

Lernziele:

Nach der Lektüre des Artikels kennen Sie...

- die Häufigkeit und die Ursachen eines funktionellen Kompartmentsyndroms
- die typischen Symptome, Differentialdiagnosen und die Nachweismethode des funktionellen Kompartmentsyndroms
- die Therapieoptionen des funktionellen Kompartmentsyndroms und mögliche Komplikationen in der Behandlung



Anja Hirschmüller, Christian Nührenbörger

Das funktionelle Kompartmentsyndrom bei Kindern und Jugendlichen

Zusammenfassung:

Das funktionelle Kompartmentsyndrom (FKS) gilt als seltene, aber relevante Ursache belastungsabhängiger Schmerzen, insbesondere bei sportlich aktiven jungen Menschen. Es betrifft meist die Unterschenkel, seltener die Unterarme oder Oberschenkel. Besonders gefährdet sind Läufer (für die Unterschenkel) und Ruderer (Unterarme). Bei Kindern und Jugendlichen wird das Krankheitsbild zunehmend häufiger diagnostiziert.

Diagnostik: Das FKS ist gekennzeichnet durch einen reversiblen Druckanstieg in einem muskulären Kompartiment unter Belastung, verursacht durch unelastische Faszien und Muskelvolumenzunahme. Dies führt zu Kapillarkompression, Ischämie, Schmerzen und ggf. auch neurologischen Symptomen wie Krämpfen, Parästhesien oder Fallfuß. Risikofaktoren sind u.a. eine rasche Muskelhypertrophie, Faszienvverdickung, Mikrozirkulationsstörungen, Ödeme und ein erhöhter Bindegewebstonus.

Die Diagnose stützt sich auf Anamnese, körperliche Untersuchung und bildgebende Verfahren wie MRT zum Ausschluss von Differentialdiagnosen wie einem medialen tibialen Stresssyndrom. Entscheidend für die Diagnosestellung ist jedoch die intrakompartimentelle Druckmessung vor und nach Belastung.

Therapie: Konservativ können Maßnahmen wie Belastungsmodifikation, Laufstilanpassung, Schuheinlagen, Kompressionsstrümpfe, Physiotherapie und Botox-Injektionen versucht werden. Die Erfolgsrate ist hierbei begrenzt. Operativ ist die vollständige Faszienspaltung das Mittel der Wahl, insbesondere bei sportlich aktiven Jugendlichen. Eine minimalinvasive, endoskopisch-assistierte Fasziotomie zeigt gute Resultate und hohe Rückkehrraten zum Sport, Rezidive im Verlauf kommen vor. Komplikationen umfassen Nervenverletzungen, Hämatome und Wundheilungsstörungen.

Fazit: Das FKS ist häufig unterdiagnostiziert, vor allem bei jungen sportlich aktiven Frauen. Die operative Behandlung bietet die besten Langzeitergebnisse.

Schlüsselwörter:

Muskelschmerzen, Wadenschmerzen, Schienbeinkantensyndrom, Faszie, Fasziotomie, belastungsabhängige Beinschmerzen

Zitierweise:

Hirschmüller A, Nührenbörger C: Das funktionelle Kompartmentsyndrom bei Kindern und Jugendlichen
OUP 2025; 14: 216–221
DOI 10.53180/oup.2025.0216-0221

Chronic Exertional Compartment Syndrome (CECS) in adolescents

Summary: Chronic Exertional Compartment Syndrome (CECS) is considered a rare but relevant cause of exercise-related pain, particularly in athletically active young people. It typically affects the lower legs, less frequently the forearms or thighs. Runners (for the lower legs) and rowers (forearms) are particularly at risk. The condition is being diagnosed with increasing frequency in children and adolescents.

Diagnosis: CECS is characterized by a reversible increase in pressure in a muscular compartment during exercise, caused by inelastic fascia and/or increased muscle volume. This leads to capillary compression, ischemia, pain, and possibly neurological symptoms such as cramps, paresthesia, or muscular weakness. Risk factors include rapid muscle hypertrophy, fascial thickening, microcirculatory disorders, edema, and increased connective tissue tone.

