscheiden. Frühere Literatur wird präsentiert, die die Verbindung zwischen der Triade und Stressfrakturen präsentiert, aber noch keine Studie hätte die Risikofaktoren basierend auf das Alter (teen vs. 20s) analysiert. Die Studie zitiert Tenforde et al. (2016), eine unserer Hauptstudien.</p>
1/1	<p><b>DESIGN</b></p> <p><input type="checkbox"/> randomisierte kontrollierte Studie (RCT)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Kohortenstudie</p> <p><input type="checkbox"/> Einzelfall-Design</p> <p><input type="checkbox"/> Vorher-Nachher-Design</p> <p><input type="checkbox"/> Fall-Kontroll-Studie</p> <p><input type="checkbox"/> Querschnittsstudie</p> <p><input type="checkbox"/> Fallstudie</p>	<p><i>Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprech das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (outcomes), auf ethische Aspekte)? (1)</i></p> <p>Es handelt sich um eine prospektive Kohortenstudie mit 2 Datenerhebungen mit einem Zeitintervall von 3 Monaten. Die Sportlerinnen wurden für 3 Monate beobachtet.</p> <p><b>Es wurde nicht deklariert, weshalb dieser Zeitraum gewählt wurde oder ob es mit der Sportsaison der Athletinnen zusammenhängt.</b></p> <p>Die meisten Daten wurden nur einmalig gemessen. Falls neue Stressfrakturen auftraten, wurden diese am 2. Messpunkt dokumentiert.</p> <p>Die Stichprobe wurde basierend auf ihr Alter in 2 Gruppen aufgeteilt (Teens vs. 20s). Zudem wurden innerhalb dieser Gruppen weitere Unterteilungen vorgenommen basierend auf dem Menstruationsstatus (AA und EA).</p> <p>Die Studie wurde von 2012 bis 2016 am Department für</p>

		<p>Geburtshilfe und Gynäkologie des Sportmedizinischen Zentrums des JISS (Japan Institute of Sports Sciences) durchgeführt. Teilnehmerinnen wurden für 4 Jahre rekrutiert. Die Beobachtungszeit pro Athletin beträgt 3 Monate.</p> <p>Das Design passt zur Studienfrage, da bereits einige Variablen, die den Ausgang beeinflussen, aus früheren Studien bekannt sind und Stressfrakturen prospektiv aufgenommen werden, auch wenn die Zeitdauer unbegründet bleibt. Verschiedene Messungen mit gut entwickelten, standardisierten Messinstrumenten (Blutanalyse, DXA) werden durchgeführt.</p> <p><i>Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.</i></p> <p>Folgende mögliche systemische Fehler sind aufgefallen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Confounder</b>: Die Einnahme von Medikamenten oder oraler Kontrazeptiva wurde nicht erfragt und somit nicht als Ausschlusskriterium gewählt. Wenn die OC-Athletinnen nicht von der Gesamtgruppe ausgeschlossen werden, könnte dies die BMD-Werte beeinflussen und möglicherweise auch die Stressfraktur-Inzidenz beeinflussen.</li> <li>• <b>Performance-Bias</b>: Es ist unklar, ob die 3-monatige Datenerhebung innerhalb/ ausserhalb der Hauptsaison der Athletinnen stattfand. Da die Studie über 4 Jahre hinweg durchgeführt wurde, könnten Unterschiede, abhängig ob die Athletinnen in der Hauptsaison oder in der Nebensaison beobachtet wurden, auftreten. Dies würde Faktoren wie die Trainingsdauer, Gewicht, Körperkomposition, Ernährungsstatus, und evtl. sogar Hormonkonzentrationen und den Menstruationsstatus beeinflussen. Tendenziell könnte man erwarten, dass in der wettkampfreichen Zeit mehr Sportverletzungen auftreten.</li> <li>• <b>Performance-Bais</b>: Die Dauer der prospektiven Datenerhebung von 3 Monaten bleibt unbegründet, obwohl sich weitere Outcome-Variablen (Stressfrakturen) erst später zeigen könnten. Dies würde die «Kontrollgruppe» (hier: Die Athletinnen ohne Stressfrakturen) begünstigen.</li> <li>• Es könnte ein <b>Selektionsbias</b> vorliegen, weil der Selektionsprozess der Teilnehmerinnen nicht beschrieben wurde. Es ist unklar, weshalb einige Sportarten mit mehr Teilnehmerinnen vertreten sind als andere. Der Unterschied in der Anzahl Teilnehmerinnen pro Sportart ist gross. Ein- oder Ausschlusskriterien werden mangelhaft erklärt.</li> <li>• Das Risiko für mögliche <b>Confounder</b> kann nicht ausgeschlossen werden, ist aber eher gering, da viele Risikofaktoren u.a. mittels Blutanalyse und DXA-Messung erhoben wurden. Zudem werden univariate und multivariate logistische Analysen durchgeführt (Adjustierung).             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Jedoch liegt bei der Blutanalyse ein Verdacht für einen möglichen <b>Confounder</b>, da bei der</li> </ul> </li> </ul>
--	--	--

		<p>EA die Blutanalyse unabhängig vom Menstruationszyklus gemacht wurde. Der Zyklus ist von starken Hormonschwankungen gekennzeichnet &amp; diese sollten nicht unterschätzt werden. (In unserer Arbeit gehen wir aber nicht auf die Blutkonzentrationen ein).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein <b>Recallbias</b> könnte vorliegen, da Fragen zu den Expositionen in der Vergangenheit wie mögliche Essstörungen, Daten zur Menarche, dem letzten Zyklus und bereits erlittenen Stressfrakturen beantwortet werden.</li> </ul>
<p><b>2/4</b></p>	<p><b>STICHPROBE</b> N = 390 - 90 - 13 = 287</p> <p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja</p> <p><input type="checkbox"/> nein</p> <p>Wurde die Stichprobengröße begründet? (1)</p> <p><input type="checkbox"/> ja</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> nein</p> <p><input type="checkbox"/> entfällt</p> <p>Sind die Ein-/Ausschlusskriterien aussagekräftig? (1)</p> <p><input type="checkbox"/> ja</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> nein</p>	<p><b>Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?). Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 390 Teilnehmerinnen: 147 Jugendliche, 243 waren mind. 20 Jahre alt</li> <li>• Alter: 20.9 ± 4.0 Jahre</li> <li>• Sportart: auf olympischem oder nationalem Niveau             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ total 37 Sportarten, zwischen 1 und 103 Sportlerinnen pro Sportart</li> <li>○ Am häufigsten vertreten: Leichtathletik (n= 103)</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Die Stichprobe wurde detailliert beschrieben.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Triadefaktoren &amp; Stressfrakturrate wurden dargestellt.</li> </ul> <p>Die Stichprobe wurde basierend auf das Alter in 2 Gruppen aufgeteilt (Teens vs. 20s). Zudem wurden innerhalb dieser Gruppen weitere Unterteilungen vorgenommen basierend auf dem Menstruationsstatus (AA und EA).</p> <p><b>Die Stichprobengröße wurde durch die Forschenden nicht begründet.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Der Selektionsprozess der Testpersonen ist nicht beschrieben.</b></li> <li>• <b>Es ist unklar, weshalb einige Sportarten mit mehr Teilnehmerinnen vertreten sind als andere.</b></li> </ul> <p><b>Einschlusskriterien werden nicht eindeutig präsentiert:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Es ist unklar, unter welchen Bedingungen die Athletinnen ausgewählt wurden.</b></li> <li>• Mindestalter: 14 Jahre</li> <li>• Die Sportlerinnen trainierten auf olympischen/nationalem Niveau.</li> </ul> <p>Teilnehmerinnen wurden für 4 Jahre rekrutiert. Die Beobachtungszeit pro Athletin beträgt 3 Monate.</p> <p><b>Beschreiben Sie die Ethik-Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung (consent) eingeholt? (1)</b></p> <p>Das Ethikgesuch wurde vom «Ethics Committee of the Japan Institute of Sports Sciences (JISS)» genehmigt. Die Probandinnen unterschrieben eine Einverständniserklärung in Übereinstimmung mit den Guidelines des Ethik-Komitees (JISS).</p>

