

Kontrastmittelsonografie (CEUS) in der bildgebenden Diagnostik von Muskelverletzungen – Perfusionssdarstellung in der früharteriellen Phase

Contrast-enhanced Ultrasound in Diagnostic Imaging of Muscle Injuries: Perfusion Imaging in the Early Arterial Phase

Autoren

T. Hotfiel¹, H. D. Carl¹, B. Swoboda¹, M. Engelhardt², M. Heinrich³, D. Strobel⁴, D. Wildner⁴

Institute

¹ Abteilung für Orthopädische Rheumatologie, Orthopädische Universitätsklinik Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

² Klinikum Osnabrück, Klinik für Orthopädie, Unfall- und Handchirurgie, Osnabrück

³ Institut für Radiologie, Universitätsklinikum Erlangen

⁴ Medizinische Klinik 1, Ultraschallabteilung, Universitätsklinikum Erlangen

Schlüsselwörter

- ◉ Kontrastmittelsonografie
- ◉ CEUS
- ◉ Ultraschall
- ◉ Muskulatur

Key words

- ◉ contrast-enhanced ultrasound
- ◉ CEUS
- ◉ ultrasound
- ◉ muscles

Zusammenfassung



Hintergrund: Die Sonografie stellt in der Diagnostik von Muskelverletzungen ein häufig eingesetztes und beschriebenes Standardverfahren dar. Der Vorteil liegt in der schnellen Verfügbarkeit, Kosteneffektivität sowie der Möglichkeit der dynamischen Untersuchung in Echtzeit mit höchster Ortsauflösung. In der Diagnostik von Minorläsionen (Muskelverhärtungen, Muskelzerrungen) ist die Sensitivität der nativen Sonografie bislang der MRT unterlegen. Der geschilderte Fall beschreibt exemplarisch die Möglichkeiten der Kontrastmittelsonografie (CEUS) bei der bildgebenden Darstellung einer Muskelverletzung, im Vergleich zur nativen B-Bild-Sonografie und der Darstellung der betroffenen Region mittels MRT.

Material und Methoden: Der vorliegende Fallbericht handelt von einem Leistungsfußballer, der von einer Muskelverletzung betroffen war. Es erfolgte eine sonografische Untersuchung (S 2000, 9L4 Probe, Siemens, Deutschland) auf Läsionshöhe, die simultan im konventionellen- als im Kontrastmittelmodus durchgeführt wurde. Über einen Kubitalvenenzugang erfolgte eine intravenöse Bolusinjektion von 4,8 ml intravasalem Kontrastmittel (SonoVue®, Bracco, Italy). Anschließend wurde die Kontrastmittelverteilung in der früharteriellen Phase dargestellt. Zur Erhebung eines bildgebenden Referenzbefundes wurde zusätzlich eine kernspintomografische Untersuchung beider Oberschenkel nativ durchgeführt.

Ergebnisse: Im konventionellen Ultraschall konnte eine Läsion im Vergleich zum Nachbargewebe nicht sicher abgegrenzt werden. Im Kontrastmittelverfahren zeigte sich dagegen in der arteriellen Anflutungsphase (0–30 s nach intravenöser Gabe) eine gut abzugrenzende, umschriebene Perfusionsstörung mit Hypoenhancement im Vergleich zur umliegenden Muskulatur auf klinischer Läsionshöhe.

Abstract



Background: Ultrasound is a standard procedure widely used in the diagnostic investigation of muscle injuries and widely described in the literature. Its advantages include rapid availability, cost effectiveness and the possibility to perform a real-time dynamic examination with the highest possible spatial resolution. In the diagnostic work-up of minor lesions (muscle stiffness, muscle strain), plain ultrasound has so far been inferior to MRI. The case presented by us is an example of the possibilities offered by contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in the imaging of muscle injuries compared with plain B-mode image ultrasound and MRI imaging of the affected region.

Material/Methods: This case report is about a high-performance football player who sustained a muscle injury. He underwent an ultrasound examination (S 2000, 9L4 Probe, Siemens, Germany), which was performed simultaneously in the conventional and contrast-enhanced mode at the level of the lesion. An intravenous bolus injection of 4.8 ml of intravascular contrast agent (SonoVue®, Bracco, Italy) was given via a cubital intravenous line. After that, the distribution of contrast agent was visualised in the early arterial phase. In addition, a plain magnetic resonance imaging scan of both thighs was performed for reference.