Diagnosis: Diagnosis is based on medical history, physical examination, and imaging studies such as MRI to rule out differential diagnoses such as medial tibial stress syndrome. However, intracompartmental pressure measurement before and after exercise is crucial for diagnosis.

Treatment: Conservative measures such as exercise modification, gait training, shoe inserts, compression stockings, physical therapy, and Botox injections can be attempted. The success rate is limited. Surgical treatment of choice is a complete fascial release, especially in athletically active adolescents. Minimally invasive, endoscopically assisted fasciotomy shows good results and high return-to-sport rates; recurrences do occur over time.

Complications: Complications include nerve injuries, hematomas, and impaired wound healing.

Conclusion: CECS is an underdiagnosed relevant condition, especially in young, athletic women. Surgical treatment offers the best long-term results.

Keywords: Muscle pain, calf pain, shin splints, fascia, fasciotomie, exercise related leg pain

Citation: Hirschmüller A, Nührenbörger C: Chronic Exertional Compartment Syndrome (CECS) in adolescents
OUP 2025; 14: 216–221. DOI 10.53180/oup.2025.0216-0221

Einleitung

Das funktionelle Kompartmentsyndrom (FKS), auch als chronisch belastungsinduziertes Kompartmentsyndrom (chronic exertional compartment syndrome, CECS) bezeichnet, gilt als seltene, jedoch bedeutsame Ursache belastungsabhängiger Schmerzen bei sportlich aktiven jungen Erwachsenen. Meist sind die Unterschenkel betroffen, seltener auch Unterarme oder Oberschenkel. Erstmals beschrieben wurde das Krankheitsbild 1912 bei marschierenden Rekruten [1]. Am häufigsten betroffen sind Laufsportler/-sportlerinnen, Triathleten/Triathletinnen und Spielsportler/-sportlerinnen; FKS der oberen Extremitäten tritt vor allem bei Rudern/Ruderinnen und Motorradfahrer/-fahrerinnen auf. Obwohl die meisten Studien zu FKS auf erwachsenen Männern basieren, zeigen neuere Arbeiten eine zunehmende Relevanz bei Kindern und Jugendlichen, insbesondere bei Mädchen [1–4]. Auch in unserer eigenen Praxis begegnen wir einer nicht unerheblichen Zahl adolesenter Patientinnen. Oft er-

folgt die Diagnosestellung sehr spät. Von einer hohen Dunkelziffer ist auszugehen. Ziel dieses Artikels ist es daher, zur Aufklärung über dieses immer noch häufig übersehene Krankheitsbild beizutragen.

Ätiologie

Das FKS ist charakterisiert durch einen reversiblen Druckanstieg in einem unelastischen Faszienkompartiment, was zu einer kompromittierten Gewebedurchblutung und nachfolgend zu Schmerzen sowie teils neurologischen Symptomen führt [1]. Die Beschwerden klingen typischerweise nach Aktivitätsende rasch ab, ohne bleibende Schäden. Im Gegensatz dazu stellt das akute Kompartmentsyndrom ein anderes Krankheitsbild und einen orthopädisch-traumatologischen Notfall dar [5].

Der genaue Pathomechanismus des FKS ist noch nicht abschließend geklärt. Ein Circulus vitiosus durch ein Missverhältnis der nur bedingt dehnbaren Faszien und der Muskulatur, die unter Belastung eine Volumenzunahme von 20 % erfahren kann, gilt als gesichert [12]. Konkret

führt offensichtlich der gesteigerte Blutfluss unter Belastung zu einer Volumenzunahme der Muskulatur. Dies hat einen Anstieg des intrakompartimentellen Druckes zur Folge, so dass die kleinsten Gefäße abgedrückt werden. Die weitere Folge ist dann eine Ischämie des Muskelgewebes mit Schmerzen, Krampfgefühl und Muskelschwäche, welches wiederum die Mikrozirkulationsstörungen verstärkt und auch das Ödem [12].

