

Linezolid als möglicher Auslöser einer Rhabdomyolyse bei einem Patienten mit Fournier-Gangrän

Linezolid as potential cause for rhabdomyolysis in a patient with Fournier's gangrene

A. Tonfack Yamedji¹ · M. Dürbaum¹ · S. Schröder¹

► **Zitierweise:** Tonfack Yamedji A, Dürbaum M, Schröder S: Linezolid als möglicher Auslöser einer Rhabdomyolyse bei einem Patienten mit Fournier-Gangrän. *Anästh Intensivmed* 2026;67:371–376. DOI: 10.19224/ai2026.371

Zusammenfassung

Ein 58-jähriger Patient mit Fournier-Gangrän entwickelte unter der Therapie mit Linezolid wegen einer Infektion durch *Enterococcus faecium* (Vancomycin-resistent) eine ausgeprägte Rhabdomyolyse, die sich durch eine massive Erhöhung der Kreatinkinase im Serum (CK i. S.) äußerte. Nach dem Ausschluss anderer Ursachen und dem Absetzen von Linezolid normalisierte sich die CK i. S. rasch.

Dieser Fall spricht dafür, dass Linezolid ein möglicher Auslöser für eine induzierte Rhabdomyolyse sein kann. Er unterstreicht die Bedeutung einer frühzeitigen Diagnostik, einer engmaschigen Kontrolle der CK i. S. sowie des konsequenten Absetzens potenziell auslösender Medikamente. Zusätzlich kann eine Hämoabsorption in Betracht gezogen werden, um Myoglobin und Kreatinkinase im Serum zu senken.

Der Fall dient als Grundlage für eine Literaturrecherche zu den Ursachen und Behandlungsmöglichkeiten einer Rhabdomyolyse.

Summary

A 58-year-old patient with Fournier's gangrene developed severe rhabdomyolysis while receiving linezolid for treatment of an infection caused by *Enterococcus faecium* (resistant to vancomycin). The rhabdomyolysis was characterised by a significant increase in serum creatine kinase (CK i.s.). After ruling out other causes and discontinu-

ing linezolid therapy, CK i.s. normalised rapidly.

This case suggests that linezolid may trigger rhabdomyolysis. It highlights the importance of early diagnosis, close monitoring of CK i.s., and consistent discontinuation of potentially causative medications. Additionally, haemoabsorption may be considered to lower serum myoglobin and creatine kinase i.s..

This case provides the basis for a literature review of the causes and treatment options for rhabdomyolysis.

Kasuistik

Ein 58-jähriger Patient (180 cm Körpergröße, 90 kg Körpergewicht) befand sich aufgrund einer Fournier-Gangrän im Bereich der Leiste, des Hodens und der Gesäßmuskulatur in einem septischen Schock. Sofort wurden eine Behandlung mit dem Breitbandantibiotikum Piperacillin/Tazobactam und Clindamycin sowie ein notfallmäßiges chirurgisches Débridement eingeleitet, um den Fokus zu sanieren. Postoperativ wurde der Patient intubiert und beatmet auf die Intensivstation aufgenommen.

Am darauffolgenden Tag wurde nach einer CT-Diagnostik von Abdomen und Becken, bei der Lufteinschlüsse nachgewiesen wurden, die sich bis zur Glutealmuskulatur und beidseits zu den Leistenkanälen erstreckten, eine Second-Look-Operation durchgeführt. Im Rahmen dieser Operation wurde infiziertes

¹ Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Artemed Krankenhaus Düren (Chefarzt: Prof. Dr. S. Schröder)

Interessenkonflikt

Alle Autoren geben an, selbst keine Interessenkonflikte zu haben. Sie legen jedoch offen, dass sie den Fall mit dem befreundeten Intensivpfleger Sebastian Gust diskutiert haben. Dieser war zuvor bei der Firma CytoSorbents tätig und arbeitet aktuell bei der Firma Dräger. Ihnen ist es wichtig, Herrn Gust für seine engagierte und konstruktive Unterstützung zu danken, die zur inhaltlichen Qualität dieses Manuskripts beigetragen hat.

Schlüsselwörter

Linezolid – Rhabdomyolyse – Kreatinkinase – Sepsis – Fournier-Gangrän – *Enterococcus faecium* – Hämoabsorption

Keywords

Linezolid – Rhabdomyolysis – Creatine Kinase – Sepsis – Fournier's Gangrene – *Enterococcus faecium* – Hemoadsorption

Gewebe in der glutealen, ischiorektalen Region und in der Leiste nachreseziert. Zudem erfolgte eine protektive subkutane Verlagerung der Hoden in die Oberschenkelregion. Im intraoperativ entnommenen Probematerial konnte eine floride, granulierende Entzündung mit Infiltration der Skelettmuskulatur und fokalen Rhabdomyolysen bestätigt werden.

