

Breite Differentialdiagnostik bei jugendlicher Unihockeyspielerin

Belastungsabhängiger Unterschenkelsschmerz

PD Dr. med. Patrick Vavken^a, Dr. med. Dr. phil. Anna Erat^{a,b}, PD Dr. med. Michael Fischer^c

^a alphaclinic Zürich; ^b Klinik Hirslanden, Zürich; ^c Medizinisch Radiologisches Institut Zürich



Fallbeschreibung

Eine 15-jährige Unihockeyspielerin (hoher Leistungslevel) stellt sich aufgrund von belastungsabhängigen Schmerzen im rechten Unterschenkel vor. Sie hat eine normale Entwicklungsgeschichte, ist in gutem Allgemeinzustand und ohne Krankheiten. Sie hat regelmäßige Menses seit dem 13. Lebensjahr und nimmt ein orales Kontrazeptivum als einzige Medikation. Sie negiert Alkohol- und Nikotinkonsum. Ihr «Body-Mass-Index» (BMI) ist 21 kg/m² und somit im Normbereich. Die Schmerzen waren vor zwei Jahren spontan aufgetreten und haben schleichend an Intensität zugenommen. Die Patientin hatte zuerst das Training angepasst und mehr Dehnübungen gemacht. Eine Kollegin gab ihr Magnesium. Die Schmerzen hielten trotzdem an und standen zunehmend Training und Freizeitsport im Weg.

Der Schmerz, lokalisiert anterolateral und posterior am Unterschenkel, tritt vorhersagbar nach wenigen Minuten Laufen oder anderer Belastung auf. Er verschwindet, nachdem die Patientin stoppt oder pausiert. Sie beklagt keine Schmerzen bei Ruhe, etwa beim Sitzen in der Schule. Der Schmerzcharakter ist scharf und von hoher Intensität sowie manchmal mit einem Taubheitsgefühl in Fuss und Fusssohle assoziiert. Es gibt keinen Druck- oder Klopfeschmerz am Unterschenkel, ebenso keinen Dehnungsschmerz. Der Aspekt beider Unterschenkel ist normal und symmetrisch.

Frage 1: Was ist die wahrscheinlichste Verdachtsdiagnose?

- a) Radikulopathie bei Lendenwirbelsäulen (LWS)-Problematik
- b) Tiefe Beinvenen-Thrombose
- c) Chronisches Kompartmentsyndrom (CECS)
- d) Patellakompressionssyndrom
- e) Stressfraktur wegen «female athlete triad» respektive «relative energy deficiency in sports» (RED-S)

Die Radikulopathie hat eine Dermatomverteilung und einen Dehnungsschmerz (Lasègue). Eine (klinisch symptomatische) tiefe Beinvenen-Thrombose würde eine asymmetrische Schwellung (>3 cm Differenz im Seitenumfang) und einen Druckschmerz oder positives

Meyer-Zeichen am Unterschenkel zeigen. Ein chronisches Kompartmentsyndrom (CECS) zeigt einen belastungsabhängigen Unterschenkelsschmerz, der zwar oft bilateral, aber auch regelmässig einseitig auftritt und mit Ende der Belastung stoppt. Das Patellakompressionsyndrom verursacht Beschwerden am ventralen Knie und bei längerem Sitzen mit abgewinkelten Beinen. Eine Stressfraktur ist mit einem Klopfeschmerz, Biegeschmerz und axialem Stauchschmerz verbunden. Die «female athlete triad» besteht aus gestörtem Essverhalten, sekundärer Amenorrhoe und Osteoporose.

Anamnestisch ist weiter bekannt, dass wegen Verdachts eines chronischen Kompartmentsyndroms («chronic exertional compartment syndrome» [CECS]) und Versagen der konservativen Therapie über sechs Monate vor drei Monaten auswärts die anteriore Loge des Unterschenkel offen gespalten wurde (technisch korrekte Durchführung ohne peri/postoperative Komplikationen), was jedoch keine anhaltende Verbesserung der Situation gebracht hat.

