

## MINIREVIEW

# Intravenöse Behandlung der Calcinosis cutis mit Natriumthiosulfat – eine Fallserie

## Intravenous treatment of calcinosis cutis with sodium thiosulfate - a case series

Tom Bruns | Cord Sunderkötter  | Johannes Wohlrab 

Universitätsklinik und Poliklinik für Dermatologie und Venerologie, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

### Korrespondenzanschrift

Dr. med. Tom Bruns, Universitätsklinik für Dermatologie und Venerologie, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Ernst-Grube-Straße 40, 06120 Halle (Saale).  
Email: [tom.bruns@medizin.uni-halle.de](mailto:tom.bruns@medizin.uni-halle.de)

### Zusammenfassung

Als Calcinosis cutis definiert man die Ablagerung von Kalziumsalzen in der Haut. Die dystrophische Variante ist die häufigste Form und tritt meist bei chronischen Entzündungen im Zusammenhang mit Kollagenosen auf. Als Therapieoptionen stehen die operative Exzision sowie wenige medikamentöse Behandlungen zur Verfügung. Insgesamt ist die Evidenz der bekannten Therapiemaßnahmen sehr niedrig und folgend fehlen valide Handlungsempfehlungen.

Natriumthiosulfat wird intravenös bereits mit Erfolg bei der Therapie der Calciphylaxie eingesetzt. In unserer Fallserie erhielten fünf Patienten mit dystropher Calcinosis cutis Natriumthiosulfat intravenös über mindestens sechs Zyklen jeweils an fünf aufeinanderfolgenden Tagen pro Monat, mit Einzeldosen von 12,5 g beziehungsweise 25,0 g. Eine Abnahme der kalzifizierten Herde konnte dabei nicht sicher belegt, aber stabile Krankheitsverhältnisse erzielt werden.

Möglicherweise kann Natriumthiosulfat intravenös einem Progress der Calcinosis cutis entgegenwirken. Die in der Literatur beschriebene, erfolgreiche Anwendung epikutan applizierten Natriumthiosulfats legt nahe, dass hier möglicherweise eine höhere kutane Bioverfügbarkeit erzielt wird, um einen lytischen Effekt auf die Calcinosis cutis zu erzielen. Dafür spricht auch die beschriebene Wirksamkeit von hochdosiertem Natriumthiosulfat bei der Calciphylaxie.

### SCHLÜSSELWÖRTER

Calcinosis, Calciphylaxie, Natriumthiosulfat

### Summary

Calcinosis cutis is defined as the deposition of calcium salts in the skin. The dystrophic form is the most common and usually occurs in chronic inflammatory processes associated with collagenoses. Therapeutic options include surgical excision as well as a few pharmacological treatments. Overall, the evidence for the known therapeutic interventions is very limited and there is a lack of valid recommendations. Intravenous sodium thiosulfate has been used successfully in the

This is an open access article under the terms of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) License, which permits use and distribution in any medium, provided the original work is properly cited, the use is non-commercial and no modifications or adaptations are made.

© 2024 The Author(s). *Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft* published by Wiley-VCH GmbH on behalf of Deutsche Dermatologische Gesellschaft.

treatment of calciphylaxis. In our case series, five patients with dystrophic calcinosis cutis received intravenous sodium thiosulfate for at least six cycles on five consecutive days per month, with single doses of 12.5 g and 25.0 g, respectively. A reduction in the calcified foci could not be proven with certainty, but stable disease conditions were achieved. Intravenous sodium thiosulfate may counteract the progression of calcinosis cutis. The successful use of epicutaneously applied sodium thiosulfate, as described in the literature, suggests that a higher cutaneous bioavailability can be achieved to exert a lytic effect on calcinosis cutis. This is further supported by the reported efficacy of high-dose sodium thiosulfate in the treatment of calciphylaxis.