Results: On conventional ultrasound, the lesion was not clearly distinguishable from neighbouring tissue, whereas contrast-enhanced ultrasound demonstrated a well delineated, circumscribed area of impaired perfusion with hypoenhancement compared with the surrounding muscles at the clinical level of the lesion in the arterial wash-in phase (0–30 sec, after intravenous administration). The MRI scan revealed an edema signal with perifascial fluid accumulation in the corresponding site.

Bibliografie

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0041-106954>
 Online-Publikation: 10.11.2015
 Sportverl Sportschad 2016; 30: 54–57 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York · ISSN 0932-0555

Korrespondenzadresse

Dr. med. Thilo Hotfiel
 Abteilung für Orthopädische Rheumatologie, Orthopädische Universitätsklinik Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
 Rathsberger Str. 57
 D-91054 Erlangen
thilo.hotfiel@gmx.de

sionshöhe. Das MRT zeigte an korrespondierender Stelle ein Ödemsignal mit perifacialis Flüssigkeitsanlagerung.

Schlussfolgerung: Mithilfe der Anwendung von intravasalem Kontrastmittel konnte erstmalig eine Minorverletzung sensitiv erfasst werden. Das im MRT vorliegende intramuskuläre Ödem zeigt in der Sonografie eine funktionelle arterielle Perfusionsstörung, die sich in der Frühphase sensitiv erfassen lässt. Weitere Untersuchungen verschiedener Schweregrade von Muskelverletzungen sind nötig, um das Verfahren in der Anwendung zu validieren und den Untersuchungsablauf zu standardisieren.

Einleitung

Verletzungen der Muskulatur gehören zu den häufigsten Sportverletzungen. So nehmen sie im Fußball in Anbetracht der Häufigkeitsverteilung mit 30% aller Verletzungen den größten Stellenwert ein [1]. Aber auch in leichtathletischen Disziplinen oder in Spilsportarten gehören sie zu den häufigsten Verletzungen [2]. Eine exakte Diagnosestellung ist notwendig, um eine stadiengerechte Therapie einzuleiten und damit eine schnelle Regenerationszeit und demzufolge die zeitnahe Reintegration in den Sport zu gewährleisten. In der klinischen Diagnostik nehmen neben der sorgfältigen Anamneseerhebung und klinischen Untersuchung bildgebende Verfahren einen wichtigen Stellenwert ein. Hierbei stellen die Magnetresonanztomografie und die Sonografie die wichtigsten diagnostische Verfahren dar. Die Magnetresonanztomografie gilt als äußerst sensitives Verfahren, mit dem die strukturelle Läsion an sich, als auch begleitende Ödeme oder Hämatoome dargestellt werden können [3–5]. Die Sonografie stellt ein weit verbreitetes diagnostisches Mittel dar, deren Vorteile in der breiten Verfügbarkeit, Kosteneffektivität sowie der dynamischen Untersuchung in Echtzeit liegen [6]. Bei der sonografischen Untersuchung können je nach Erfahrung des Untersuchers und Ausmaß der Verletzung Kontinuitätsunterbrechungen oder begleitende Hämatoome dargestellt werden [7, 8]. Des Weiteren kann die Sonografie unterstützend bei der Punktion von intramuskulären Hämatomen oder therapeutischen Infiltrationen eingesetzt werden [9, 10]. Bei der Kontrastmittelsonografie (Contrast Enhanced Ultrasound, CEUS) wird das Verfahren der konventionellen B-Bild-Sonografie durch den Einsatz von intravenösem Ultraschallkontrastmittel ergänzt. Im Bereich der Inneren Medizin stellt die Kontrastmittelsonografie ein standardisiertes und validiertes Verfahren dar [11–13]. In der Differenzialdiagnostik von Raumforderungen der abdominalen Organe oder entzündlichen Veränderungen stellt das Verfahren ein wertvolles diagnostisches Mittel dar und wurde in zahlreichen wissenschaftlichen Arbeiten untersucht und validiert [14–17]. In der Diagnostik von Verletzungen des Bewegungsapparates finden sich in der Literatur nur wenige Studien, die die Anwendung der Kontrastmittelsonografie beschreiben. Auf dem Gebiet der Skelettmuskulatur konnte im Tiermodell nach Eröffnen einer zwei- bzw. vierstündigen Kompression eine signifikante Perfusionssteigerung der betroffenen Muskulatur gezeigt werden [18]. Serafin-Krol et al. hat die Größe von Muskelläsionen bei direkten und indirekten Muskeltraumen, in der B-Bild- und Kontrastmittelsonografie vermessen und gegenübergestellt. Jedoch wurden in dieser Studie weder eine klinische Stadieneinteilung der Muskelverletzung noch kernspintomografische Referenzaufnahmen durchgeführt [19]. Eine italienische Arbeitsgruppe verwendete die CEUS um den Heilungsverlauf nach 20 und 40 Tagen nach ereigneter Muskelverletzung zu vergleichen [20]. Die Anwendung der CEUS in der Diagnostik von Minorläsionen ist bisher noch