Frage 2: Wie ändert sich durch diese Information Ihre Liste der Differentialdiagnosen?

- a) Kompartmentsyndrom ist nun ausgeschlossen
- b) Postoperativer Infekt muss bedacht werden
- c) Liste bleibt weitgehend gleich
- d) Nervenverletzung bei der Kompartmentspaltung muss ausgeschlossen werden
- e) (Postoperative) komplexes regionales Schmerzsyndrom (CRPS) muss ausgeschlossen werden

Beim CECS besteht eine Rezidivgefahr und auch eine relativ hohe Gefahr anhaltender Beschwerden wenn (a) eine unzureichende Kompartmentspaltung durchgeführt oder (b) nur ein Kompartiment entlastet wird [3]. Ein postoperativer Infekt, auch mit einem niederwirulenten Keim wie *Propionibacterium acnes*, ist möglich, würde aber eine Änderung der Symptome bedeuten. Die Verletzung des Nervus fibularis superficialis ist eine mögliche Komplikation des «Release» des anterolateralen Unterschenkel-Kompartments und verursacht Taubheit auf dem Fussrücken, ausser zwischen erster und zweiter Zehe. Das komplexe regio-



Patrick Vavken

Tabelle 1: Budapest-Kriterien für das «complex regional pain syndrome» CRPS (nach [6]).

Kategorie	Symptome
Sensible Veränderungen	Hyperästhesie
	Hyperalgesie
	Allodynie
Vasomotorische Veränderungen	Temperaturunterschied der Haut
	Farbunterschied der Haut
Sudomotorische Veränderungen	Ödeme
	Veränderung der Perspiration/ Hyperhidrose
Motorische/trophische Veränderungen	Bewegungseinschränkung
	Motorische Dysfunktion (Schwäche/Tremor/Dystonie)
	Trophische Änderungen an Haut/ Haaren/Nägeln

CRPS liegt vor, wenn alle zutreffen:

1. Dauerschmerz, disproportional zum Ereignis
2. Mindestens 1 Symptom in 3 Kategorien in der Anamnese
3. Mindestens 1 Symptom in mindestens 2 Kategorien in der Untersuchung
4. Keine andere Diagnose, die Befunde besser erklärt

nale Schmerzsyndrom, («complex regional pain syndrome [CRPS]) ist eine mögliche Komplikation einer Verletzung oder Operation, vergesellschaftet mit Dysmorphie und Atrophie der befallenen Extremität mit Symptomen wie Schwellung, Schmerz, Durchblutungsstörung, Überempfindlichkeit gegenüber Berührungen und Hautveränderungen [6] (Tab. 1).

Anschliessende Laboruntersuchungen und eine Magnetresonanztomographie (MRT) der Wirbelsäule zeigen keine Auffälligkeiten. Ein Röntgenbild des Unterschenkels in zwei Ebenen bringt keine Hinweise auf eine Stressfraktur oder andere ossäre Probleme. Die Untersuchung der Wirbelsäule und beider unterer Extremitäten zeigt keine Auffälligkeiten was Kraft, Beweglichkeit und Neurologie betrifft. Die peripheren Pulse sind normal. Am rechten Unterschenkel finden sich gut verheilte Narben nach Fasciotomie, die Kompartments sind weich und nicht druckschmerzhaft.

Frage 3: Wie diagnostizieren Sie ein mögliches chronisches Kompartmentsyndrom (CECS)?

- a) Aus der Anamnese
- b) Druckschmerzhafte und/oder gespannte Kompartments
- c) Kompartimentdruckmessung mit Belastungstest
- d) Computertomographie (CT)
- e) Ultraschall (mit Gefässdoppler)

Die Anamnese eines CECS hat eine Reihe charakteristischer Warnzeichen, ist aber in Summe zu unspezifisch für eine endgültige Diagnose. Die Kompartments sind in Ruhe weitgehend asymptomatisch. Der Goldstandard ist die Kompartimentdruckmessung im Stresstest mit Schwellenwerten von ≥ 15 mm Hg, ≥ 30 mm Hg und

≥ 20 mm Hg vor, 1 min und 5 min nach einer Belastung. Das CT hat keine Bedeutung in der CECS-Diagnostik. Eine Ultraschalluntersuchung kann ein CECS nicht schlüssig ein- oder ausschliessen.