Am vierten Behandlungstag wurde aufgrund eines Mitbefalls des Darmes eine tiefe anteriore Rektumresektion mit Blindverschluss und Anlage eines endständigen Descendostomas vorgenommen.

Nachdem *Enterococcus faecium* (Vancomycin-resistent) in der Blutkultur nachgewiesen worden war, wurde die Therapie am zweiten Behandlungstag mit zweimal täglicher intravenöser Gabe von 600 mg Linezolid begonnen. Einen Tag nach Beginn der Therapie stieg die Kreatinkinase im Serum (CK i. S.) zunehmend an. Es wurden sowohl eine forcierte Diurese mit Furosemid als auch eine Alkalisierung des Urins eingeleitet.

Bei einem weiteren Anstieg der CK i. S. wurde in der Nacht vom fünften zum sechsten Behandlungstag das SLEDD-Dialyseverfahren (Slow Low-Efficient Daily Dialysis) mit dem GENIUS 90®-Therapiesystem (Fresenius Medical Care Deutschland GmbH, Bad Homburg, Deutschland) bei einem Blutfluss von 150 ml/min mit einer Ultrafiltrationsrate von 50 ml/h und einer geplanten Dauer von 8 Stunden in Kombination mit einer CytoSorb®-Hämoabsorption (CytoSorbents Corporation, Berlin/USA) begonnen. Der CytoSorb®-Adsorber enthält Polymer-Beads (vernetztes Divinylbenzol mit Polyvinylpyrrolidon-Beschichtung), die Substanzen (vornehmlich hydrophobe) im Bereich bis ca. 55 kD adsorbieren. Während Myoglobin mit 17 kD und einem Siebkoeffizienten von 0,6 gut dialysierbar [1–3] und hauptverantwortlich für ein Nierenversagen ist [2,4,5], wird die CK mit rd. 80 kD und einem Siebkoeffizient von 0 [3] nicht effektiv mittels Dialyse entfernt. Letztere wird primär als Verlaufsmarker und nicht als therapeutisches Ziel genutzt:

„Myoglobin macht den Schaden – CK i. S. zeigt ihn nur an“ [4].

Aufgrund eines rapiden Abfalls der Natriumkonzentration im Serum (von 168 auf 153 mmol/l) wurde die Behandlung nach sechs Stunden vorzeitig beendet. Dieser Abfall wurde jedoch nicht als ursächlicher Zusammenhang mit dem verwendeten Hämoabsorptionsverfahren interpretiert, sondern eher als ein begleitender Effekt der Dialyse.

Da eine Reaktion auf Linezolid nicht ausgeschlossen werden konnte, wurde die Behandlung mit dem Medikament nach sechs Tagen und bei fallenden Infektparametern ersatzlos beendet. In der Folge war die CK i. S. rückläufig und die Diurese nahm zu, sodass im weiteren Verlauf keine Dialysetherapie notwendig war. Es lagen keine weiteren Zeichen einer Linezolid-Toxizität vor. Die Thrombozytenzahl war normwertig.

Der Patient erlitt einen komplexen Krankheitsverlauf mit einer Weaningtherapie nach Tracheotomie sowie regelmäßigen operativen Wechseln des Vakuumverbandes in der Leiste und im Genitalbereich. In der Folge konnten signifikante Verbesserungen der Wundverhältnisse beobachtet werden, sodass der Patient kardiopulmonal stabil und ohne antiinfektive Therapie in eine Klinik für Plastische Chirurgie zur plastischen Deckung verlegt werden konnte.

Die Ethik-Kommission der Ärztekammer Nordrhein hat zu Kasuistiken sowie zu retrospektiven epidemiologischen Forschungsvorhaben grundsätzliche Stellungnahmen abgegeben. Demnach besteht bei einer retrospektiven Aufarbeitung mit vollständig anonymisierten Patientendaten keine Beratungspflicht (Bearbeitungsnummern 74/2021 und 156/2021).