<p>2/2</p>	<p><b>Ergebnisse (outcomes)</b>          Waren die outcome-Messungen zuverlässig (reliabel)? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> ja</li> <li><input type="checkbox"/> nein</li> <li><input type="checkbox"/> nicht angegeben</li> </ul> <p>Waren die outcome-Messungen gültig (valide)? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> ja</li> <li><input type="checkbox"/> nein</li> <li><input type="checkbox"/> nicht angegeben</li> </ul>	<p><i>Geben Sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post- follow up)).</i></p> <p><b>Datenerhebung:</b>  <b>1. Datenerhebung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Es wurde nicht berichtet, wie deskriptive Daten erhoben wurden. Es ist anzunehmen, dass ein Fragebogen genutzt wurde, um die grosse Stichprobe zu befragen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Alter: 20.9 ± 4.0 Jahre bei der 1. Messung</li> <li>○ Sportart</li> <li>○ Alter bei der Menarche</li> <li>○ Datum des letzten Menstruationszyklus</li> <li>○ Trainingsdauer ([durchschnittliche Trainingsdauer (min)(Tag) × [Anzahl Trainingstage/Woche])</li> <li>○ Ältere oder aktuelle Geschichte von gestörtem Essverhalten oder Essstörungen</li> <li>○ Bereits erlittene Stressfrakturen</li> <li>○ Menstruationszykluslänge- &amp; häufigkeit</li> </ul> </li> <li>• <b>Blutanalyse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ LH-Konzentrationen</li> <li>○ FHS-Konzentration</li> <li>○ Estradiol (E2)</li> <li>○ Progesteron (P4)</li> <li>○ Androstendion</li> <li>○ Leptin</li> <li>○ Ca</li> <li>○ 1α25-(OH)-Vit D</li> <li>○ Die Blutmessungen fanden zur gleichen Zeit statt. Die Blutmessungen wurden genau beschrieben. Für die EA-Gruppe wurde aber nicht auf die Menstruationsphase geachtet</li> </ul> </li> <li>• <b>DXA-Messung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ bei 300 Teilnehmerinnen</li> <li>○ Z-score: &lt;-1.0 ist definiert als tiefe BMD (Definition wurde gesetzt von Souza et al, 2014.)</li> <li>○ Die Variationskoeffizienten (CVs) an allen gemessenen Stellen waren 1.0%.</li> <li>○ Messpunkte: L1-L4, whole body, bone mineral content (Mineralgehalt), Muskelmasse, Körperfettanteil</li> <li>○ Gerät: Discovery DXA System</li> </ul> </li> </ul> <p>Die Athletinnen wurden in 2 Gruppen eingeordnet:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Eumenorrhische Athletinnen (EA): Athletinnen, deren Zykluslänge 25 – 38 Tage beträgt.</li> <li>2. Amenorrhische Athletinnen (AA): Athletinnen, die seit über 3 Monaten nicht mehr ihre Monatsblutung hatten. Die Einteilung mittels Definition der Japan Society of Obstetrics and Gynecology (JSOG). <b>Die Definition der Menstruationsdysfunktionen deckt sich nicht 100% mit anderen Definitionen (Vergleich aufstellen mit anderen Studien).</b></li> </ol> <p><b>Wann Grösse &amp; Gewicht gemessen wurden, ist unklar.</b></p>
------------	--	---

2. Datenerhebung: prospektiv

- Neue Stressfrakturen: innerhalb von 3 Monaten nach der Registrierung auftraten, von Orthopäden mit MRI diagnostiziert.

Es wurde beschrieben, anhand von welchen Kriterien die Diagnose aufgestellt wurde. Eine Stressfraktur wurde diagnostiziert, wenn sich auf dem MRI ein Knochenmarködem und eine Frakturlinie zeigte. Sogenannte «stress injuries» wurden also ausgeschlossen.

Ein Hawthorne-Effekt ist unwahrscheinlich, da die meisten Daten nur beim 1. Zeitpunkt erhoben wurden. Die Athletinnen wurden zwar für 3 Monate begleitet, meldeten sich aber bei Verdacht auf einer Stressfraktur selbst im Sportmedizinzentrum.

**Definitionen:**

LEA wurde definiert als:

- Bei Adoleszenten: <85% des IBW
- Bei Erwachsenen: <17.5% des BMI

Die Begründung für den Gebrauch des IBM und des BMI ist nachvollziehbar.

**Risikoassessment:**

Die Studie nutze das standardisierte Risiko-Assessment für Stressfrakturen («Female Athlete Triad Cumulative Risk Assessment») von Souza et al, 2014. Mit einem Score wurde das Risiko bestimmt, der 6 Risikofaktoren erfasst. Jeweils werden 0-2 Punkte vergeben, 1 Punkt für moderates Risiko, 2 Punkte für hohes Risiko:

1. LEA
  - a. Score 0: Athletin hatte kein gestörtes Essverhalten bisher.
  - b. Score 1: Athletin hatte gestörtes Essverhalten.
  - c. Score 2: Athletin erhält psychiatrische Behandlung wegen gestörtem Essverhalten.
2. Tiefer BMI
  - a. Score 0: BMI > 18.5, IBW > 90%
  - b. Score 1: BMI 17.5 – 18.5, IBW < 90%
  - c. Score 2: BMI > 17.5, IBW > 85%
3. Verspätete Menarche
  - a. Score 0: Menarche mit < 15 Jahre
  - b. Score 1: Menarche mit 15 oder 16 Jahre
  - c. Score 2: Menarche mit >16 Jahren
4. Oligo-/Amenorrhoe
  - a. Score 0: Eumenorrhoe mit Zykluslänge von 25-38 Tagen
  - b. Score 1: - (keine Angabe)
  - c. Score 2: Amenorrhoe seit mind. 3 Monaten
5. Tiefer BMD
  - a. Score 0: Z-score über -1
  - b. Score 1: Z-score zwischen -1 und -2
  - c. Score 2: Z-score gleich oder < -2
6. Bereits erlittene Stressfrakturen
  - a. Score 0: keine Stressfraktur
  - b. Score 1: 1 Stressfraktur
  - c. Score 2: «at least one stress fracture or