Die Patientin wurde daher einem Belastungstest mit Messung des Kompartimentdrucks in allen vier Kompartments des Unterschenkels unterzogen. Die Schwellenwerte von ≥ 15 mm Hg, ≥ 30 mm Hg und ≥ 20 mm Hg vor, 1 min und 5 min nach Belastung wurden nicht erreicht.

Frage 4: Was ist keine Differentialdiagnose nach Ausschluss eines CECS?

- a) Tibial-Stressyndrom («shin splints»)
- b) Stressfraktur
- c) Periphere Nervenkompression
- d) Gefässkompression (Arteria poplitea)
- e) Alle obigen sind mögliche Differentialdiagnosen

«Shin splints» oder das tibiale Stressyndrom sind eine häufige Ursache für diffusen Schmerz des Schienbeins mit Schmerzverstärkung durch Beklopfen oder Biegen des Knochens. Eine Stressfraktur verursacht einen lokalisierbaren Schmerz direkt über der Fraktur, mit Schwellung und Druckschmerz ebenda. Davon zu unterscheiden sind die Stressreaktionen, die als Vorläufer der Stressfraktur zu betrachten sind und sich klinisch mit einer diffuseren Druckdolenz präsentieren. Sie sind gegebenenfalls mittels MRT oder SPECT-CT zu diagnostizieren. Periphere Nervenkompressionen betreffen Sensorik und/oder Motorik im Versorgungsgebiet des betroffenen Nervs, (meist) mit positivem Tinel-Zeichen. Eine dynamische Gefässkompression der Poplitealarterie verursacht belastungsabhängige Schmerzen sehr ähnlich einem CECS, wenngleich mit einer etwas höheren Prävalenz von Dysästhesie oder Anästhesie distal und sollte bei «Versagen» der CECS Therapie ausgeschlossen werden.

Frage 5: Was ist kein valides diagnostisches Instrument zur Abklärung einer möglichen Gefässkompression am Knie?

- a) Nativ-MRT
- b) Angiographie in Provokationsstellung (mit maximaler Plantar-/Dorsalflexion)
- c) Duplexsonographie
- d) «Ankle-brachial-index» (ABI)
- e) Palpation peripherer Pulse

Das Nativ-MRT kann anatomische Varianten als mögliche Ursachen einer Gefässkompression aufzeigen, aber den Blutfluss im Gefäss nicht direkt qualifizieren. Dies würde mit einer MRT-Angiographie in Provokationsstellung gut gelingen, aber diese muss als solche auch korrekt spezifiziert/angemeldet werden. Eine Angiographie in Provokationsstellung kann die Unterbrechung des

Blutflusses zeigen. Analog ist auch eine Duplexsonographie möglich. Eine Änderung des «ankle-brachial-index» (ABI) um 30% nach Provokation, ist ein valider Test für eine Kompression der Arteria poplitea. Gleiches gilt für Pulsverlust nach Provokation.

Es wird daher für diese Patientin nach Ausschluss eines CECS eine mögliche Gefässkompression in der Kniekehle untersucht. Dafür wird der ABI vor und nach Belastung für beide Seiten gemessen. Während sich auf der linken, asymptomatischen Seite lediglich eine Änderung von 4% (entsprechend der Spanne eines normalen Messfehlers) zeigt, so ist die Änderung im ABI auf der symptomatischen rechten Seite 38%, entsprechend einer Gefässkompression. Als Belastungstest muss die Patientin auf flachem Grund laufen bis die Schmerzen auftreten. Ein MRT des Knies zeigt eine Normvariante der Gastrocnemiusköpfe als Ursache der Kompression der Arteria poplitea (Abb. 1).