Risikofaktoren umfassen eine rasche Muskelhypertrophie durch intensives Training ggf. auch die Einnahme von Anabolika oder Kreatin, Faszienverdickungen (etwa posttraumatisch oder durch chronifizierte Entzündungsprozesse), Mikrozirkulationsstörungen oder Ödeme bei venösem Rückstau sowie eine erhöhte Bindegewebestiefigkeit, z.B. im Rahmen einer Sklerodermie [12]. Oft sind beide Extremitäten betroffen.

Diagnostik

Die Abklärung eines FKS umfasst eine gründliche Anamnese und körperliche Untersuchung ggf. auch eine

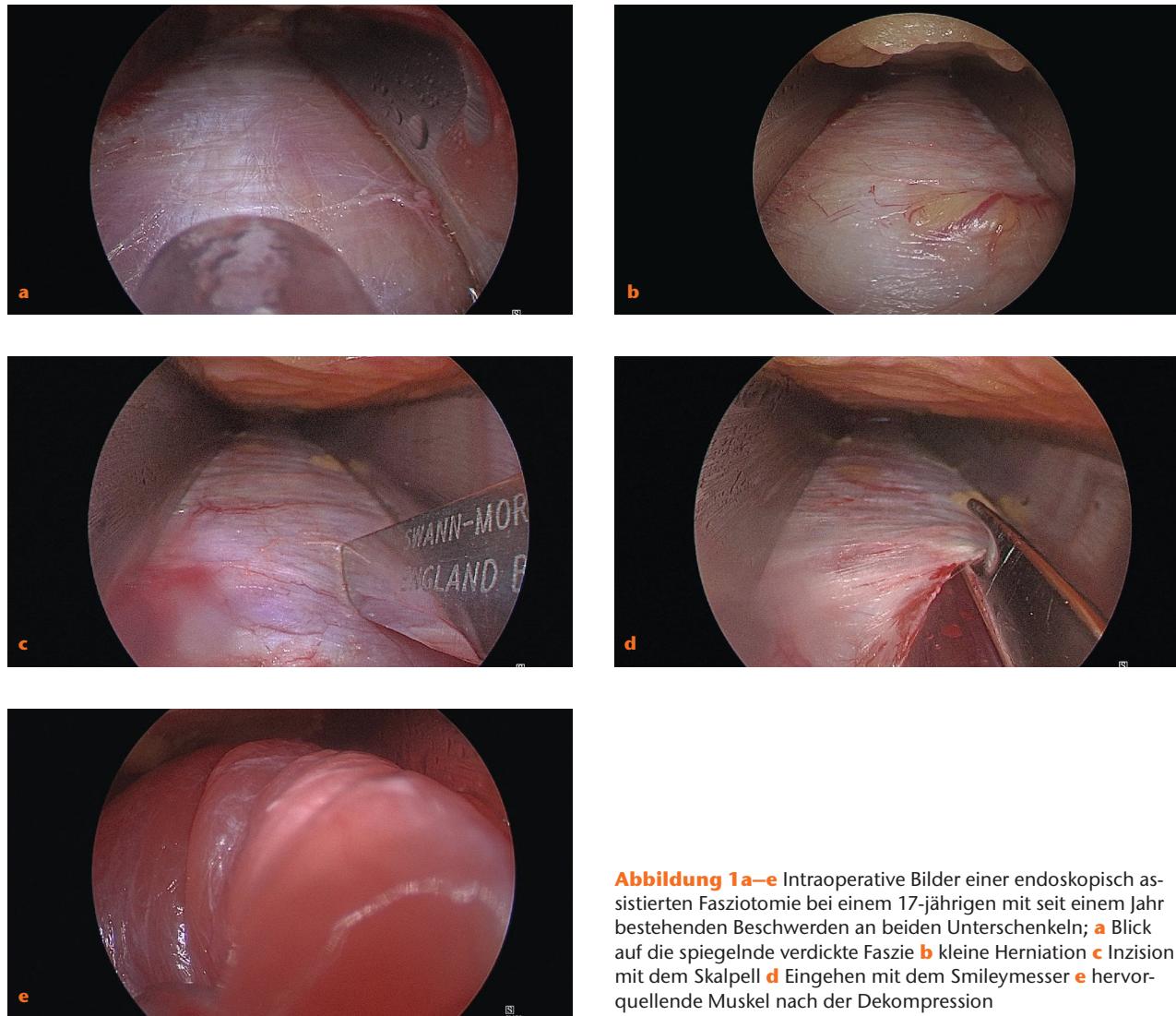


Abb. 1 A. Hirschmüller

Abbildung 1a–e Intraoperative Bilder einer endoskopisch assistierten Fasziotomie bei einem 17-jährigen mit seit einem Jahr bestehenden Beschwerden an beiden Unterschenkeln; **a** Blick auf die spiegelnde verdickte Faszie **b** kleine Herniation **c** Inzision mit dem Skalpell **d** Eingehen mit dem Smiley-Messer **e** hervorquellende Muskel nach der Dekompression

MR-Bildgebung, um andere Ursachen für belastungsbedingte Schmerzen auszuschließen. Die Diagnose wird gestellt mit Hilfe einer intrakompartimentellen Druckmessung vor und nach Belastung [6].

Klinisch kann sich das funktionelle Kompartmentsyndrom neben belastungsinduzierten Schmerzen, welche bei Beendigung der Aktivität mit konsekutivem Druckabfall meist zügig zurückgehen, auch manifestieren durch Krämpfe oder schnellere Muskelermüdung. Viele Patientinnen und Patienten beschreiben ein massives Druckgefühl („So, als würde mein Unterschenkel gleich platzen“). Gelegentlich kommt es auch zu Parästhesien, Taubheitsgefühlen und sogar vorübergehenden Nervenlähmungen. (z.B. Fußheberschwäche) [5, 7]. Die Schmerzen verschlimmern