Diskussion

Die Fournier-Gangrän ist eine lebensbedrohliche Weichteilinfektion, die sich durch eine schnelle Ausbreitung von Nekrosen der betroffenen Faszien auszeichnet. Dabei stellt die Fournier-Gangrän eine Sonderform der nekrotisierenden Fasiitis dar, welche das äußere

Genitale und das angrenzende Perineum befällt. Es handelt sich um eine bakterielle Infektion, die grundsätzlich alle Faszienstrukturen des Körpers betreffen kann. Besonders die stammnahen Fälle einer nekrotisierenden Fasiitis sind in der Regel mit einer polymikrobiellen, teilweise anaeroben Flora assoziiert [6,7]. Im vorliegenden Fall war die Infektion mit einem septischen Schock assoziiert. Eine Sepsis ist eine gefährliche Erkrankung mit hoher Morbidität und Mortalität, die einen hohen Ressourcenaufwand erfordert [8–12]. In diesem Kontext ist zur Fokussanierung u. a. eine sorgfältige Indikationsstellung und Auswahl der antiinfektiven Therapie erforderlich. Eine frühzeitige Diagnose und Behandlung sind entscheidend, um die Sterblichkeitsrate zu reduzieren [8–12]. Im beschriebenen Fall wurde unter anderem Linezolid verabreicht, da bei dem Patienten *Enterococcus faecium* (Vancomycin-resistent) in der Blutkultur nachgewiesen wurde. In diesem Zusammenhang wurde bei einer deutlich erhöhten CK i. S. eine Linezolid-assoziierte Rhabdomyolyse vermutet [13,14]. Hierbei ist es wichtig, die pathophysiologische Rolle des Myoglobins zu berücksichtigen. Während CK i. S. als Marker für die Muskelschädigung dient, ist Myoglobin maßgeblich für die Entwicklung des akuten Nierenversagens verantwortlich [4]. Der Einsatz der Hämoabsorption dient hierbei nicht primär der Reduzierung der CK i. S., sondern zielt auf die effektive Entfernung von Myoglobin ab [4,15].

Mögliche Ursachen für eine erhöhte Kreatinkinase im Serum

Eine Erhöhung der CK i. S. kann verschiedene Ursachen haben. Zu den häufigsten Ursachen zählen – unabhängig der Intensivmedizin – neuromuskuläre Erkrankungen wie beispielsweise Muskeldystrophien [4,16,17]. Letztere konnten bei diesem Patienten durch eine Muskelbiopsie ausgeschlossen werden.

Ein weiterer potenzieller Faktor für die Erhöhung der CK i. S. kann ein Liegetrauma sein [4]. Der Begriff beschreibt die zusätzlichen körperlichen Schäden, die durch verlängertes Liegen und

inadäquate Bewegung entstehen, wenn die betroffene Person sich nicht mehr selbstständig bewegen kann. In der Studie von Hüser et al. wurde bei 85 % der Patient:innen mit Liegetrauma eine erhöhte CK-Aktivität (≥ 190 U/l) festgestellt. Dabei wurde bei der initialen CK-Bestimmung zum Zeitpunkt der ersten Blutabnahme bei 58 % der Patient:innen ein Wert von ≥ 1.000 U/l und bei 21 % der Patient:innen ein Wert von ≥ 5.000 U/l festgestellt [18]. In unserem Fall ist ein Liegetrauma als Ursache für die Erhöhung der CK i. S. unwahrscheinlich, da der Patient regelmäßig gelagert und physiotherapeutisch durchbewegt wurde. Natürlich können die Erkrankung als solche und interventionelle/chirurgische Eingriffe zu einer Erhöhung der CK i. S. beitragen. In Abbildung 1 ist zu erkennen, dass die CK i. S. nach jedem operativen Eingriff anstieg.

In der wissenschaftlichen Literatur konnten zudem verschiedene Medikamente identifiziert werden, die eine Rhabdomyolyse mit stark erhöhter CK i. S. auslösen können. Dazu zählen Statine, Amiodaron, Steroide, selektive Serotonin-Wiederaufnahmehemmer, D-Penicillinamin, antiretrovirale Medikamente (z. B. Zidovudin) sowie Propofol [4,19]. In der Fachliteratur wurden einige Fälle dokumentiert, die nach der Anwendung von Propofol aufgetreten

sind. Das Propofol-Infusionssyndrom (PRIS) ist eine seltene, insbesondere bei Kindern auftretende, schwerwiegende Nebenwirkung, die nach Langzeitgabe von Propofol emergent werden kann. Charakteristisch hierfür sind eine metabolische Azidose, eine Rhabdomyolyse sowie eine Dysfunktion des Herz-Kreislauf-Systems [20–22]. Im vorliegenden Fall wurde die Anwendung von Propofol nach drei Tagen beendet und die Laborbefunde zeigten keinen Hinweis auf ein PRIS.