Conclusion: The use of intravascular contrast agent enabled the sensitive detection of a minor injury by ultrasound for the first time. An intramuscular edema seen in the MRI scan showed a functional arterial perfusion impairment on ultrasound, which was sensitively detected in the early phase. Further examinations must be performed on muscle injuries of various degrees of severity in order to validate the application of this procedure and to standardise the examination process.

nicht beschrieben worden. In der vorliegenden Arbeit möchten wir den Informationsgewinn der Kontrastmittelsonografie (CEUS) bei der Diagnostik von Muskelverletzungen darstellen, im Vergleich zur nativen Sonografie und der Darstellung der betroffenen Region im MRT.

Material und Methoden

Im vorliegenden Fallbericht berichten wir von einem Leistungsfußballer, bei dem erstmalig die Kontrastmittelsonografie in der Diagnostik einer Muskelverletzung angewandt worden ist. Der Spieler erfuhr während eines laufenden Punktspieles eine zunehmende Schmerzsymptomatik im Bereich der ischiokruralen Muskulatur, die schließlich zu einem schmerzbedingtem Belastungsabbruch führte. Anamnestisch wurde aufgrund der schleichend zunehmenden Schmerzen der Verdacht auf eine Muskelzerrung (Minorläsion) gelegt. In der initial durchgeführten, klinischen Untersuchung wurde palpatorisch das Schmerzzentrum im Bereich des M. semitendinosus lokalisiert. Zunächst wurde eine konventionelle sonografische Untersuchung (Siemens S 2000, 9L4 Probe, Siemens, Deutschland) auf klinisch vermuteter Läsionshöhe durchgeführt. Anschließend erfolgte die Untersuchung im CEUS-Präset, die simultan im konventionellen- als im Kontrastmittelmodus durchgeführt wurde. Über einen Kubitalvenenzugang erfolgte eine intravenöse Bolusinjektion von 4,8 ml intravasalem Kontrastmittel (SonoVue®, Bracco, Italy). Anschließend wurde die Kontrastmittelverteilung in der früharteriellen Phase, mittleren Phase (>40 s) und Spätphase (3 min nach i.v. Gabe) dargestellt. Zur Erhebung eines bildgebenden Referenzbefundes wurde unmittelbar eine kernspintomografische Untersuchung beider Oberschenkel nativ durchgeführt.

Ergebnisse

Im der nativen B-Bild-Sonografie zeigte sich kein Hinweis auf eine muskuläre Verletzung. Dabei konnte im dorsalen Transversal- als auch Longitudinalschnitt weder ein umschriebenes Hämatom noch eine Diskontinuität der strukturellen Fasern dargestellt werden. Im simultan durchgeführten CEUS zeigte sich dagegen in der arteriellen Anflutungsphase, die einen Zeitraum von 0–30 s nach intravenöser Gabe umfasste, eine gut abzugrenzende, 2×3 cm große umschriebene Kontrastmittelaussparung mit deutlichen Hypoenhancement im Vergleich zur umliegenden Muskulatur (Abb. 1). Die Lokalisation der Kontrastmittelaussparung entsprach dem zuvor, klinisch diagnostizierten Läsionsort. In der mittleren und späten Aufzeichnungsphase kam es zu einer homogenen Verteilung des Kontrastmittels, sodass eine fokale Läsion nicht mehr abzugrenzen war. Der kernspintomografi-



Abb. 1 Vergleichende simultane Sonografie in der Früharteriellen Phase: Dorsaler Transversalschnitt. Linke Bildhälfte: Kontrastmittelmodus mit Hypoenhancement (Pfeil). Rechte Bildhälfte: B-Bild-Sonografie.