sich erwartungsgemäß mit zunehmender Belastungsintensität und -dauer. Die Symptome klingen in der Regel innerhalb von Minuten bis Stunden nach Beendigung der belastenden Aktivität ab [6]. Patientinnen und Patienten berichten typischerweise von einem Wiederauftreten der Symptome kurz nach Wiederaufnahme der Aktivität.

Bei der auslösenden Aktivität handelt es sich zumeist um Laufen, Springen oder zügiges Bergaufgehen. Radfahren geht hingegen oft problemlos. Am häufigsten sind das anteriore oder das tiefe posteriore Kompartiment betroffen [5, 6]. Bilaterale Beschwerden sind häufig – in der Literatur finden sich Angaben von 63–95 %.

Die körperliche Untersuchung von Patientinnen und Patienten mit FKS ist oft unauffällig. Ein lokaler

Muskelhartspann und Druckschmerz können vorliegen, manchmal auch kleine Hernien (Abb. 1b). Patientinnen und Patienten mit langjährigem, schwerem FKS können auch Atrophien des betroffenen Kompartiments aufweisen.

Bildgebende Verfahren helfen, Differentialdiagnosen auszuschließen. Zu den gängigsten Untersuchungen gehören die Sonografie und die Magnetresonanztomografie. Hier findet sich oft ein Ödem der Muskulatur, insbesondere wenn die Untersuchungen nach Belastung durchgeführt wurden. Ein mediales tibiales Stresssyndrom kann anhand der MRT ausgeschlossen werden.

Obwohl das FKS als Ausschlussdiagnose gilt, sollte eine Druckmessung zur Bestätigung der Diagnose eingesetzt werden [10]. Pedowitz et al.

[6] schlugen die folgenden Diagnosekriterien vor, die auch heute noch häufig verwendet werden:

- 1) Druck vor Belastung > 15 mmHg,
- 2) Druck 1 Minute nach Belastung > 30 mmHg oder
- 3) Druck 5 Minuten nach Belastung > 20 mmHg.