		trabecular bone stress fracture”	
		<p><b>Weitere Analyse:</b> Risikofaktoren für Stressfrakturen wurden analysiert anhand von der anatomischen Verteilung der Stressfrakturen der jugendlichen und erwachsenen Sportlerinnen.</p>	
		<i>Outcome- Bereiche (z.B. Selbstversorgung (self care), Produktivität, Freizeit)</i>	<i>Listen Sie die verwendeten Messungen auf.</i>
		- Female Athlete Triad Cumulative Risk Assessment - vers. Hormonkonzentrationen	- prospektive Messung der Stressfrakturen - DXA-Messung für BMD - Blutanalyse - Demographie - Menstruationsstatus
-/3	<p><b>MASSNAHMEN (Intervention)</b> Wurde die Maßnahmen detailliert beschrieben? (1)</p> <p><input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben</p> <p>Wurde Kontaminierung vermieden? (1)</p> <p><input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben <input checked="" type="checkbox"/> entfällt</p> <p>Wurden gleichzeitige weitere Maßnahmen (Ko-Intervention) vermieden? (1)</p> <p><input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben <input checked="" type="checkbox"/> entfällt</p>	<p><i>Beschreiben Sie kurz die Maßnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Maßnahmen in der physiotherapeutischen Praxis wiederholt werden?</i></p> <p>Bei dieser Studie wurden keine Massnahmen untersucht, weshalb diese Frage nicht beantwortet werden kann.</p>	
4/4	<p><b>ERGEBNISSE (Resultate):</b> Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> entfällt <input type="radio"/> nicht angegeben</p> <p>War(en) die Analyse(n) geeignet? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja</p>	<p><i>Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. <math>p &lt; 0.05</math>)?</i></p> <p>Das Signifikanzlevel wurde auf <math>p &lt; 0.05</math> festgelegt. Die Ergebnisse wurden tabellarisch dargestellt und im Text erklärt. Es fand eine klare Differenzierung zwischen den jugendlichen und den mind. 20-jährigen Athletinnen statt.</p> <p><b>Analyse:</b> Die Analyse(n) wurde(n) beschrieben und scheint geeignet. Die metrischen Daten werden auf ihre Normalverteilung mit dem Chi-Square-Test für die multivariate logistische Regression überprüft. JMP11 wurde für die statistische Analyse genutzt. Die zahlreichen Messungen wurden in einer univariaten und multivariaten Analyse ausgewertet. Verbindungen zwischen den Triade-Faktoren und dem Alter</p>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ nein</li> <li>○ nicht angegeben</li> </ul>	<p>wurden analysiert. Univariate und multivariate Verfahren wurden genutzt, um Risikofaktoren für Stressfrakturen zu eruieren. Nur signifikante Faktoren aus der univariaten Analyse wurden weiter in der multivariaten Analyse genutzt. Ein Binomialkoeffizient (Z-score &lt;-1 der LWS und am ganzen Körper) wurde in der Analyse genutzt.</p> <p>Die Resultate sind wahrscheinlich nicht durch ein Simpson Paradoxon verzerrt, da die Daten mit einer univariaten und multivariaten logistischen Regression je einmal für die Jugendlichen und die Erwachsenen Athletinnen über 20 Jahre ausgewertet wurden.</p> <p><b><u>Inzidenz der Triade-Faktoren:</u></b> Die Inzidenz der Triade Faktoren wurde als Diagramm und im Text aufgezeigt.</p> <p>Die Rate der Athletinnen (n = 300), die eine oder mehrere FAT-Faktoren hatten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Amenorrhoe: n = 117, 39.0%</li> <li>- LEA: n = 42, 14.0%</li> <li>- low BMD: n = 38, 22.7%</li> <li>- 2 Faktoren (Amenorrhoe und LEA): n = 17, 5.7%</li> <li>- 2 Faktoren (Amenorrhoe und low BMD): n = 39, 13%</li> <li>- 2 Faktoren (LEA und low BMD): n = 2, 0.7%</li> <li>- 3 Faktoren (Amenorrhoe, LEA und low BMD): n = 16, 5.3%</li> </ul> <p>Die Verbindungen zwischen den Triade-Faktoren und dem Alter war signifikant, aber die Daten dazu wurden nicht weiter präsentiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Für LEA: p = 0.023</li> <li>• Für Amenorrhoe: p = 0.0111</li> <li>• Für low BMD: p = 0.002</li> </ul> <p><b><u>Neue Stressfrakturen:</u></b> 36 Athletinnen (20 Jugendliche &amp; 16 mind. 20 Jahre) erlitten innerhalb von 3 Monaten eine Stressfraktur.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Davon waren 22 AA und 14 EA.</li> <li>• Der Anteil an Stressfrakturen in der AA-Gruppe war signifikant höher (p&lt;0.001, 22/120, 18.3%) als in der EA-Gruppe (14/180, 7.8%).</li> <li>• Der häufigste frakturierte Knochen waren die metatarsalen Knochen (n= 10).</li> <li>• Die häufigsten mit neue Stressfrakturen assoziierten Sportarten waren Langstreckenlauf (n = 12, long distance running -&gt; wahrscheinlich Leichtathletik, wird aber nicht genau erklärt), rhythmische Gymnastik (n= 11), und «andere» (n = 13).</li> </ul> <p>Die anatomische Verteilung der Stressfraktur wurde pro Risikogruppe tabellarisch dargestellt. Die meisten Stressfrakturen waren im kortikalen Knochen lokalisiert. Im Diskussionsteil wird der Einfluss der Belastung auf die Lokalisation der Stressfraktur erklärt.</p> <p><b><u>Kumulatives Risikoassessment</u></b> Für das kumulative Risikoassessment wurden 13 Athletinnen ausgeschlossen wegen fehlenden Daten, übrig blieben 287 Athletinnen eingestuft in tiefes, moderates und hohes Risiko.</p>
--	---	--

	<p><b>Die Auswertung des Scores wurde genau beschrieben.</b>  Daten waren aussagekräftig, wenn mind. 5 Athletinnen einer Sportart vertreten waren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Moderates Risiko: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kunstturnen (n=5, 71%)</li> <li>• Schwimmen (n=7, 63%)</li> <li>• Rhythmische Gymnastik (n=21, 60.0%)</li> <li>• Leichtathletik (n=38, 44.2%)</li> <li>• Fussball (n=10, 14.5%)</li> </ul> </li> <li>- Hohes Risiko: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leichtathletik (n=26, 30.2%)</li> <li>• Rhythmische Gymnastik (n=10, 28.6%)</li> </ul> </li> </ul> <p>Die anatomische Verteilung der Stressfrakturen wurde der Risikokategorie zugeordnet. (weitere Daten hier nicht aufgelistet, weil es nicht zur Forschungsfrage gehört).</p> <p><b><u>Analyse der Risikofaktoren:</u></b>  <u>Bei jugendlichen Athletinnen:</u>  Alle erhobenen Daten wurden aus der univariaten Analyse mit dem p-Wert tabellarisch präsentiert. Die univariate logistische Regression identifizierte folgende Risikofaktoren für Stressfrakturen (Odds ratio und confidence interval bei 95% angegeben):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alter bei Menarche, <math>p &lt; 0.001</math></li> <li>• Trainingsdauer, <math>p = 0.005</math></li> <li>• Frühere Stressfrakturen, <math>p &lt; 0.001</math></li> <li>• Amenorrhoe, <math>p = 0.001</math></li> <li>• FSH-Konzentration, <math>p = 0.010</math></li> <li>• BMD am ganzen Körper, <math>p = 0.003</math></li> <li>• Low BMD am ganzen Körper, <math>p = 0.006</math></li> <li>• Mineralstoffgehalt (Body mineral content), <math>p = 0.027</math></li> <li>• Verhältnis des Körpergewichts zu IBW, <math>p = 0.002</math></li> <li>• Kumulatives Risikoscore für Stressfrakturen, <math>p = 0.0010</math></li> </ul> <p>Serum Ca-Levels und Vit-D-Levels waren keine Risikofaktoren für Stressfrakturen.</p> <p>Die multivariate logistische Regression ergab 2 unabhängige Risikofaktoren (Odds ratio und confidence interval bei 95% angegeben) bei jugendlichen Athletinnen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alter bei Menarche (<math>p = 0.019</math>)</li> <li>• Kumulatives Risikoscore für Stressfrakturen (<math>p = 0.010</math>)</li> </ul> <p><u>Bei mind. 20-jährigen Athletinnen:</u>  <b>Alle erhobenen Daten wurden aus der univariaten Analyse mit dem p-Wert tabellarisch präsentiert.</b> Es wurde sowohl in der univariaten als auch in der multivariaten Regression nur der Körperfettanteil als signifikanter Risikofaktor für Stressfrakturen angegeben (% body fat, <math>p = 0.002</math>). Die Komponenten der Triade waren keine signifikanten Risikofaktoren.</p> <p><i>Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie groß genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen?</i></p>
--	---