Die Patientin wird konservativ behandelt mit einem intensivem Dehnungsprogramm des Musculus (M.) gastrocnemius und M. plantaris sowie auch einer angepassten Belastung im Sport. Nach Erreichen eines schmerzfreien Zustandes wird die sportliche Belastung wieder gesteigert. Die Patientin wird über die Rezidivgefahr und die mögliche Notwendigkeit einer späteren Operation aufgeklärt.

Diskussion

Belastungsabhängige Unterschenkel­schmerzen sind eine häufige Beschwerde bei Sportlerinnen und Sport-

lern aller Leistungsstufen. Eine prospektive Studie an 63 Patienten zeigte in 49% der Fällen ein CECS als Auslöser, gefolgt von Periostitis (17%) und «shin splints» respektive einem Stressyndrom der Tibia (11%). Die restlichen 23% verteilten sich auf Nervenkompression, Bandscheibenläsionen mit Wurzelkompression und Tendinitiden. Die Inzidenz einer funktionellen Gefässkompression als Grund von belastungsabhängigen Unterschenkel­schmerzen wird mit 1% bis 3% angegeben.

Obwohl das CECS nahezu die Hälfte der Fälle belastungsabhängiger Unterschenkel­schmerzen ausmacht, ist es trotzdem unterdiagnostiziert und wird oft übersehen. Ein Grund dafür ist das Verschwinden der Beschwerden und Befunde in Ruhe. Für die korrekte Diagnose braucht es eine Kompartimentdruckmessung im Belastungstest. International anerkannt ist dabei der Algorithmus, den Ruhedruck und den Kompartimentdruck eine und fünf Minuten nach Anstrengung zu messen, dies für alle vier Kompartments des Unterschenkels. Wenn dabei Schwellenwerte von ≥ 15 mm Hg, ≥ 30 mm Hg und ≥ 20 mm Hg genutzt werden, zeigt sich eine Fehlerrate (falsch-positiv) von kleiner 5% [1]. Der Belastungstest muss nicht aufwendig gestaltet sein, es genügt, die Patientin oder den Patienten mit subjektiv hoher Intensität Treppen steigen oder über eine Fläche laufen zu lassen. Ein weiterer Grund für die relative Unterdiagnose des CECS ist die Verwechslung mit anderen Ursachen belastungsabhängiger Unterschenkel­schmerzen, wie etwa der vaskulären Claudikation oder einer Neuropathie.