In einer neueren Arbeit wurde das Outcome einer operativen Faszien- spaltung mit den präoperativen Druckwerten korreliert und erweiterte Kriterien unter anderem für eine kontinuierliche Druckmessung unter Belastung publiziert [10]. Die gesamten Diagnosekriterien werden außerdem gut in einem Expertenkonsensusartikel aus 2022 zusammengefasst (Tab. 1) [11].

Therapie

Grundsätzlich existieren sowohl konservative als auch operative Therapieoptionen zur Behandlung des FKS [1]. Konservative Maßnahmen umfassen Belastungsmodifikation, Gang-/Laufschule mit Veränderung des Fußaufsatztumusters, Schuhinlagen, Kompressionsstrümpfe, Physiotherapie mit Detonisierung der Muskulatur, Taping und (Botulinumtoxin-A)-Injektionen. Im Systematic Review von Rajasekaran und Hall sind die Erfolgsraten bei Erwachsenen beschrieben [7]. Dennoch hat die operative Therapie die höchsten Erfolgsraten, wenn die Patientinnen und Patienten weiter Sport treiben wollen. Dies wurde sowohl in der Allgemeinbevölkerung als auch bei Spitzensportlerinnen und -sportlern berichtet und bezieht sich auf Patientenzufriedenheit und die funktionellen Ergebnisse. Pasic et al. berichteten in einer retrospektiven Fallserie mit 42 Patientinnen und Patienten von einer 78 %igen Zufriedenheitsrate und 11 % Reoperationsrate nach durchschnittlich 55 Monaten [8]. In einer retrospektiven Kohortenstudie von Packer et al. [9] zeigten 81 % der operierten Patientinnen und Patienten eine erfolgreiche Schmerzreduktion und funktionelle Ergebnisse im Vergleich zu 41 % der nicht operativ behandelten Patientinnen und Patienten. Diese Ergebnisse sind von diversen Faktoren abhängig. Patientenalter, betroffene Kompartimente, Anzahl der Kompartimente, Faszien-

dicke, Dauer der Symptome und die Höhe des präoperativ gemessenen Kompartimentdruckes scheinen mit den postoperativen Ergebnissen in Zusammenhang zu stehen. In der Studie von Packer et al. zeigten Patientinnen und Patienten unter 23 Jahren nach einer Fasziotomie verbesserte Ergebnisse [9]. Man geht davon aus, dass jüngere Patientinnen und Patienten eine dickere/steifere Faszie haben und daher eine Dekompression bei dieser Patientengruppe tendenziell zu besseren Ergebnissen führt.

Verschiedene chirurgische Techniken sind beschrieben, wobei die endoskopisch assistierte Fasziotomie präferiert wird. Analoge Techniken finden auch am Oberschenkel und den Unterarmen Anwendung, jedoch deutlich seltener. Die anderen Techniken seien aber nachfolgend ebenfalls erwähnt.

Traditionelle offene Fasziotomie

Die Fasziotomie ist aufgrund ihrer höheren Erfolgsrate im Vergleich zur nicht operativen Behandlung die wichtigste Säule der chirurgischen Behandlung des FKS [1, 8, 9]. Bei einer traditionellen offenen Technik wird eine 10 cm lange Inzision anterolateral am Unterschenkel zwischen Tibia

und Fibula vorgenommen, um das vordere und das seitliche Kompartiment zu adressieren. Bei der distalen Dissektion wird sorgfältig darauf geachtet, eine Durchtrennung des Ramus superficialis des Nervus peroneus zu vermeiden. Durch eine erweiterte Dissektion können auch die posterioren Kompartimente durch diese Inzision gespalten werden. Alternativ kann eine 10 cm lange Inzision medial direkt hinter der Tibia vorgenommen werden. Die Dissektion wird sorgfältig durchgeführt, um eine Verletzung des Nervus saphenus und der Vena saphe na zu vermeiden.