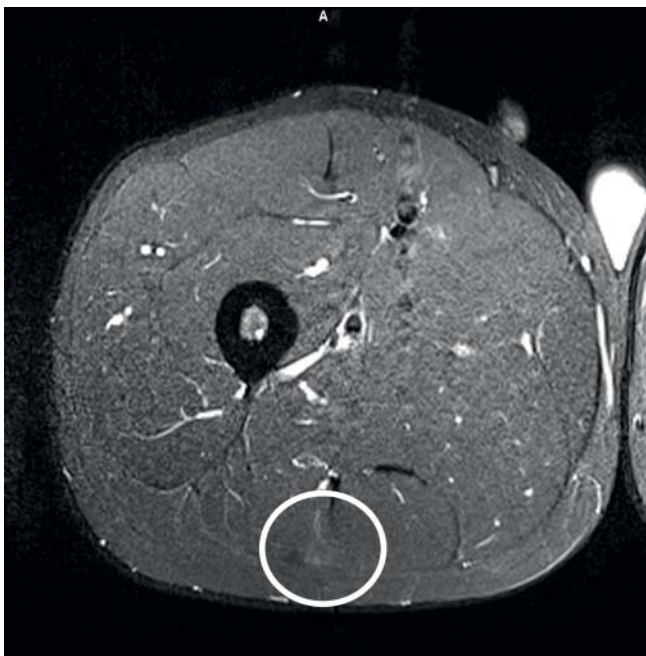


Abb. 2 Axiale, kernspintomografische Darstellung in T2-Wichtung: Ödemsignal an der Oberfläche des M. semitendinosus.

sche Referenzbefund zeigte an korrespondierender Stelle ein Ödemsignal mit perifascialer Flüssigkeitsanlagerung was im Hintergrund der Graduierung der Verletzung einer Minorläsion entspricht (► **Abb. 2**).

Diskussion

Anhand des klinischen, sowie kernspintomografischen Befundes ließ sich die Diagnose einer Minorläsion (MRT-Klassifikation Grad I nach Ekstrand, Typ II, „Muskelzerrung“ nach Müller-Wohlfahrt et al. stellen [21, 22]. Im Rahmen der sonografischen Diagnostik von Minorläsionen (Muskelverhärtungen, Muskelzerrungen), bei denen keine begleitende Hämatome oder genügend große strukturelle Läsionen zu detektieren sind, besteht bei der Sonografie bislang ein diagnostisches Fenster und ist damit der MRT-Diagnostik unterlegen [22]. Mithilfe der Anwendung von intravasalem Kontrastmittel konnte eine solche Minorverletzung als Hypoen-

hancement sensitiv erfasst werden. Da es sich bei dem von uns verwendeten Kontrastmittel um ein reines intravasales Kontrastmittel handelt und dieses somit nicht in das interstitielle Muskelgewebe diffundiert ist die Kontrastmittelaussparung als arterielle Perfusionsstörung zu werten. Das im MRT vorliegende intramuskuläre Ödem zeigt an korrespondierender Stelle in der Sonografie eine funktionelle arterielle Perfusionsstörung, die sich in der Frühphase sensitiv erfassen lässt. Die Muskelverletzung scheint dabei mit einer konsekutiven Perfusionsstörung aufgrund des sich entwickelnden interstitiellen Ödems und der damit verbundenen Störung der Zellintegrität einherzugehen. Abzuklären ist, inwieweit die Größe eines intramuskulären Ödems mit dem räumlichen Ausmaß und Dauer der Kontrastmittelaussparung korreliert. Weiterhin müssten durch vergleichende kernspintomografische Untersuchungen die Spezifität einer früharteriellen Perfusionsstörung abgeklärt werden. Unter validierten Voraussetzungen würde die diagnostische Lücke in der Detektion von Minorläsionen unter Anwendung von intravasalem Kontrastmittel beseitigt werden. Die Sonografie könnte dadurch helfen die Diagnostik nahezu aller Schweregrade von Muskelverletzungen darzustellen. Hierzu sind weitere Untersuchungen verschiedener Schweregrade von Muskelverletzungen nötig um das Verfahren in der Anwendung zu validieren und den Untersuchungsablauf zu standardisieren.