#### KEYWORDS

calcinosis, calciphylaxis, Sodium thiosulfate

## EINLEITUNG

Als Calcinosis cutis (CC) definiert man die Ablagerung von Kalziumsalzen im Korium oder/und der Subkutis, unabhängig von der konkreten Lokalisation. Dabei lassen sich verschiedene klinische Typen voneinander abgrenzen: die dystrophische, die idiopathische (im Sinne einer solitären lokalisierten kongenitalen Kalzinose), die iatrogene und die hereditäre CC sowie die nichturämische und urämische Calciphylaxie.<sup>1</sup> Die dystrophische CC stellt dabei die häufigste Form dar und wird vielfach im Zusammenhang mit chronisch-entzündlichen Gewebeprozessen, wie sie bei Kollagenosen beobachtet werden, am häufigsten bei systemischer Sklerose (SSc) oder Dermatomyositis, seltener bei der *Mixed Connective Tissue Disease* oder systemischem Lupus erythematodes beschrieben.<sup>2</sup> Als Ursache für die Kristallisation der Kalziumsalze werden massive lokale Zell- und Gewebeschädigungen angesehen, die zu einem Kalziumniederschlag im Interstitium führen und einen Anionenüberschuss bedingen. Die wasserunlöslichen beziehungsweise schwerlöslichen Kalziumsalze kristallisieren in Abhängigkeit von pH-Wert, Temperatur und Mineralkonzentration im Gewebe aus und bilden meist sehr stabile Kristallformen aus basischem Hydroxylapatit, seltener Kalziumphosphat.

Therapeutisch kann bei umschriebenen Kalzifikationen eine chirurgische Entfernung durchgeführt werden. Hierbei sind jedoch verschiedene Risikofaktoren wie das Ausmaß des Eingriffs, die Wahl des Wundverschlusses sowie das Rezidivrisiko zu berücksichtigen. Daraus lässt sich ableiten, dass eine effektive Pharmakotherapie von großem Vorteil wäre.

Einzelfallberichte existieren für die Anwendung von Diltiazem (Ansprechrate circa 50%), Bisphosphonaten (Ansprechrate < 50%), Warfarin (nur bei urämischer Calciphylaxie), Ceftriaxon und Minocyclin (Ansprechrate < 5%) sowie Probenecid (gutes Ansprechen bei juveniler Dermatomyositis).<sup>1,2</sup>

Natriumthiosulfat (NTS) ist eine gut wasserlösliche, wenig toxische Substanz, deren hohe chemische Reak-

tionsfähigkeit mit vielen Stoffen zur Inaktivierung von Toxinen oder Arzneistoffen Verwendung findet. Diese Eigenschaften qualifizierten Natriumthiosulfat frühzeitig für den Einsatz bei CC. Die parenterale Gabe von Natriumthiosulfat wird als wirksam bei der urämischen Calciphylaxie im Rahmen der terminalen Niereninsuffizienz beschrieben. Die Applikation erfolgt drei- bis viermal wöchentlich im Anschluss an die Hämodialyse intravenös (beziehungsweise intraperitoneal bei Peritonealdialyse) über mehrere Monate. Es wird angenommen, dass der Wirkmechanismus dabei auf einer Lyse von Kalziumablagerungen durch Bildung löslicher Komplexverbindungen beruht. Zusätzlich könnten vasodilatatorische und antioxidative Effekt die therapeutische Wirksamkeit unterstützen.<sup>3</sup> Als mögliche Nebenwirkungen sollten insbesondere in der Initialphase der Therapie Schwindel, Erbrechen, Kopfschmerzen und Rhinorrhoe sowie eine metabolische Azidose beachtet werden.<sup>3-6</sup> Neben der systemischen Gabe wurde auch über die erfolgreiche epikutane Anwendung von NTS (25%ig in einer weichen Zinkpaste) als Individualrezeptur bei ulzerierter dystrophischer CC berichtet.<sup>7</sup> Auch die intraläsionale Applikation von NTS bei CC im Rahmen einer SSc wurde als wirksam beschrieben, allerdings nur bei kleinen Kalzifikationsherden (< 2 mm) an den Fingern.<sup>8</sup> In Fallserien, in denen die Therapie nicht auf solche umschriebenen Herde beschränkt wurde, war die Ansprechrate deutlich geringer.<sup>8</sup> Da die intraläsionale Injektion sehr schmerzhaft ist und sich auch in unserer Hand bei größeren Kalzifikationsherden als wenig sinnvoll erwies, haben wir im Einzelheilversuch mehrere Erkrankte mit CC durch intravenöse NTS-Gabe behandelt und möchten diese Erfahrungen hier wiedergeben.<sup>9,10</sup>