	<p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> ja</li> <li><input type="checkbox"/> nein</li> <li><input type="checkbox"/> nicht angegeben</li> </ul>	<p><i>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?</i></p> <p>Die klinische Bedeutung wird mittels Odds Ratio und dem CI präsentiert.</p> <p>Es wurde ein Unterschied zwischen jugendlichen und erwachsenen Athletinnen erkannt. Aus den Resultaten kann geschlossen werden, dass jede Triade-Komponente ein Risikofaktor für Stressfrakturen darstellt bei jugendlichen Athletinnen. Die Chance erhöhte sich jeweils bei Amenorrhoe um das 12.9-fache, bei tiefer Knochendichte um das 4.5-fache, und bei tiefer Energieverfügbarkeit (LEA) um das 1.1-fache, eine Stressfraktur zu bekommen. Andere Risikofaktoren bei jugendlichen Athletinnen sind: Alter bei der Menarche mit OR 1.8, Trainingsdauer mit 1.03, bereits erlittene Stressfrakturen mit OR 8.3 und das kumulative Risikoassessment mit OR 1.9. Eine mögliche Erklärung für diesen Zusammenhang bietet die Messung der Estradiolkonzentration in der Diskussion.</p> <p>Die Triadefaktoren waren Risikofaktoren nur bei Jugendlichen, aber nicht bei über 20-jährigen Athletinnen.</p> <p>Die Triade-Faktoren wurden bei mind. 20-jährigen Athletinnen nicht mit Stressfrakturen assoziiert. Eine mögliche Erklärung dafür wäre die erhöhte Muskelmasse bei über 20-jährigen Athletinnen, die einen Einfluss auf die Entwicklung von Stressfrakturen spielt. Die Forscher betonen, dass die Triade nicht ausgeschlossen ist ein Risikofaktor zu sein bei über 20-jährigen Athletinnen.</p>
	<p>Wurden Fälle von Ausscheiden (Drop-outs) aus der Studie angegeben? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> ja</li> <li><input type="checkbox"/> nein</li> </ul>	<p><i>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</i></p> <p>Von der ursprünglichen Teilnehmerzahl (n= 390) wurden bei 300 Teilnehmerinnen die DXA-Messung durchgeführt.</p> <p><b>Es wurde in der Studie nicht berichtet, aus welchem Grund bei 90 Teilnehmerinnen keine DXA-Messung gemacht wurde.</b></p> <p>Für das kumulative Risikoassessment wurden 13 Athletinnen ausgeschlossen wegen fehlenden Daten, übrig blieben 287 Teilnehmerinnen mit vollständigen Datensätzen.</p> <p><b>Ein Attrition Bias ist unwahrscheinlich, weil Dropout deklariert werden und bei jeder Datenauswertung die Stichprobengröße genannt wird.</b></p>
<p>1/1</p>	<p><b>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN</b></p> <p>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> ja</li> <li><input type="checkbox"/> nein</li> </ul>	<p><i>Zu welchem Schluss kam die Studie?</i></p> <p>Die Studie deutet daraufhin, dass die Triade einen grösseren Einfluss auf Stressfrakturen bei jugendlichen Athletinnen hatte als bei über 20-jährigen Athletinnen. Das Risiko erhöhte sich jeweils bei Amenorrhoe um das 12.9-fache, bei tiefer Knochendichte um das 4.5-fache, und bei tiefer Energieverfügbarkeit (LEA, siehe Definition oben) um das 1.1-fache bei jugendlichen Athletinnen. Die Triade-Faktoren wurden bei mind. 20-jährigen Athletinnen nicht mit Stressfrakturen assoziiert.</p> <p><i>Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die physiotherapeutische Praxis?</i></p> <p>Die Ergebnisse zeigen, dass jugendliche Athletinnen mit Triade-Risikofaktoren einem höheren Stressfraktur risiko</p>

		<p>ausgesetzt sind als erwachsene Athletinnen. Somit sollte das Alter beachtet werden, um Stressfrakturen zu verhindern. Dies spricht für eine frühzeitige Erkennung und Behandlung der Risikofaktoren.</p> <p><b>Welches waren die hauptsächlichsten Limitationen oder systematischen Fehler (biases) der Studie?</b></p> <p>Es wurden 3 Limitationen beschrieben:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Anzahl der Athletinnen mit neuen Stressfrakturen war klein. Zukünftige Studien sollen grössere Samples untersuchen mit dem gleichen Vergleich (jugendliche vs. erwachsene Athletinnen).</li> <li>2. <b>Selektionsbias:</b> Das Sample beinhaltete nur Top-Athletinnen. Das Risiko für Stressfrakturen bei Triade-Faktoren könnte variieren je nach Niveau, wie der Sport ausgeübt wird. → Jedoch war das Forschungsziel, dass Athletinnen untersucht werden.</li> <li>3. <b>Weitere Confounder:</b> Unterschiede, die aufgrund von verschiedenen Ethnien entstehen können, wurden nicht beschrieben. Das Risiko für Stressfrakturen könnte variieren aufgrund unterschiedlicher Heredität, Ernährung und Körperformen.</li> </ol>
<p><b>Gesamtscore*: 12 / 14</b>          *In den 5 Hauptstudien werden keine Massnahmen untersucht. Deshalb wurden 3 Punkte vom Gesamtscore abgezogen. Somit ist ein Maximalscore von 14 (statt 17) erreichbar.</p>		

**Abkürzungen:** LEA = low energy availability, OC = oral contraceptive, IBW = ideal body weight, BMI = body mass index, the triad coalition und “the Female Athlete Triad Cumulative Risk Assessment” (De Souza et al., 2014), ACSM = American College Sports Medicine

**Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien**

© Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. und Westmorland, M., 1998

McMaster-Universität

Titel: Association of the Female Athlete Triad Risk Assessment Stratification to the Development of Bone Stress Injuries in Collegiate Athletes
Autoren: Tenforde et al.
Publikationsjahr: 2017

Score		Kommentare
1/1	<p><b>ZWECK DER STUDIE</b>                      Wurde der Zweck klar angegeben? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja  <input type="checkbox"/> nein</p>	<p><i>Skizzieren Sie den Zweck der Studie.</i>                      Die Studie hat das Ziel, Athleten aus 16 Sportarten in Risikogruppen mit tiefem, moderatem oder hohem Risiko basierend auf dem «Female Athlete Tirad Cumulative Risk Assessment» einzuteilen. Zudem soll die Studie herausfinden, welche Risikofaktoren aus dem Assessment zu Stressfrakturen führen.</p> <p><i>Inwiefern bezieht sich die Studie auf Ihre Forschungsfrage?</i>                      Die Studie wertet verschiedene Sportarten (darunter auch Langstreckenlauf) und Risikofaktoren aus dem «Female Athlete Tirad Cumulative Risk Assessment» im Bezug zur Stressfrakturen aus.</p>
1/1	<p><b>LITERATUR</b>                      Wurde die relevante Hintergrund-Literatur gesichtet? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja  <input type="checkbox"/> nein</p>	<p><i>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</i>                      Die Studie bezieht sich auf das «Female Athlete Tirad Cumulative Risk Assessment» (De Souza et al., 2014), das 6 Risikofaktoren für die Entwicklung des FAT und möglichen Stressfrakturen beinhaltet.                      Keine Studie hat bisher die Prävalenz von Athleten mit FAT-Risikofaktoren in verschiedenen Sportarten untersucht. Zudem untersuchte bisher noch keine Studie die Verbindung zwischen den Risikofaktoren und der Entwicklung von Stressfrakturen in verschiedenen Sportarten.                      Die Hypothese wurde aufgestellt, dass Athletinnen in «lean sports» wahrscheinlicher in die moderate oder hohe Risikokategorie eingestuft werden durch die Anforderungen ihrer Sportart und dem Risiko für LEA. Es wurde auch erwartet, dass Athletinnen in der moderaten oder hohen Risikokategorie ein höheres Risiko für BSI hatten.</p>
1/1	<p><b>DESIGN</b></p> <p><input type="checkbox"/> randomisierte kontrollierte Studie (RCT)  <input checked="" type="checkbox"/> Kohortenstudie  <input type="checkbox"/> Einzelfall-Design  <input type="checkbox"/> Vorher-Nachher-Design  <input type="checkbox"/> Fall-Kontroll-Studie  <input type="checkbox"/> Querschnittsstudie</p>	<p><i>Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprech das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (outcomes), auf ethische Aspekte)? (1)</i>                      Die Studie fand zwischen 2008 und 2014 an der Stanford University statt. Es werden Athletinnen in Gruppen basierend auf ihrem Sporttyp (lean vs nonlean) untersucht. Einige Daten (ePPE-Fragebogen) wurden retrospektiv gesammelt. Einige Daten wurden nur einmal gemessen (Demographie, DXA-Werte), was eher für das Querschnittsdesign spricht. Stressfraktur-Daten wurden</p>