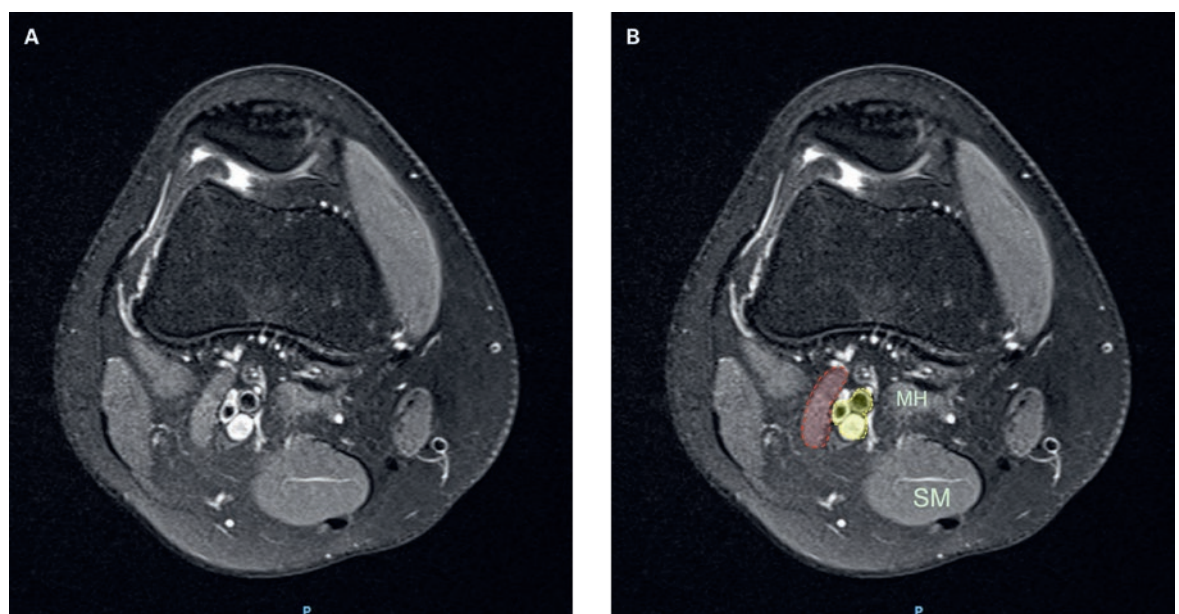


Abbildung 1: Magnetresonanztomogramm (MRT) der Patientin, in **A** ohne und in **B** mit Beschriftung. In den axialen Schnitten kann man sehr gut den medial liegenden lateralen Gastrocnemiuskopf sehen (rot schraffiert in **B**). Zwischen diesem und dem Semimembranosus (SM in **B**) und medialen Kopf (MH in **B**) wird das Gefässnervenbündel (gelb schraffiert in **B**) komprimiert.

Die Behandlung des CECS ist primär konservativ, aber ein bedeutsamer Anteil der Patienten bedarf eines chirurgischen Eingriffs, zum Beispiel einer endoskopisch unterstützten minimal-invasiven Fasciotomie [2]. Für den vorliegenden Fall ist die Tatsache, dass nur ein Kompartiment dekomprimiert wurde, ebenfalls von Bedeutung. Kürzlich veröffentlichte Studien haben gezeigt, dass bei selektiver Dekompression anstelle einer Fasciotomie aller Kompartments die Chance eines Rezidivs oder residueller Beschwerden viermal höher ist – auch wenn nur in einem Kompartiment ein kritischer Druck gemessen wurde [3]. Somit ist das CECS in diesem Fall immer noch eine Differentialdiagnose, trotz vorheriger Fasciotomie.

Bei der Entscheidung für oder gegen eine Fasciotomie im Fall des Versagens der konservativen Therapie ist es wichtig, die Differentialdiagnosen sicher abzugrenzen (Tab. 2). Für Diagnosen wie Stressfrakturen oder tibiale Stresssyndrome kann dies mit hoher Verlässlichkeit durch Untersuchungsbefunde und die Anamnese erfolgen. Bei Nervenkompressionen spiegelt die Verteilung der Beschwerden die Versorgung des Nervs wieder und neurophysiologische Testungen sind hilfreich (cave: mögliche falsch-negative Ergebnisse der Nadel-Elektromyografie [EMG], da der Nervus saphenus rein sensorisch ist).

Die Unterscheidung zwischen CECS und einer Gefäßkompression in der Kniekehle kann sich schwierig gestalten. Anamnestisch sind sich beide recht ähnlich mit Krämpfen, Schmerzen und Völlegefühl kurz nach Beginn einer sportlichen Aktivität oder Anstrengung der Unterschenkelmuskulatur. Neurologische Beschwerden sind variabel und beiden Diagnosen zu eigen, aber Parästhesien der Fußsohle sind bei der Gefäßkompression zehnmal häufiger (40% Prävalenz) als beim CECS (4% Prävalenz).

Weitere wichtige Befunde der Gefäßkompression, auch «popliteal artery entrapment syndrome» (PAES) genannt, sind ein Pulsverlust bei Kniestreckung und Dorsi- oder Plantarflexion im Sprunggelenk und auch eine Reduktion des ABI um mindestens 30% bei gleichem Provokationsmanöver [4]. Die Bedeutung des Gefäßstatus für die Differentialdiagnose kann jedoch im Konflikt mit der Tendenz von Patienten stehen, eher in der orthopädischen Sprechstunde als beim Angiologen/Gefäßchirurgen vorstellig zu werden.