## FALLSERIE

Wir haben retrospektiv Einzelheilungsversuche ausgewertet, die aufgrund einer dystrophischen CC bei Autoimmunerkrankung eine intravenöse Therapie mit NTS-Lösung erhalten haben. In allen Fällen war eine ope-

relative Exzision der kalzifizierten Areale technisch nicht möglich. Alle Patienten erhielten NTS intravenös an jeweils fünf aufeinanderfolgenden Tagen über mindestens sechs Zyklen (Ausnahme: Patientin 1). Zur Minimierung unerwünschter Wirkungen wurde an den ersten beiden Tagen eines jeden Zyklus jeweils 12,5 g Natriumthiosulfat in 100 mL *aqua ad injectionem* und von Tag 3–5 jeweils 25 g Natriumthiosulfat in 100 mL *aqua ad injectionem* langsam infundiert. Zwischen den Zyklen erstreckte sich ein therapiefreies Intervall von 4–6 Wochen. Allen Patienten wurde eine Fortführung der NTS-Therapie angeboten. Zusätzlich erfolgte die Behandlung umschriebener Kalzifizierungsareale im Randbereich der CC in vier von fünf Fällen mittels einer individuellen Rezeptur als NTS-Cremeformulierung (Natriumthiosulfat-Pentahydrat 2 g, gereinigtes Wasser 2 g, Propylenglykol 0,4 g, Basiscreme DAC *ad* 20 g) und in zwei von fünf Fällen mittels intraläsionaler Injektion von NTS.

### Patientin 1

Die 56-jährige Patientin litt seit vielen Jahren an einer seronegativen systemischen Sklerose vom akralen Typ mit dystropher CC an den Fingerspitzen und ulnaren Unterarmen (im Sinne der früher als CREST-Syndrom bezeichneten Untergruppe). Zwischen November 2019 und November 2020 wurden insgesamt vier Zyklen Natriumthiosulfat intravenös an 4 Tagen appliziert. Zusätzlich erfolgte im August 2020 und im November 2020 jeweils eine intraläsionale Injektion einer 10%igen NTS-Lösung in die CC-Areale des *Digitus III* links und des *Digitus I* rechts. Darunter kam es innerhalb von 4 Wochen zur klinischen Rückbildung der behandelten Herde, sodass bis auf einen subkutanen Herd am proximalen Unterarm links ulnar die Läsionen im Februar 2021 nicht mehr palpabel waren und die Therapie deshalb beendet wurde. Die Patientin beschrieb einen deutlichen Rückgang der Kalkherde und eine Besserung der Funktionalität der betroffenen Finger. Mittels Röntgenuntersuchung erfolgte im Februar 2021 eine radiologische Verlaufskontrolle. Trotz subjektiven und klinisch nicht mehr evidenten Kalzifikationen zeigten die radiologischen Aufnahmen deutliche Restbefunde. Diese waren an den Endphalangen der *Digitus I, IV* und *V* rechts sowie *I, II, III* und *V* links sichtbar.

### Patientin 2

Die 66-jährige Patientin stellte sich mit einer CC am linken Ellenbogen und am rechten Daumen im Rahmen ihrer seronegativen systemischen Sklerose vor. Die Kalzifikationen waren vor circa 7 Jahren aufgetreten und waren seitdem konstant. Nach sechs Zyklen NTS intravenös zwischen April 2021 und Oktober 2021 konnte weder klinisch noch in den vergleichenden Röntgenuntersuchungen vor Therapiebeginn und nach Therapieende eine Verbesserung

des Befundes festgestellt werden. Dies stand im Einklang mit der subjektiv unveränderten Symptombelastung der Patientin.