Endoskopisch-assistierte Logenspaltung

Die Autorin und der Autor bevorzugen eine weniger invasive, endoskopisch-assistierte Technik, insbesondere bei pädiatrischen Patientinnen und Patienten. Hierbei wird eine 3 cm lange Inzision über dem Muskelbauch des M. tibialis anterior vorgenommen. Die Dissektion erfolgt dann durch Haut und Unterhautgewebe bis zur Faszie. Unter endoskopischer Sicht wird anschließend eine Inzision der Faszie vorgenommen und mit dem Smiley-Messer nach ganz proximal und distal komplettiert (Abb. 1a–e). Selbiges Vorgehen erfolgt über der peronealen Muskelgruppe sowie medial

Untere Extremität	Obere Extremität
• Mediales tibiales Stresssyndrom (MTSS) „Schienbeinkantensyndrom“	• Stressfraktur
• Stressfraktur	• TVT
• TVT	• Radikulopathie
• Claudicatio intermittens (pAVK)	• Myositis
• Radikulopathie	• Tendinopathie
• Myositis	• Einklemmung peripherer Nerven (Karpaltunnelsyndrom, Kubitaltunnelsyndrom)
• Tendinopathie	• Onkologische Ursachen
• Arterielles popliteales Entrapment	
• Onkologische Ursachen	
• Fibromyalgie	

Tabelle 1 Differentialdiagnosen, die bei der Beurteilung des FKS zu berücksichtigen sind [1]

für die Flexorenlogen. Auch bei der endoskopisch assistierten Technik müssen die Vena saphena und der Nervus saphena identifiziert und geschützt werden.

Bislang gibt es nur eine Arbeit im pädiatrischen Kollektiv für endoskopische, minimalinvasive Technik. Es wird eine Rückkehrrate zum Sport von 79,5 % angegeben. Bei 18,8 % der behandelten Beine kam es zu Rezidiven, die im Median 1,3 Jahre nach der ersten Fasziotomie eine erneute Operation erforderten. Die Wahrscheinlichkeit einer erneuten Operation war bei Beinen, bei denen nur das anterior und/oder das peroneale Kompartiment adressiert wurde, 3,4 mal höher als bei Beinen, bei denen alle 4 Kompartimente fasziotomiert wurden.

Fazit

FKS ist eine unterdiagnostizierte Erkrankung, die angesichts der zahlreichen Differenzialdiagnosen für chronische Belastungsschmerzen leicht übersehen werden kann. Laufsportlerinnen und -sportler, insbesondere heranwachsende Frauen, und mar-

schierendes Militärpersonal haben ein erhöhtes Risiko für ein FKS in den unteren Extremitäten. Das FKS in den oberen Extremitäten kommt in erster Linie bei Ruderinnen/Ruderern und Motorradfahrerinnen/-fahrern vor, ist jedoch insgesamt selten.

Die nicht operative Behandlung spielt beim FKS eine begrenzte Rolle, Rückfußläufer/-läuferinnen können jedoch von einem Vorfußtraining profitieren. Botox-Injektionen könnten bei der Behandlung von FKS von Nutzen sein, es sind jedoch weitere Studien erforderlich, um ihre Wirksamkeit zu bestätigen.

Die Fasziotomie ist die bevorzugte operative Behandlung sowohl beim FKS der unteren als auch der oberen Extremitäten. Gute Ergebnisse wurden nach offenen und minimalinvasiven Techniken berichtet. Nervenschäden, Hämatome und Wundprobleme sind die häufigsten Komplikationen. Verbesserte Operationsergebnisse werden bei jüngeren Patientinnen und Patienten und bei Patientinnen und Patienten mit Fasziotomien aller Kompartimente beobachtet.

Interessenkonflikte:
Keine angegeben.

Das Literaturverzeichnis zu diesem Beitrag finden Sie auf: www.onlineoup.de.