	<p>○ Fallstudie</p>	<p>retrospektiv (ePPE) und prospektiv gesammelt. Der Vergleich der lean vs. nonlean-Gruppe und die prospektiven Daten sprechen für eine Kohortenstudie.          Das Kohortendesign eignet sich für die Forschungsfrage, um Unterschiede zwischen zwei Gruppen zu erkennen. Die Athletinnen unterscheiden sich durch ihre Sportart und weitere Merkmale, die überprüft werden sollen, ob sie möglicherweise Risikofaktoren sind für Stressfrakturen.  <b>Die Studie gibt nicht an, über welchen Zeitraum die Daten prospektiv gesammelt werden.</b></p> <p><i>Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Informationsbias:</b> Daten aus dem selbstbeantworteten ePPE-Fragebogen haben zur Folge, dass das Ausmass eines Risikofaktors nicht offenbart wird. Die Teilnehmerinnen kannten den Zweck der Studie und konnten günstigere Antworten geben z.B. ein gestörtes Essverhalten nicht offenbaren. So konnte nicht erkannt werden, in welche Risikokategorie die Teilnehmerinnen tatsächlich zugeordnet werden sollten. Teilnehmerinnen werden so eher in die tiefere Risikokategorie geordnet.</li> <li>• <b>Recallbias:</b> Ein systematischer Fehler könnte hinsichtlich der Erinnerung auftreten. Retrospektive Daten wurden im ePPE-Fragebogen erfragt. Die Teilnehmerinnen mussten sich also an frühere Ereignisse zurückerinnern. Die Teilnehmerinnen könnten so ein eine höhere oder tiefere Risikokategorie eingeordnet werden.</li> <li>• <b>Interne Validität geschwächt (Methodik nicht nachvollziehbar):</b> Die Studie gibt den Zeitraum der prospektiven Datenerhebung nicht an. Es ist unklar, ob die gesamte Datenerhebung innerhalb/ ausserhalb der Hauptsaison stattfand. Dies würde Faktoren wie das Gewicht, Körperkomposition, und evtl. sogar den Menstruationsstatus beeinflussen. Tendenziell könnte man erwarten, dass in der wettkampfreichen Zeit mehr Sportverletzungen auftreten.</li> </ul> <p>Weitere Verzerrungen werden in den Limitationen beschrieben (siehe letzte Zeile).</p>
<p>4/4</p>	<p><b>STICHPROBE</b>          N = 323 – 84 = 239</p> <p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben? (1)</p> <p>× ja          ○ nein</p> <p>Wurde die Stichprobengröße begründet? (1)</p> <p>× ja          ○ nein</p>	<p><i>Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?). Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</i></p> <p>Die Studie inkludiert 323 weibliche Athletinnen von 16 Sportarten der Stanford University der NCAA Division 1, die freiwillig an der Studie teilnahmen.  <b>Die Stichprobe wurde gut beschrieben.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alter: 20.0 ± 1.3 Jahre</li> <li>• Sportarten: n= 16, siehe lean/nonlean-Einteilung. Cross country wurde in dieser Law&amp;Letts-analyse als Langstreckenlauf übersetzt.</li> <li>• Ethnien: caucasian, hispanic, black, asian/pacific islander, other</li> <li>• BMI: 22.9 ± 2.7</li> </ul>

	<p>○ entfällt</p> <p>Sind die Ein-/Ausschlusskriterien aussagekräftig? (1)</p> <p>× ja</p> <p>○ nein</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 84 Athletinnen wurden nach der 1. Datenanalyse ausgeschlossen, aufgrund von oraler Hormoneinnahme. Übrig blieben 239 Teilnehmerinnen mit kompletten Datensätzen.</li> <li>• Weitere demographische Informationen sind tabellarisch dargestellt.</li> </ul> <p>Folgende Einschlusskriterien wurden gesetzt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Athletinnen der NCAA Division 1 der Stanford University.</li> <li>• Athletinnen haben die DXA-Messung abgeschlossen.</li> <li>• Athletinnen haben den ePPE-Fragebogen ausgefüllt.</li> <li>• Athletinnen nahmen keine Hormontherapie ein (n= 84 ausgeschlossen).</li> </ul> <p>Athletinnen, die Hormontherapie (orale Kontrazeption) einnahmen, wurden separat bezüglich dem Menstruationsstatus und dem BMD-Z-Score ausgewertet. Sie erhielten kein kumulatives Risikoassessment.</p> <p><i>Beschreiben Sie die Ethik-Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung (consent) eingeholt? (1)</i></p> <p>Die Stanford University Ethikkommission stimmte dem Forschungsprotokoll zu.</p>
<p>1/2</p>	<p><b>Ergebnisse (outcomes)</b></p> <p>Waren die outcome-Messungen zuverlässig (reliabel)? (1)</p> <p>× ja</p> <p>○ nein</p> <p>○ nicht angegeben</p> <p>Waren die outcome-Messungen gültig (valide)? (1)</p> <p>○ ja</p> <p>○ nein</p> <p>× nicht angegeben</p>	<p><i>Geben Sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post- follow up)).</i></p> <p>Die Methodik ist nachvollziehbar und genau beschrieben. Die Outcome Messungen werden genau beschrieben.</p> <p><b>Einmaliger Fragebogen:</b></p> <p>Zu Beginn jedes Studienjahres waren alle Sportlerinnen von der NCAA und der Institution aus verpflichtet, das ePPE auszufüllen, das 7 Fragen beinhaltet. Das ePPE, das in dieser Studie genutzt wurde, war eine modifizierte Version des publizierten Questionnaires, das von 6 anderen Sportorganisationen genutzt wird.</p> <p>Das ePPE erfragt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. die Sportart</li> <li>2. Frühere oder aktuelle Essstörungen (*)</li> <li>3. Menarche schon eingetroffen</li> <li>4. Alter bei der Menarche (*)</li> <li>5. Anzahl Menstruationen in den letzten 12 Monaten (*)</li> <li>6. Einnahme von weiblichen Hormonen (Östrogen, Progesteron, Kontrazeptiva)</li> <li>7. Bereits erlittene Stressfraktur inkl. Bildgebendes Verfahren und Details der Diagnose (*)</li> </ol> <p>Die Datenerhebung und die Datensammlung wurden genau beschrieben und ist nachvollziehbar. Es wurde auch eine Qualitätskontrolle der Erhebung der Daten durchgeführt. Die ePPE-Daten wurden von 2 Research Assistants ausgewertet.</p> <p>Der Fragebogen ist nicht validiert. Limitationen zum Fragebogen werden in der Studie kritisiert.</p> <p><b>Einmalige DXA-Messung:</b></p> <p>Alle weiblichen Athletinnen wurden eingeladen, an einer anderen Studie teilzunehmen (die Normwerte für Knochendichte bei Athletinnen finden wollte) und die Knochendichte messen zu lassen. Die Athletinnen könnten</p>