### Patientin 3

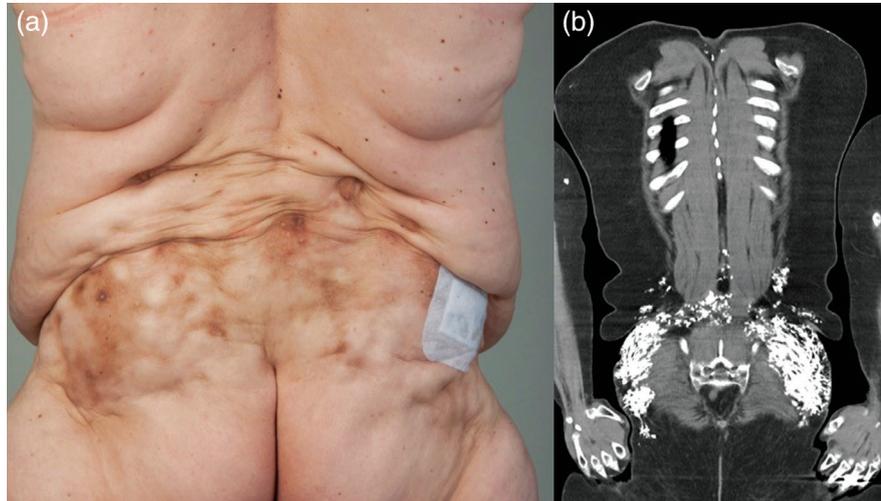
Die 55-jährige Patientin wies bei bekannter *Mixed Connective Tissue Disease* (MCTD) und assoziierter Lupuspannikulitis großflächige kalzinöse Plaques an den Oberarmen, am Rücken sowie an den proximalen Oberschenkeln auf, die auch radiologisch (eindrucksvoll) objektiviert werden konnten (Abbildung 1). Im Mai 2020 wurden größere Kalkknoten an der Flanke operativ entfernt. Bei der Erstvorstellung fiel insbesondere lumbosakral eine über 40 × 25 cm große Kalkplatte auf, die nach längerem Sitzen starke Schmerzen verursachte. Bereits nach wenigen Therapiezyklen zeigte sich eine deutliche subjektive Besserung der lumbosakralen Beschwerden. Die Patientin beschrieb eine Abnahme der Größe der Kalkherde, rückläufige Schmerzen sowie eine deutlich gebesserte Funktionalität und Beweglichkeit des Rumpfes. Klinisch wurden zwei Referenzknoten regelmäßig vermessen; dabei konnte zwar kein Rückgang der Kalzifikation objektiviert werden, aber die palpablen Kalkherde erschienen klinisch fragmentierter und weniger verbacken. Inzwischen hat die Patientin insgesamt 18 Therapiezyklen erhalten.

### Patient 4

Bei einem 59-jährigen Patienten wurde die CC im Rahmen eines Polymyositis-Sklerodermie-Überlappungssyndroms (PmScl-Ak- sowie SSA-Ro 52-Ak-positiv) beobachtet. Dieses äußerte sich mit interstitieller Lungenerkrankung, Raynaud-Symptomatik, Dysphagie und Dysphonie, Hiatushernie, Sklerodaktylie und CC. Diese war an beiden Unterarmen ulnar, den Fingerspitzen sowie den Fußballen lokalisiert. Wir führten von Mai 2021 bis November 2021 insgesamt sechs Zyklen der NTS-Therapie durch. In den Röntgenaufnahmen vor dem 1. sowie nach dem 6. Zyklus konnten keine Veränderungen der kalzinösen Knoten objektiviert werden. Dies deckte sich mit dem klinisch und subjektiv konstanten Befund.

### Patientin 5

Eine 62-jährige Patientin wurde uns mit einer kutan-subkutanen CC an den Händen (beugeseitig mit Betonung der Fingerbeeren), am linken Knie lateral der Patella beidseits und am linken Kleinzeh beugeseitig vorgestellt, die sich aufgrund einer undifferenzierten Kollagenose mit sklerodermiformem Phänotyp und begleitender Myositis sowie CREST-Syndrom entwickelt hatte. Nebenbefundlich bestand eine primäre biliäre Cholangitis. Bei der Patientin



**ABBILDUNG 1** (a) Klinisches Bild und (b) CT-Aufnahmen von Patientin 3. Lumbal dichte, symmetrische Kalkablagerungen in Kutis und Subkutis.

war zudem ein erhöhter, unspezifischer ANA-Titer (AMA-M2-Antikörper) auffällig. Nach sechs Zyklen der Therapie mit NTS intravenös konnte kein klinischer oder radiologischer Befundwandel konstatiert werden. Da einige der kleineren Kalkherde an den Fingerbeeren relativ oberflächlich lagen, wurde zusätzlich sowohl NTS-Creme als auch eine einmalige intraläsionale Injektion einer 10%igen NTS-Lösung angewendet. Diese lokalen Therapiestrategien führten ebenfalls zu keiner Besserung des Befundes.