Bildgebende Techniken können strukturelle Probleme aufzeigen, wie eine durch anatomische Normvarianten bedingte Kompression der Arteria poplitea unter maximaler/forcierter Plantarflexion. Dies ist bei einer anderen Patientin in Abbildung 2 dargestellt. Eine solche Bildgebung ist für die Planung einer Operation sehr hilfreich. Das CECS selber ist schwierig bildgebend nachzuweisen. Anerkannte MRT-Protokolle basieren auf T2-gewichteten Sequenzen zum Nachweis eines ischämieinduzierten Muskelödems nach Belastung [5], wobei aktuelle Studien ein Potential von diffusionsgewichteter Bildgebung aufzeigen. Auf den T2-gewichteten Sequenzen kommt es dabei nach Belastung zu einer Zunahme der Signalintensität im symptomatischen Kompartiment. Die diagnostische Genauigkeit der T2-gewichteten MRT variiert in den wenigen Publikationen von moderat bis sehr gut und kann als Alternative zur invasiven Druckmessung insbesondere bei Patienten mit Kontraindikationen angewandt werden. Zum Ausschluss eines anatomischen und funktionellen «popliteal artery entrapment syndrome» ist zudem eine 4D-kontrastmittelgestützte MR-Angiographie mit der Möglichkeit von multiplanaren Rekonstruktionen der arteriellen und venösen Phase zu empfehlen, die in ein ungefähr 45-minütiges CECS Protokoll integriert werden kann.

Wie das CECS, kann auch das PAES primär konservativ behandelt werden, wenngleich eine chirurgische Therapie dennoch nötig werden kann. In den meisten Fällen (67%) reicht hier eine einfache Gefäßdekompression aus. Bei lang bestehenden Kompressionen mit resultierenden sekundären Schäden kann aber

Tabelle 2: Differentialdiagnosen des belastungsabhängigen Unterschenkelschmerzes.

Differentialdiagnose	Befund	Bestätigung mit
«Chronic exertional compartment syndrome» (CECS)	Belastungsabhängiger Schmerz, kein Befund in der Ruhe. Dysästhesie/Anästhesie eher selten (4%)	Belastungstest mit Druckmessung (>15/>30/>20 mm Hg, vor/1/5 min nach Belastung)
Stressfraktur	Lokalisierter Schmerz der Tibia, verstärkt durch Klopfen oder Biegen	Röntgen/Szintigramm/MRT
Tibiales Stresssyndrom	Diffuser Schmerz der Tibia, verstärkt mit OSG-Bewegung gegen Widerstand	Szintigramm/MRT
Nervenkompression	Dysästhesie/Anästhesie im Versorgungsgebiet, Tinel Zeichen positiv	NLG/EMG (cave: falsch negatives EMG beim sensorischen N. Saphenus)
Bandscheiben/Wurzelkompression	Dysästhesie/Anästhesie, Kraftverlust, Rückenschmerz, Provokationstests positiv (SLR, Lasegue)	MRT
Tendinitis	Schmerzen entlang der Sehne, verstärkt nach Belastung	MRT
Gefäßkompression	Schmerz, eventuell Kühle, Dysästhesie/Anästhesie häufiger als CECS (40%)	MRT mit KM-Studie, Angiographie, ABI (>30% Reduktion mit Belastung)

Weitere Differentialdiagnosen (vaskuläre Claudicatio/Neuropathie und Ähnliches) in Verbindung mit Grunderkrankungen bedenken!

OSG: Oberes Sprunggelenk, NLG: Nervenleitgeschwindigkeit, EMG: Elektromyographie, SLR: «straight leg raise», KM: Kontrastmittel