		<p>während eines Jahres an der DXA-Messung teilnehmen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gewicht &amp; Körpergröße wurde am gleichen Tag gemessen.</li> <li>• Body composition</li> <li>• BMD: total body (TB), LWS und zweifach am Femur inkl. Z-Score</li> <li>• Bei Athletinnen unter 20 Jahren wurde BMD von TB und LWS gemessen, aber nicht am Femur.</li> <li>• Gerät: Ge Lunar DXA</li> <li>• Analysiert mit: enCORE Software ; GE Medical System Lunar</li> </ul> <p>Der Zeitpunkt zwischen ePPE-Fragebogen und der DXA-Messung war sehr unterschiedlich (<math>109 \pm 80</math>d).</p> <p><b>Es werden keine Reliabilitätstest durchgeführt.</b></p> <p><b>Stressfrakturen:</b></p> <p><u>Retrospektive Stressfrakturen:</u></p> <p>Damit die Stressfraktur-Inzidenz valide erscheint, suchten 2 Forscher/innen in den elektronischen medizinischen Akten nach (chart review). Die gefundenen Daten mussten folgendes beinhalten, um in der Studie inkludiert zu werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• eine offizielle Diagnose inkl. Datum</li> <li>• bildgebendes Verfahren (MRI, Röntgen, CT oder «bone scan»)</li> <li>• Bestätigung, dass die Fraktur als Ereignis einer Sportverletzung innerhalb der Sportsaison (während der Trainings- oder Wettkampfphase) zustande kam.</li> </ul> <p>Frakturen, die als Trauma bei einem Unfall oder ausserhalb des Sports auftraten, wurden ausgeschlossen. Das Datum der Diagnosestellung wurde als Datum der Verletzung gesetzt, da eine medizinische Kontrolle meist innerhalb einer Woche erfolgt.</p> <p><u>Prospektive Stressfrakturen:</u></p> <p>Eine Stressfraktur konnte als prospektive Stressfraktur gelten, wenn das Verletzungsdatum nach der Durchführung des ePPE und der DXA-Messung war. <b>Ob eine prospektive Stressfraktur nun erfasst wurde, hängt vom Datum der DXA-Messung ab (→ siehe Mangel an Info über prospektive Beobachtung).</b></p> <p>Die durchschnittliche Zeit zwischen den beiden Messungen und der Diagnose einer neuen Stressfraktur betrug 1.02 Jahre, der Median 0.63 Jahre. <b>Die Daten wurden von einem Sportarzt (A.S.T.) überprüft.</b></p> <p><b>Risikofaktoren und Risk Assessment:</b></p> <p>Das ePPE gab bereits 4 von 6 Antworten zum «Female Athlete Triad Cumulative Risk Assessment», die in dieser Tabelle mit einem (*) markiert sind. 4 Risikofaktoren werden so erfragt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Frühere oder aktuelle Essstörungen</li> <li>2. Verspätetes Alter der Menarche</li> <li>3. Oligo-/ Amenorrhoe in den letzten 12 Monaten</li> <li>4. Bereits erlittene Stressfrakturen</li> </ol> <p>Weitere 2 Risikofaktoren werden durch die DXA-Messung generiert:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. BMI-Werte basierend auf Körpergröße und Gewicht</li> <li>6. BMD Z-Scores der TB (total body), LWS und am</li> </ol>
--	--	--

		<p>Femur.</p> <p>Die Auswertung des Risikoassessments wurde genau beschrieben.</p> <p>Ein Arzt mit klinischer Erfahrung in diesem Bereich (J.L.C.) prüfte die ePPE, DXA-Messung und die 6 Risikofaktoren aus und kategorisierte die Athletinnen basierend auf dem kumulativen Risikoassessment in tiefe, moderate oder hohe Risikokategorien.</p> <p>Aufgrund von früherer Limitation, die in retrospektiven Reviews beschrieben wurden, wurde in dieser Studie die Auswertung bei 3 Kategorien etwas angepasst. Für jeden Risikofaktor wurden 0 - 2 Punkte vergeben, wobei Score 0 auf tiefes Risiko, Score 1 auf moderates Risiko und Score 2 auf hohes Risiko pro Kategorie deutete:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. LEA und Essstörung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Score 1: Frühere Essstörung</li> <li>• Score 2: Aktuelle Essstörung</li> </ul> </li> <li>2. BMI: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Score 1: Werte zwischen 17.6 – 18.4 kg/m<sup>2</sup></li> <li>• Score 2: Werte &lt;17.5 kg/m<sup>2</sup></li> <li>• Es könnten keine Aussagen getroffen werden, ob Athletinnen ein stabiles Körpergewicht haben.</li> </ul> </li> <li>3. Oligo-/Amenorrhoe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Score wurde basierend auf der Anzahl Menstruationen in den letzten 12 Monaten bestimmt.</li> <li>• Oligomenorrhoe: 6-9 Perioden pro Jahr.</li> <li>• Amenorrhoe: &lt;6 Perioden pro Jahr.</li> </ul> </li> </ol> <p>Weitere 3 Kategorien wurden bewertet, wie Souza et al (2014) es empfohlen haben:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Verspätete Menarche: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Score 1: Menarche bei 15./16. Lebensalter</li> <li>• Score 2: Menarche bei 16. Lebensalter oder älter</li> </ul> </li> <li>5. Tiefe BMD: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Score 1 für Z-Scores bei &lt;-1</li> <li>• Score 2 für Z-Scores &lt;-2</li> </ul> </li> <li>6. Frühere Stressfrakturen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Score 1: bei einer früher erlittenen Stressfraktur</li> <li>• Score 2: bei zwei oder mehr erlittenen Stressfrakturen oder bei einer «high-risk stress fracture»</li> </ul> </li> </ol> <p>Die Scores pro Kategorie wurden zusammengezählt, es ergibt sich ein Gesamtscore:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiefes Risiko: Score 0 - 1</li> <li>• Moderates Risiko: Score 2 - 5</li> <li>• Hohes Risiko: Score 6 oder &gt;6</li> </ul> <p><b>Analyse:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• statistische Analyse mit SAS-Software (Version 9.3, SAS Institute)</li> <li>• Sportarten wurden unterteilt in (basierend auf Kriterien von Torstveit und Sundgot-Borgen, modifiziert für track-and field in die lean-Gruppe): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lean sport: Rudern, Crosslauf (Langstreckenlauf),</li> </ul> </li> </ul>
--	--	--

		<p>Unihockey, Kunstturnen, Lacrosse, Schwimmen/Tauchen, Synchronschwimmen, Wasserball, Leichtathletik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Non-lean sport: Basketball, Fechten, Segeln, Fussball, Softball, Tennis, Volleyball</li> <li>• Risk ratios (Relatives Risiko, RRs) mit 95% CI, um jede Risikokategorie in Verbindung mit BSI zu berechnen. Die tiefe Risikokategorie wurde mit einem RR von 1.0 als Vergleichswert gesetzt.</li> <li>• Poisson regression wurde genutzt, um RRs zu auf 2 auffällige Faktoren (Langstreckenlauf &amp; Alter) adjustieren.</li> <li>• Multivariate Poisson Regression: unabhängige Effekt der einzelnen Komponenten des Risikoscores</li> <li>• Die Analyse wurden zweimal durchgeführt. Einmal mit allen Teilnehmerinnen (n=323) und ein weiteres Mal mit den Teilnehmerinnen, wo Hormontherapie (n=239) ausgeschlossen ist. Die Resultate waren ähnlich bei beide Analysen. (Siehe S. 3)</li> <li>• Da sich Laufsportlerinnen besonders viele Stressfrakturen aufzeigten, wurde die Analyse ohne Langstreckenlauf durchgeführt.</li> </ul>				
		<table border="1"> <tr> <td data-bbox="647 1003 1034 1111"><i>Outcome- Bereiche (z.B. Selbstversorgung (self care), Produktivität, Freizeit)</i></td> <td data-bbox="1034 1003 1428 1111"><i>Listen Sie die verwendeten Messungen auf.</i></td> </tr> <tr> <td data-bbox="647 1111 1034 1323"> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Risikofaktoren (LEA, BMI, Alter bei Menarche, Oligo-/Amenorrhoe, tiefe BMD, frühere Stressfraktur)</li> <li>- Einteilung der Sportarten in Risikokategorien (tiefes, moderates &amp; hohes Risiko)</li> </ul> </td> <td data-bbox="1034 1111 1428 1323"> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ePPE</li> <li>- DXA-Messung</li> <li>- BSI chart review</li> </ul> </td> </tr> </table>	<i>Outcome- Bereiche (z.B. Selbstversorgung (self care), Produktivität, Freizeit)</i>	<i>Listen Sie die verwendeten Messungen auf.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Risikofaktoren (LEA, BMI, Alter bei Menarche, Oligo-/Amenorrhoe, tiefe BMD, frühere Stressfraktur)</li> <li>- Einteilung der Sportarten in Risikokategorien (tiefes, moderates &amp; hohes Risiko)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ePPE</li> <li>- DXA-Messung</li> <li>- BSI chart review</li> </ul>
<i>Outcome- Bereiche (z.B. Selbstversorgung (self care), Produktivität, Freizeit)</i>	<i>Listen Sie die verwendeten Messungen auf.</i>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 Risikofaktoren (LEA, BMI, Alter bei Menarche, Oligo-/Amenorrhoe, tiefe BMD, frühere Stressfraktur)</li> <li>- Einteilung der Sportarten in Risikokategorien (tiefes, moderates &amp; hohes Risiko)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ePPE</li> <li>- DXA-Messung</li> <li>- BSI chart review</li> </ul>					
<p>-/3</p>	<p><b>MASSNAHMEN (Intervention)</b>  Wurde die Maßnahmen detailliert beschrieben? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ja</li> <li>○ nein</li> <li>○ nicht angegeben</li> </ul> <p>Wurde Kontaminierung vermieden? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ja</li> <li>○ nein</li> <li>○ nicht angegeben</li> <li>○ entfällt</li> </ul> <p>Wurden gleichzeitige weitere Maßnahmen (Ko-Intervention) vermieden? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ja</li> </ul>	<p><i>Beschreiben Sie kurz die Maßnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Maßnahmen in der ergotherapeutischen Praxis wiederholt werden?</i></p> <p>Bei dieser Studie wurden keine Massnahmen untersucht, weshalb diese Frage nicht beantwortet werden kann.</p>				