## DISKUSSION

Der Einsatz von NTS zur Behandlung von CC wurde in der Literatur mehrfach beschrieben. Es wird angenommen, dass NTS durch Komplexbildung eine Lyse der Kalziumkristalle bewirkt. *Ex-vivo*-Untersuchungen in Kulturmedien haben jedoch gezeigt, dass Thiosulfat freie Kalziumionen nicht signifikant bindet. Stattdessen wurden in Zellkulturen extrazelluläre Reaktionen beobachtet, die mit der Bildung von Glutathion und dessen antioxidativen Effekten im Zusammenhang gesehen werden.<sup>11–14</sup> Letztlich ist der Wirkmechanismus von NTS bei CC bisher nicht schlüssig belegt.

Die bisher verfügbaren klinischen Daten legen eine therapeutische Wirksamkeit einer intraläsional applizierten NTS-Lösung beziehungsweise der epikutanen Anwendung einer 10%igen NTS-Cremezubereitung nahe.<sup>10,15,16</sup> Es wird vermutet, dass hier eine besonders hohe kutane Bioverfügbarkeit erzielt werden kann.<sup>8</sup> Um die Nachteile dieser Applikationsmodi zu umgehen, wurde die intravenöse Gabe von NTS in Einzelheilversuchen praktiziert.

Die dargelegten Beobachtungen zeigen, dass zwar ein Rückgang der Kalzifikationen nicht objektivierbar ist, aber offenbar eine *stable disease* erreicht werden kann, die von den Patienten subjektiv als Verbesserung empfunden wird (Tabelle 1). Dies führen die Autoren auf den Einfluss von NTS

auf die Milieubedingungen im erkrankten Gewebe und die damit verbundene Abnahme entzündlicher Phänomene zurück.<sup>14</sup> Darüber hinaus kann spekuliert werden, ob NTS die Kristallisation der benannten Kalziumsalze zwar verhindert, aber etablierte Kristalle und deren stabile Interaktionen nicht mehr aufheben und die Kristalle mobilisieren kann. Dies würde für einen frühen Einsatz einer intravenösen NTS-Therapie sprechen. Aus den Beobachtungen der hier beschriebenen Fälle lässt sich zusammenfassend feststellen, dass die intravenöse Anwendung von NTS bei größeren Kalkherden nur in einem von fünf Fällen eindeutig und objektivierbar wirksam war, in einem weiteren Fall führte sie vor allem subjektiv zu einer Besserung. Bei drei von fünf Patienten konnte kein Befundwandel nachgewiesen werden. Es ist auch nicht bekannt, ob die vorliegenden Kalzifikationen aus gleichen oder vergleichbaren Kalziumkristallen bestanden oder ob es unterschiedliche mineralogische Befunde gab.<sup>10,15</sup>

Natriumthiosulfat stellt intravenös appliziert hingegen eine wirksame und etablierte Therapie der Calciphylaxie dar. Es wird in dieser Indikation dreimal wöchentlich in Einzeldosen zwischen 5 g und 25 g über einen Zeitraum von mindestens 3 Monaten beziehungsweise bis zum Abheilen der Läsion verabreicht.<sup>14,17</sup> Möglicherweise können eine höhere Applikationsfrequenz oder ein eskaliertes Dosisregime ein verbessertes Ansprechen auch bei dystrophen CC induzieren. Bei nicht dialysepflichtigen Patienten stellt eine erhöhte Applikationsfrequenz jedoch einen hohen zeitlichen Aufwand dar. Des Weiteren kann die Anlage eines dauerhaften, venösen Zugangs nötig werden, der wiederum mit eigenen Risiken (unter anderem Infektionen, Thrombosen, Dislokationen, Fehlpunktionen) einhergeht.