Interessenkonflikt: Nein

Literatur

- 1 Ekstrand J, Hagglund M, Walden M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med* 2011; 39: 1226–1232
- 2 Alonso J-M, Edouard P, Fischetto G et al. Determination of future prevention strategies in elite track and field: analysis of Daegu 2011 IAAF Championships injuries and illnesses surveillance. *Br J Sports Med* 2012; 46: 505–514
- 3 Allen GM, Wilson DJ. Ultrasound in sports medicine: a critical evaluation. *Eur J Radiol* 2007; 62: 79–85
- 4 Stoller D. MRI in orthopaedics and sports medicine. Philadelphia: Kluwer/Lippincot; 2007
- 5 Slavotinek JP. Muscle injury: the role of imaging in prognostic assignment and monitoring of muscle repair. *Semin Musculoskelet Radiol* 2010; 194–200
- 6 Gille J, Bark S, Riepenhof H et al. Infiltrationsbehandlung bei akuten Muskelverletzungen: Sinn oder Unsinn? *Dtsch Z Sportmed* 2013; 64: 98–102
- 7 Peetrons P. Ultrasound of muscles. *Eur Radiol* 2002; 12: 35–43. DOI: 10.1007/s00330-001-1164-6
- 8 Courthaliac C, Lhoste-Trouilloud A, Peetrons P. Sonography of muscles. *J Radiol* 2005; 86 (12): 1859–1867
- 9 Dave RB, Stevens KJ, Shivaram GM et al. Ultrasound-guided musculoskeletal interventions in American football: 18 years of experience. *Am J Roentgenol* 2014; 203 (6): W674–W683. DOI: 10.2214/AmJRoentgenol.14.12678
- 10 Gaulrapp H. Das „tennis leg“: Sonographische Differentialdiagnostik und Verlaufskontrolle. *Sportverletzung Sportschaden* 1999; 13 (2): 53–58
- 11 Chung YE, Kim KW. Contrast-enhanced ultrasonography: advance and current status in abdominal imaging. *Ultrasonography* 2015; 34 (1): 3–18. DOI: 10.14366/usg.14034 Epub 2014 Sep 12
- 12 Sporea I, Şirli R. Is Contrast Enhanced Ultrasound (CEUS) ready for use in daily practice for evaluation of focal liver lesions? *Med Ultrason* 2014; 16 (1): 37–40
- 13 Fröhlich E, Müller R, Cui XW et al. Dynamic Contrast-Enhanced Ultrasound for Quantification of Tissue Perfusion. *J Ultrasound Med* 2015; 34 (2): 179–196
- 14 Gulati M, King KG, Gill IS et al. Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) of cystic and solid renal lesions: a review. *Abdom Imaging* 2015; 15 [Epub ahead of print]
- 15 Cantisani V, Grazhdani H, Fioravanti C et al. Liver metastases: Contrast-enhanced ultrasound compared with computed tomography and mag-

- netic resonance. *World J Gastroenterol* 2014; 20 (29): 9998–10007. DOI: 10.3748/wjg.v20.i29.9998
- 16 *Minami Y, Kudo M.* Ultrasound fusion imaging of hepatocellular carcinoma: a review of current evidence. *Dig Dis* 2014; 32 (6): 690–695. DOI: 10.1159/000368001 Epub 2014 Oct 29
- 17 *Granata A, Zanoli L, Insalaco M et al.* Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in nephrology: Has the time come for its widespread use? *Clin Exp Nephrol* 2014: [Epub ahead of print]
- 18 *Lv F, Tang J, Luo Y et al.* Contrast-enhanced ultrasound assessment of muscle blood perfusion of extremities that underwent crush injury: an animal experiment. *J Trauma Acute Care Surg* 2013; 74 (1): 214–219
- 19 *Serafin-Król M, Król R, Jedrzejczyk M et al.* Potential value of contrast-enhanced gray-scale ultrasonography in diagnosis of acute muscle injury – preliminary results. *Ortop Traumatol Rehabil* 2008; 10 (2): 131–136
- 20 *Genovese EA, Callegari L, Combi F et al.* Contrast enhanced ultrasound with second generation contrast agent for the follow-up of lower-extremity muscle-strain-repairing processes in professional athletes. *Radiol Med* 2007; 112 (5): 740–750 Epub 2007 Jul 26
- 21 *Ekstrand J, Healy JC, Walden M et al.* Hamstring muscle injuries in professional football: the correlation of MRI findings with return to play. *Br J Sports Med* 2012; 46 (2): 112–117. DOI: 10.1136/bjssports-2011-090155
- 22 *Müller-Wohlfahrt HW, Ueblacker P, Hänsel L.* Muskelverletzungen im Sport. Stuttgart: Thieme; 2010