	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> <li><input type="radio"/> entfällt</li> </ul>	
<p><b>3/4</b></p>	<p><b>ERGEBNISSE (Resultate):</b>          Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> entfällt</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> </ul> <p>War(en) die Analysemethode(n) geeignet? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> ja</li> <li><input type="radio"/> nein</li> <li><input type="radio"/> nicht angegeben</li> </ul>	<p><i>Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. <math>p &lt; 0.05</math>)?</i>          Das Signifikanzniveau wurde bei <math>p &lt; 0.05</math> gesetzt.</p> <p><b>Risikokategorien:</b>          239 Athletinnen (Hormontherapie ausgeschlossen) wurden in Risikokategorien eingeteilt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Sportarten mit einer hohen Anzahl an Athletinnen in der moderaten und hohen Risikokategorie:             <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Kunstturnen (56.3%, n = 9 von 16)</li> <li><input type="radio"/> Lacrosse (50%, n = 8 von 16)</li> <li><input type="radio"/> Langstreckenlauf (48.9%, n = 23 von 47)</li> </ul> </li> <li>• In der moderaten Risikokategorie waren am häufigsten folgende Sportarten eingeteilt:             <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Kunstturnen (56.2%, n = 9)</li> <li><input type="radio"/> Lacrosse (50%, n = 8)</li> <li><input type="radio"/> Schwimmen/Tauchen (38.1%, n = 8)</li> <li><input type="radio"/> Langstreckenlauf (34%, n = 16)</li> <li><input type="radio"/> Segeln (33%, n = 1)</li> </ul> </li> <li>• 9 Athletinnen waren in der hohen Risikokategorie eingestuft, wovon 7 Langstreckenlauf machten.</li> </ul> <p><b>Gestörtes Essverhalten:</b>          Nur wenige Sportlerinnen von allen Sportlerinnen (Hormontherapie eingeschlossen) zeigen ein gestörtes Essverhalten (<b>wobei das durch ein Questionnaire erfragt wurde</b>). 7 Athletinnen wurden in moderates-hohes Risiko eingestuft, wovon 3 Langstreckenläuferinnen waren.</p> <p><b>BMI:</b>          Ein tiefer BMI (<math>&lt; 18.5 \text{ kg/m}^2</math>) zeigte sich bei 8 Athletinnen, wovon 6 (75%) Langstreckenläuferinnen waren. 2 weitere Langstreckenläuferinnen hatten einen sehr tiefen BMI (<math>&lt; 17.5 \text{ kg/m}^2</math>). <b>Athletinnen mit Hormontherapie sind in dieser Messung eingeschlossen.</b></p> <p><b>Späte Menarche:</b>          22.9% aller Athletinnen (n = 47 von 323) hatte eine verspätete Menarche (bei 15. Lebensjahr oder später). Davon waren 86% lean-sport-Athletinnen (n= 64 von 74). Dazu gehört ein Drittel aller Langstreckenläuferinnen (19 von 58), die Mehrheit aller Kunstturnerinnen (11 von 18) und 3 weitere Sportarten. <b>Athletinnen mit Hormontherapie sind in dieser Messung eingeschlossen.</b></p> <p><b>Oligo-/Amenorrhoe:</b>          26.8% (64 von 239) aller Athletinnen hatten Oligomenorrhoe oder Amenorrhoe. Das inkludiert 38.3% aller Langstreckenläuferinnen (n=18). <b>Athletinnen mit Hormontherapie sind in dieser Messung ausgeschlossen.</b> Die Menstruationsdysfunktion (Oligo-/Amenorrhoe &amp; späte Menarche) war der Risikofaktor, der am häufigsten auftritt und wurde mit vielen lean-sport-Athletinnen assoziiert.</p>

		<p><b>Low BMD:</b> 19 Athletinnen (5.9%) wiesen tiefe Knochendichtewerte auf (Z-Scores &lt;1). Davon waren 10 Langstreckenläuferinnen (52.6%). <b>Athletinnen mit Hormontherapie sind in dieser Messung eingeschlossen.</b></p> <p><b>Stressfrakturen:</b> → History of BSI:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 22 von 47 (37.3%) Langstreckenläuferinnen erlitten bereits mind. eine Stressfraktur. Insgesamt hatten 51 von 323 (15.8%) aller Athletinnen eine Stressfraktur. <b>Athletinnen mit Hormontherapie sind in dieser Messung eingeschlossen.</b></li> </ul> <p>→ Prospective BSI:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Von 239 Athletinnen (<b>Hormontherapie ausgeschlossen</b>) erlitten 25 mind. 1 prospektive Stressfraktur, wobei Langstreckenläuferinnen am meisten betroffen waren (34%, n = 16).</li> <li>• Athletinnen, die in einer hohen Risikokategorie eingeteilt waren, entwickelten eher eine prospektive Stressfraktur. Somit korreliert die hohe Risikokategorie mit der Inzidenz von neuen BSI (CI bei 95%) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 7 von 9 Athletinnen in der high-Risikokategorie erlitten eine BSI. Dies entspricht einem RR von 3.4 für die moderate Risikokategorie verglichen mit tiefer Risikokategorie und einem RR von 10.4 für die hohe Risikokategorie verglichen mit tiefer Risikokategorie.</li> </ul> </li> <li>• Langstreckenlauf und BSI: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 16 Langstreckenläuferinnen erlitten eine prospektive Stressfraktur, wovon 5 in der hohen-Risikokategorie eingeteilt waren und 8 in der moderaten-Risikokategorie eingeteilt waren.</li> </ul> </li> <li>• Es wurde keine enge Assoziation gefunden zwischen den Risikokategorien und BSI, als sie alle Sportarten ausser Langstreckenlauf analysierten. Die Resultate könnten aber auch verzerrt sein aufgrund der geringen Anzahl an Frakturen (n = 9), und der kleinen Anzahl an high-risk Athletinnen.</li> <li>• Fast alle BSI entstanden an der UE. Die anatomische Lokalisation unterschied sich je nach Risikokategorie: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Von 9 low-risk Athletinnen hatten 7 eine Stressfraktur am Fuss.</li> <li>○ Von 11 moderat-risk Athletinnen hatten viele eine Stressfraktur nicht nur am Fuss, sondern am Sakrum, Tibia und am Femur.</li> <li>○ Bei 5 high-risk Athletinnen traten keine Stressfrakturen am Fuss auf, aber am Becken, Femur und der Tibia.</li> </ul> </li> <li>• Die Signifikanz wird durch das CI angegeben.</li> <li>• Die Studie gibt in der Diskussion mögliche Erklärungen bezüglich der Lokalisation und dem Einfluss der Belastung (impact) auf den Knochen.</li> </ul>
--	--	---