Um den Nutzen der Anwendung von NTS bei CC besser einschätzen zu können, wären weiterführende Studien angezeigt, die mineralogische und entzündungsbiologische Parameter einbeziehen, einheitliche klinische Scores für CC zur Beurteilung möglicher Effekte adressieren

TABELLE 1 Übersicht über die beschriebenen Patientenfälle.

Nr.	Geschlecht	Alter	Grunderkrankung	Lokalisation der Kalzifikationen	Therapieschema pro Zyklus	Behandlungsdauer	Therapieeffekt	Objektivierung durch
Pat. 1	Weiblich	56	Systemische Sklerose, akraler Typ (seronegativ)	Fingerspitzen, Unterarme ulnar	25 g/d für 4 Tage	4 Zyklen von 11/2019 bis 11/2020 Einmalig intraläsionale Injektion Dig. III links und Dig. I rechts Topisch	Regredienz aller beschriebenen Kalzifikationen	Röntgen der Hände und Handgelenke
Pat. 2	Weiblich	66	Systemische Sklerose (seronegativ)	Linker Ellenbogen, rechter Daumen	12,5 g i.v. am 1. und 2. Tag 25 g i.v. am 3.–5. Tag	6 Zyklen von 04/2021 bis 10/2021 Topisch	Konstanter Befund, keine Befundprogredienz	Röntgen der betroffenen Areale
Pat. 3	Weiblich	55	Mixed Connective Tissue Disease mit Lupuspannikulitis	Oberarme, Rücken, proximaler Oberschenkel	12,5 g i.v. am 1. und 2. Tag 25 g i.v. am 3.–5. Tag	14 Zyklen <i>in domo</i> von 03/2021 bis 08/2022; Fortsetzung heimatortnah (insgesamt 18 Zyklen)	Geringgradige Besserung	04/21 Röntgen der betroffenen Areale 10/21 CT Klinische Referenzknoten
Pat. 4	Männlich	59	Polymyositis-Sklerodermie-Overlap-Syndrom (PmScl-AK-sowie SSA-Ro 52-AK-positiv)	Unterarme ulnar, Fingerspitzen, Fußballen	12,5 g i.v. am 1. und 2. Tag 25 g i.v. am 3.–5. Tag	6 Zyklen von 05/2021 bis 11/2021 Topisch	Konstanter Befund, keine Befundprogredienz	Röntgen der betroffenen Areale
Pat. 5	Weiblich	62	Undifferenzierte Kollagenose mit sklerodermiformem Phänotyp	Fingerbeeren, Finger beugeseitig, linkes Knie, linker 5. Zeh	12,5 g i.v. am 1. und 2. Tag 25 g i.v. am 3.–5. Tag	6 Zyklen von 11/2020 bis 10/2021 Zudem einmalig Injektion in Dig. III links Topisch	Konstanter Befund, keine Befundprogredienz	Röntgen der betroffenen Areale

und deutlich größere Populationen untersuchen. Zudem sollte anhand ergänzender präklinischer Untersuchungen ein logisches und evidenzbasiertes pharmakodynamisches Modell für NTS in der Indikation CC erarbeitet werden, aus dem sich auch pharmakokinetische sowie toxikologische Begründungen ableiten lassen.

## Fazit

- In einer Fallserie von Patienten mit dystropher CC, die im Einzelheilversuch mittels intravenöser NTS-Gabe therapiert wurden, konnte keine Rückbildung der Kalzifizierungen objektiviert werden.
- Möglicherweise kann aber eine *stable disease* erreicht werden.
- Topische oder intraläsionale NTS-Applikation erscheinen wegen höherer effektiver Bioverfügbarkeit im Gewebe bei umschriebenen Kalzifizierungen als vorteilhafter.
- Weitere Studien an größeren Patientenkollektiven und unter Anwendung geeigneter Parameter sind nötig, um den Nutzen der intravenösen Applikation von NTS bei dystropher CC zu bewerten.
- Dazu sollten ein klinischer Score zum Schweregrad der CC sowie mineralogische und entzündungsbiologische Parameter konsentiert werden.
- Weiterhin fehlt bisher ein schlüssiges pharmakodynamisches Modell zum Einsatz von NTS bei CC.

## DANKSAGUNG

Open access Veröffentlichung ermöglicht und organisiert durch Projekt DEAL.