In mehreren Studien wurde darüber hinaus nachgewiesen, dass bestimmte Antibiotika eine signifikante Rolle bei der Entwicklung einer Rhabdomyolyse spielen können [19]. Ein charakteristisches Beispiel hierfür ist Linezolid, bei dem bei schwer erkrankten Patient:innen nach der Therapie schwerwiegende Nebenwirkungen beobachtet wurden [13,14]. In einem Fallbericht von Lechner et al. entwickelten zwei Patienten unterschiedlichen Alters mit einer Sepsis trotz engmaschiger Kontrolle des Linezolid-Plasmaspiegels eine lebensbedrohliche Rhabdomyolyse mit einer steigenden CK i. S. und Niereninsuffizienz als Folge [13]. Diese Beobachtung stützt die Hypothese, dass die postulierte myotoxische Wirkung nicht auf toxisch hohe Konzentrationen des Antibiotikums zurückzuführen ist. Es liegen Hinweise da-

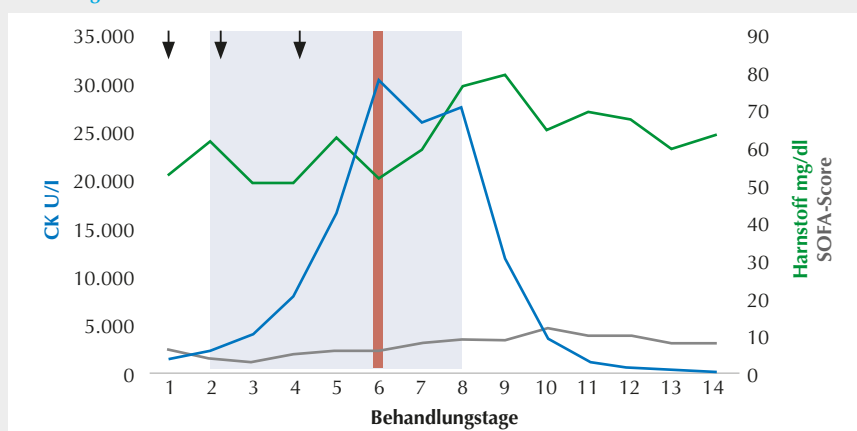
rauf vor, dass die Rhabdomyolyse auf eine durch Linezolid induzierte Hemmung der mitochondrialen Proteinsynthese zurückzuführen ist [13,14]. Die Hemmung der Funktion der Atmungskette durch Linezolid führt zur Beeinträchtigung der mitochondrialen Produktion von Adenosintriphosphat (ATP). Der daraus resultierende Energiemangel kann zum Muskelzerfall und zur Rhabdomyolyse führen. Im beschriebenen Fall wurden nach zwei Behandlungstagen mit Linezolid eine CK i. S. von 8.095 U/l und nach vier Tagen der Spitzenwert von 30.530 U/l gemessen. Nach einer Reihe von Differenzialdiagnosen wurde die Therapie mit Linezolid nach sechs Behandlungstagen beendet. Im weiteren Verlauf war die CK i. S. rückläufig.

Die Rhabdomyolyse kann weitere unterschiedliche Ursachen haben. Zu den potenziellen Auslösern zählen beispielsweise die maligne Hyperthermie, verschiedene virale Infektionen durch Epstein-Barr-Virus, Echoviren, Adenoviren und weiteren Viren, Endokrinopathien – ein Beispiel hierfür ist die Hypothyreose – sowie Toxine, wie sie beispielsweise bei der Einnahme von Alkohol, Kokain oder Heroin auftreten können [4]. In unserem Fall wurden die TSH-Werte engmaschig kontrolliert und lagen im Normbereich. Mittels eines Viren-Screenings konnte darüber hinaus eine Infektion mit dem Coronavirus (SARS-CoV-2), Influenzavirus A und B, Adenoviren, Cytomegalievirus (CMV) sowie Epstein-Barr-Virus ausgeschlossen werden.

Diagnostik und Therapie der Rhabdomyolyse

Bislang ist keine standardisierte Definition der Rhabdomyolyse etabliert. Zur Diagnose einer Rhabdomyolyse ist die Bestimmung der Serumwerte von CK und Myoglobin von besonderer Relevanz. Aufgrund der kürzeren Eliminationszeit aus Blut und Urin eignet sich Myoglobin jedoch weniger als Verlaufsparemeter. Die CK i. S. wird daher als sensitiver und wichtigster laborchemischer Diagnosemarker angesehen [4]. Der Anstieg dieses Enzyms erfolgt im Vergleich zu Myoglobin verzögert: Erst 2 bis 12

Abbildung 1



Verlauf von CK i. S. (Kreatinkinase im Serum), Harnstoff im Serum und des SOFA-Scores über die Behandlungstage. Die hellblaue Fläche zeigt die Dauer der Linezolid-Therapie mit zweimal täglicher intravenöser Gabe von jeweils 600 mg. Die rote Fläche zeigt die Dauer der Hämodosorptionstherapie über sechs Stunden. Die schwarzen Pfeile entsprechen den Operationszeitpunkten.