Foto: privat

Korrespondenzadresse
Prof. Dr. med. Anja Hirschmüller
Altius Swiss Sportmed Center
Rheinfelden
Habich-Dietschy-Strasse 5a
CH-4310 Rheinfelden
anja.hirschmueller@altius.ag

Vereinigung Süddeutscher Orthopäden und Unfallchirurgen e.V.





Herausragende Autoren, Veröffentlichungen & verdiente Mitglieder

werden im Rahmen der Jahrestagung
der VSOU e.V. geehrt.

Der Nachwuchs wird durch die Vergabe von Stipendien besonders gefördert.

Mehr Infos zu Preisen,
Stipendien und den
Vergabeverfahren unter:
vsou.de/vsou-preise-stipendien



vsou.de


instagram.com/vsou.tagung



facebook.com/VSOU.Tagung


linkedin.com/showcase/vsou-tagung

CME-Fragen:

1. Das funktionelle Kompartmentsyndrom betrifft am häufigsten die Muskulatur der...

- a) Unterarme
- b) Oberschenkel
- c) Unterschenkel
- d) Füße
- e) Wirbelsäule

2. Wodurch ist das funktionelle Kompartmentsyndrom ätiologisch charakterisiert?

- a) Durch einen reversiblen Druckanstieg in einem unelastischen Faszienkompartiment
- b) Durch einen venösen Gefäßverschluss eines Muskels
- c) Durch ein ausgeprägtes muskuläres Hämatom
- d) Durch einen muskulären Faserriss
- e) Durch eine offene Wunde

3. Welche auslösende sportliche Aktivität für ein funktionelles Kompartmentsyndrom kommt typischerweise nicht vor?

- a) Laufen
- b) Springen
- c) Bergaufgehen
- d) Rudern
- e) Fahrradfahren

4. In welchen Sportarten sind Athletinnen und Athleten von einem funktionellen Kompartmentsyndrom betroffen?

- a) Rudern
- b) Laufsportarten
- c) Triathlon
- d) Motorradfahren
- e) Alle aufgeführten Sportarten

5. Welches sind nicht typische beschriebene Beschwerden in der betroffenen Muskulatur bei einem funktionellen Kompartmentsyndrom?

- a) Druckgefühl
- b) Schmerzen unter Belastung
- c) Hitzegefühl
- d) Taubheitsgefühl
- e) Krämpfe

6. Womit erfolgt am eindeutigsten die Diagnose eines funktionellen Kompartmentsyndroms?

- a) Durch die klinische Untersuchung
- b) Durch Sonografie
- c) Durch intramuskuläre Druckmessung
- d) Durch Magnetresonanztomografie
- e) Durch Arteriografie

7. Was gehört zu den Differentialdiagnosen eines funktionellen Kompartmentsyndroms?

- a) Stressfraktur
- b) Venenthrombose
- c) Radikulopathie
- d) Nervenentrapement
- e) Alle aufgeführten Differentialdiagnosen

8. Wie hoch sollte der physiologische Druck in einem Muskelkompartiment als Diagnosekriterium bei einem funktionellen Kompartmentsyndrom in Ruhe liegen?

- a) < 15 mmHg
- b) < 5 mmHg
- c) < 30 mmHg
- d) > 20 mmHg
- e) +/- 0 mmHg

9. Welches ist die Therapie mit der höchsten Erfolgsrate bei einem funktionellen Kompartmentsyndrom?

- a) Physiotherapie
- b) Operative Faszienspaltung
- c) Kompressionsstrümpfe
- d) Infiltrationstherapie
- e) Schuheinlagen

10. Welche Komplikationen kommen selten bei einer operativen Faszienspaltung vor?

- a) Hämatome
- b) Nervenschädigungen
- c) Wundprobleme
- d) Alle aufgeführten Komplikationen
- e) Keine der aufgeführten Komplikationen

Die Teilnahme an der CME-Fortbildung ist nur online möglich auf der Website www.onlineoup.de.