## INTERESSENKONFLIKT

Keiner.

## ORCID

Cord Sunderkötter  <https://orcid.org/0000-0002-2929-145X>

Johannes Wohlrab  <https://orcid.org/0000-0002-3993-712X>

## LITERATUR

1. Jimenez-Gallo D, Ossorio-Garcia L, Linares-Barrios M. Calcinosis Cutis and Calciphylaxis. *Actas Dermosifiliogr*. 2015;106(10):785-794.
2. Elahmar H, Feldman BM, Johnson SR. Management of Calcinosis Cutis in Rheumatic Diseases. *J Rheumatol*. 2022;49(9):980-989.

3. Zhou Q, Neubauer J, Kern JS, et al. Calciphylaxis. *Lancet*. 2014;383(9922):1067.
4. Salmhofer H, Franzen M, Hitzl W, et al. Multi-modal treatment of calciphylaxis with sodium-thiosulfate, cinacalcet and sevelamer including long-term data. *Kidney Blood Press Res*. 2013;37(4-5):346-359.
5. Veitch D, Wijesuriya N, McGregor JM, et al. Clinicopathological features and treatment of uremic calciphylaxis: a case series. *Eur J Dermatol*. 2014;24(1):113-115.
6. Yu Z, Gu L, Pang H, et al. Sodium thiosulfate: an emerging treatment for calciphylaxis in dialysis patients. *Case Rep Nephrol Dial*. 2015;5(1):77-82.
7. Bair B, Fivenson D. A novel treatment for ulcerative calcinosis cutis. *J Drugs Dermatol*. 2011;10(9):1042-1044.
8. von Hodenberg C, Neufeld M, Wohlrab J, et al. Sichere topische Behandlung der digitalen Calcinosis cutis mit Natriumthiosulfat-Fallserie mit sechs Patienten. *J Dtsch Dermatol Ges*. 2020;18(10):1181-1183.
9. Strazzula L, Nigwekar SU, Steele D, et al. Intralesional sodium thiosulfate for the treatment of calciphylaxis. *JAMA Dermatol*. 2013;149(8):946-949.
10. Traineau H, Aggarwal R, Monfort JB, et al. Treatment of calcinosis cutis in systemic sclerosis and dermatomyositis: A review of the literature. *J Am Acad Dermatol*. 2020;82(2):317-25.
11. Asplin JR, Donahue SE, Lindeman C, et al. Thiosulfate reduces calcium phosphate nephrolithiasis. *J Am Soc Nephrol*. 2009;20(6):1246-1253.
12. Hayden MR, Tyagi SC, Kolb L, et al. Vascular ossification-calcification in metabolic syndrome, type 2 diabetes mellitus, chronic kidney disease, and calciphylaxis-calcific uremic arteriopathy: the emerging role of sodium thiosulfate. *Cardiovasc Diabetol*. 2005;4:4.
13. O'Neill WC, Hardcastle KI. The chemistry of thiosulfate and vascular calcification. *Nephrol Dial Transplant*. 2012;27(2):521-526.
14. Peng T, Zhuo L, Wang Y, et al. Systematic review of sodium thiosulfate in treating calciphylaxis in chronic kidney disease patients. *Nephrology (Carlton)*. 2018;23(7):669-675.
15. Mageau A, Guignon V, Ratzimasafy V, et al. Intravenous sodium thiosulfate for treating tumoral calcinosis associated with systemic disorders: Report of four cases. *Joint Bone Spine*. 2017;84(3):341-344.
16. Olesen AB, Fage S. Dystrophic calcification in Systemic Sclerosis – Intralesional injections of sodium thiosulfate may have significant positive effects on your patients. *Medical Research Archives*. 2020; 8(5).
17. Chang JJ. Calciphylaxis: Diagnosis, Pathogenesis, and Treatment. *Adv Skin Wound Care*. 2019;32(5):205-215.

**How to cite this article:** Bruns T, Sunderkötter C, Wohlrab J. Intravenöse Behandlung der Calcinosis cutis mit Natriumthiosulfat – eine Fallserie. *JDDG: Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft*. 2024;22:1207–1212.  
[https://doi.org/10.1111/ddg.15509\\_g](https://doi.org/10.1111/ddg.15509_g)