		<p><b>Risikofaktoren für Stressfrakturen:</b>                  In der multivariaten Poisson Regressions-Analyse wurden folgende unabhängige Risikofaktoren (aus dem Risikoassessment) identifiziert, die zu einer Stressfrakturen führen können:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Höheres Alter (<math>p = 0.0303</math>)</li> <li>• Sportteilnahme im Langstreckenlauf (<math>p = 0.0069</math>)</li> <li>• Oligo-/Amenorrhoe (<math>p = 0.0069</math>)</li> <li>• Frühere Stressfrakturen (<math>p = 0.0315</math>)</li> </ul> <p>Die Studie greift dazu auch ältere Literatur auf. Ältere Literatur bestätigt diese Risikofaktoren (Diskussion). Einzig das Alter ist unterschiedlich. Die Literatur sagt, dass eher junges Alter ein Risikofaktor ist. Die Forscher geben eine mögliche Erklärung an, weshalb höheres Alter auch ein Risikofaktor sein könnte. Es ist unklar, ob alle Teilnehmerinnen inkludiert wurden.</p> <p><b>Langstreckenlauf:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studie fand heraus, dass Athletinnen eher in eine moderate oder höhere Risikokategorie eingestuft sind, wenn sie leanness-Sportarten treiben, sprich Sportarten, die auf ein schlankes Körperbild Wert legen. Dazu gehören Langstreckenlauf, Kunstturnen und Lacrosse. Die Ergebnisse decken sich mit früherer Literatur.</li> <li>• Verglichen mit Langstreckenläuferinnen in der tiefen Risikokategorie hatten Langstreckenläuferinnen in der moderaten Risikokategorie und in der hohen Risikokategorie ein 4-fach bzw. ein 5.7-fach erhöhtes Risiko für Stressfrakturen.</li> <li>• Ein Grossteil von Langstreckenläuferinnen in der moderaten und hohen Risikokategorie erlitten eine Stressfraktur (moderat: 8 von 16, 50%, hoch: 5 von 7, 71.4%)</li> </ul> <p><i>Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie groß genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen?</i></p>
	<p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben? (1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ja</p> <p><input type="checkbox"/> nein</p> <p><input type="checkbox"/> nicht angegeben</p>	<p><i>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?</i></p> <p>Die klinische Bedeutung wurde mit dem Relativen Risiko (Poisson regression) angegeben. Das RR wurde für jede Risikokategorie des Risikoassessments mit einem CI von 95% berechnet.</p> <p>Das Risiko für eine Stressfraktur war um 3.4-faches höher in der moderaten Risikogruppe als in der tiefen Risikogruppe. Das Risiko war auch 10.4-fach höher in der hohen Risikogruppe verglichen zur tiefen Risikogruppe. Die Analyse wurde auf 2 Faktoren angepasst (Adjustierung), die dieses Risiko stark gehoben haben: Langstreckenlauf &amp; das Alter. Aus den Resultaten lässt sich schliessen, dass Langstreckenläuferinnen eine Population ist, die besonders von den Triade-Risikofaktoren gefährdet ist und mit Stressfrakturen assoziiert sein können, weshalb diesen Athletinnen besonders Aufmerksamkeit gewidmet werden sollte.</p>

	<p>Wurden Fälle von Ausscheiden (Drop-outs) aus der Studie angegeben? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ja</li> <li>× nein</li> </ul>	<p><i>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</i></p> <p>Die Studie gab keine Auskunft über Fälle von Ausscheiden (Dropouts). Von 323 Athletinnen wurden 84 nach der ersten Datenauswertung ausgeschlossen, da sie orale Kontrazeptiva einnahmen. Den Daten zufolge scheint es keine Dropouts zu geben. Es wird deklariert, dass nur vollständige Datensätze in der Studie inkludiert werden.</p>
<p>1/1</p>	<p><b>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN</b></p> <p>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie? (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>× ja</li> <li>○ nein</li> </ul>	<p><i>Zu welchem Schluss kam die Studie?</i></p> <p>Aus den Resultaten kann gewonnen werden, dass 29% aller Teilnehmerinnen in die moderate oder hohe Risikokategorie des «Female Athlete Triad Cumulative Risk Scores» eingeteilt sind. Die Prävalenz war höher in lean-Sportarten, die Wert auf ein schlankes Körperbild legten. Diese Athletinnen hatten ein signifikant höheres Risiko, eine Stressfraktur zu erleiden.</p> <p><i>Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die physiotherapeutische Praxis?</i></p> <p>Allen Fachpersonen, die im sportmedizinischen Bereich arbeiten, wird das Risikoassessment empfohlen, um Athletinnen zu identifizieren, die einem höheren Stressfrakturrisiko ausgesetzt sein könnten. Das Risikoassessment soll ergänzend zum ePPE jährlich genutzt werden.</p> <p><i>Welches waren die hauptsächlichen Limitationen oder systematischen Fehler (biases) der Studie?</i></p> <p>Die Studie präsentiert folgende Limitationen und systematische Fehler:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retrospektives Studiendesign: Der ePPE ist ein Fragebogen zur Selbstbewertung und zeigt sofern Limitation auf, dass die Teilnehmerinnen ein früher oder aktuell gestörtes Essverhalten nicht offenbaren.             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Die Frage «Wie viele Perioden hattest du in den letzten 12 Monaten?» gibt keine Auskunft über Menstruationsdysfunktionen, die vor über 1 Jahr aufgetreten sind. Zudem werden auch Athletinnen, die unter Hormontherapie sind, nicht korrekt beurteilt zu ihrer Menstruationsfunktion. Die Studie empfiehlt Sportmedizinern-Organisationen, die Fragen des ePPE anzupassen. Zudem sollte erfragt werden, weshalb eine Athletin unter Hormontherapie ist.</li> </ul> </li> <li>• Selectionbias:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Die Teilnehmerinnen konnten auf freiwilliger Basis an der Studie teilnehmen. Das Ziel war eine möglichst repräsentative Gruppe, jedoch ist dies nicht garantiert. Bei wenigen Repräsentantinnen von einer Sportart ist ein Vergleich zu anderen Sportarten nicht aussagekräftig.</li> <li>○ Ein vollständiger Vergleich zwischen den verschiedenen Sportarten kann nicht garantiert werden, da unterschiedlich viele</li> </ul> </li> </ul>

		<p style="text-align: center;"><b>Teilnehmerinnen ihre Sportart repräsentierten.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die <b>ePPE und DXA-Datenerhebung</b> hätte am gleichen Tag stattfinden sollen. Veränderungen der Knochendichte werden in diesem Zeitintervall nicht erwartet, dies kann aber nicht garantiert werden.</li> <li>• Die DXA untersucht nicht die Knochenmikrostruktur oder Knochengeometrie. <b>Andere anatomische Faktoren</b> wie knochengeometrische Eigenschaften wurden nicht untersucht, obwohl sie für das Stressfrakturrisiko aussagekräftig wären.</li> <li>• Eventuell wurden <b>einige Stressfrakturen übersehen</b>, als in den elektronischen medizinischen Akten gesucht wurde.</li> </ul>
<p><b>Gesamtscore*: 12 / 14</b>          *In den 5 Hauptstudien werden keine Massnahmen untersucht. Deshalb wurden 3 Punkte vom Gesamtscore abgezogen. Somit ist ein Maximalscore von 14 (statt 17) erreichbar.</p>		

**Abkürzungen:** LEA = low energy availability, NCAA = National Collegiate Athletic Association, ePPE = The electronic preparticipation physical examination, BSI = bone stress injury, EDEQ = Eating Disorders Examination Questionnaire