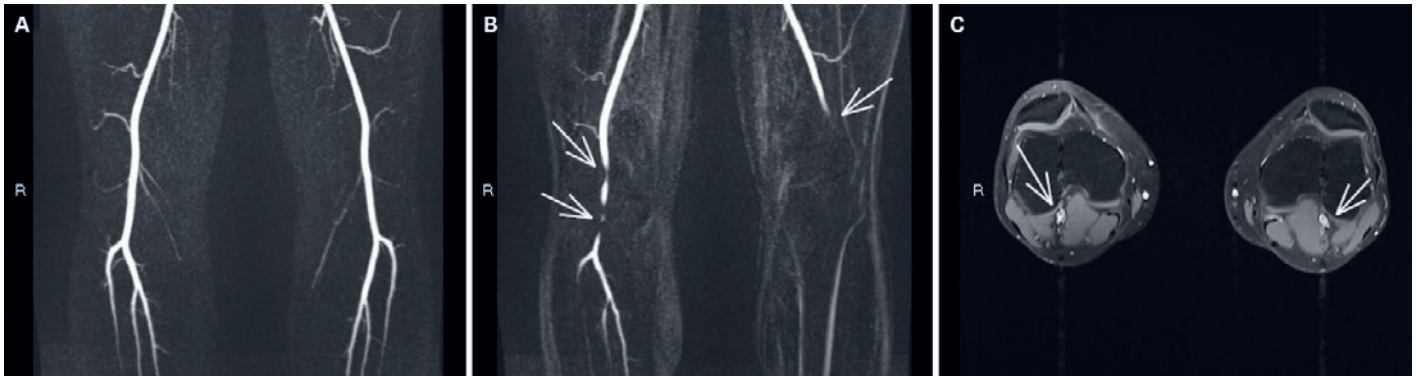


Abbildung 2: Funktionelles popliteales Gefäßkompressionssyndrom («entrapment syndrome») bei einer 28-jährigen Patientin mit belastungsabhängigen Unterschenkelschmerzen. Die 4D-MR-Angiographie zeigt (A) eine normale Perfusion der A. poplitea in Ruhe, (B) eine zweifache Stenosierung der A. poplitea rechts (Pfeile) und einen kompletten Abbruch der A. poplitea links (Pfeil) in Provokationsstellung mit maximaler Plantarflexion, sowie (C) eine Hypertrophie des medialen M. gastrocnemius mit entsprechender poplietaler Enge und Bedrängung der Gefässe (Pfeil) bereits in Ruhe.

auch eine Thromboendarterektomie oder eine Gefäßbypass notwendig werden.

Abschliessend soll betont werden, dass es zurzeit keinen international anerkannten randomisiert kontrollierten und validierten Untersuchungspfad für CECS, PAES und andere Ursachen des belastungsabhängigen Unterschenkelschmerzes gibt. Deswegen ist es wichtig, bei Untersuchung und Behandlung von Patienten mit solchen Beschwerden eine breite Differentialdiagnostik zu betreiben und sich vor Augen zu halten, dass viele Wege nach Rom führen.

Disclosure statement

Die Autoren haben keine finanziellen oder persönlichen Verbindungen im Zusammenhang mit diesem Beitrag deklariert.

Literatur

- 1 Paik RS, Pepples D, Hutchinson MR. Chronic exertional compartment syndrome. *BMJ*. 2013;346:f33.
- 2 Micheli LJ, Solomon R, Solomon J, Plasschaert VF, Mitchell R. Surgical treatment for chronic lower-leg compartment syndrome in young female athletes. *Am J Sports Med*. 1999;27:197–201.
- 3 Beck JJ, Tepolt FA, Miller PE, Micheli LJ, Kocher MS. Surgical Treatment of Chronic Exertional Compartment Syndrome in Pediatric Patients. *Am J Sports Med*. 2016;44(10):2644–50.
- 4 Gaunder C, McKinney B, Rivera J. Popliteal Artery Entrapment or Chronic Exertional Compartment Syndrome? *Case Rep Med*. 2017;6981047.
- 5 Ringler MD, Litwiller DV, Felmlee JP, et al. MRI accurately detects chronic exertional compartment syndrome: a validation study. *Skeletal Radiol*. 2013;42(3):385–92.
- 6 Harden RN, Bruehl S, Perez RS, et al. Validation of proposed diagnostic criteria (the «Budapest criteria») for complex regional pain syndrome. *Pain*. 2010;150:268–74.

Korrespondenz:
PD Dr. med. P. Vavken
alphaclinic Zürich
Kraftstrasse 29
CH-8044 Zürich
vavken[at]alphaclinic.ch

Antworten

Frage 1: d. Frage 2: c. Frage 3: c. Frage 4: e. Frage 5: a.