Stunden nach der Muskelverletzung ist ein Anstieg festzustellen, der Peak wird nach 24 bis 36 Stunden erreicht, in einigen Fällen auch erst nach 72 Stunden. Vor diesem Hintergrund kann nicht sicher ausgeschlossen werden, dass der CK-Spitzenwert am 6. Behandlungstag operationsbedingt bedingt war.

Die Ergebnisse der Literaturrecherche zeigen, dass die Diagnose einer Rhabdomyolyse gemäß aktueller Literatur ab einer CK-Erhöhung auf über 1.000 U/l oder das Fünffache der jeweiligen Norm gestellt werden kann, sofern kein akuter Myokardinfarkt vorliegt [4]. Die Interpretation der CK gestaltet sich außerdem als schwierig, wenn neben der Skelettmuskulatur auch das Herz betroffen ist. Eine myokardiale Beteiligung ist mit hoher Wahrscheinlichkeit gegeben, wenn CK-MB 5 % der Gesamt-CK überschreitet. In der vorliegenden Kasuistik sind die CK-Erhöhrungen – unabhängig von der Gabe von Linezolid als möglichem medikamentösem Trigger – durch die ausgedehnten Weichteilnekrosen und Muskelschädigungen sowie die wiederholten Débridements erklärbar. Eine Isoenzym-Bestimmung, die in unserem Fall nicht erfolgt ist, ändert die unmittelbare Therapie nicht. Ausschlaggebend sind der Verlauf, das Ausmaß der Nekrosen, Sepsiszeichen und die Organfunktion. In unserem Fall gab es keinen Anhalt für eine kardiale Mitbeteiligung.

Myoglobin- und Harnsäureausfällungen beeinflussen die Perfusion in die renalen Tubuli und bewirken eine Vasokonstriktion der renalen Arteriolen. Dies konnte in Tierversuchen beobachtet werden [4]. Ein Ausfall der genannten Substanzen wird durch Dehydratation begünstigt und kann eine akute renale Tubulusnekrose auslösen. Aus pathophysiologischer Sicht ist Myoglobin von entscheidender Bedeutung, insbesondere im Hinblick auf die Nierenfunktion [4]. Allerdings wird die Bestimmung von Myoglobin in unserem Labor nicht routinemäßig angeboten, da es in der Herzdiagnostik durch hochsensible Troponine weitgehend verdrängt wurde. Myoglobin wird nur bei Bedarf über ein externes Zentrallabor angefordert. Somit

bleibt die CK der „Goldstandard“ in der Diagnostik in Kombination mit Klinik und Anamnese, während das Myoglobin im Serum dieses Bild ergänzen kann.

Aktuell existieren keine Leitlinien für die Therapie der Rhabdomyolyse [4]. Die Behandlung dieser Erkrankung erfolgt auf Grundlage einer Vielzahl von Fallberichten, tierexperimentellen Untersuchungen sowie primär retrospektiver Analysen [4]. Die initiale Therapiemaßnahme besteht, sofern dies realisierbar ist, in der Beseitigung der auslösenden Ursache, um weitere Komplikationen zu verhindern. Wenn das auslösende Ereignis beispielsweise auf ein Kompartmentsyndrom zurückzuführen ist, wird zusätzlich zur unterstützenden Therapie eine frühe Fasziotomie durchgeführt. Auch das Absetzen auslösender Medikamente ist von entscheidender Bedeutung, um die Letalität zu reduzieren [4]. Im präsentierten Fall normalisierte sich die CK i. S. nach Beendigung der antiinfektiven Therapie mit Linezolid.

In jedem Fall sollte eine diuretische Therapie zur beschleunigten Ausscheidung von Myoglobin und anderen nephrotoxischen Substanzen eine gegebenenfalls erforderliche Nierenersatztherapie nicht verzögern [4]. In schwerwiegenden Fällen wird eine Hämodialyse eingesetzt [4,15,23,24]. Die Indikation für eine Nierenersatztherapie sollte sich jedoch nicht ausschließlich auf erhöhte Konzentrationen bzw. Aktivitäten spezifischer Laborwerte wie Myoglobin oder CK stützen, die typisch für eine Rhabdomyolyse sind. Im Vordergrund steht eine sorgfältige Evaluation des Ausmaßes der renalen Schädigung. Diese sollte anhand einer Reihe von Symptomen erfolgen, die eine konservative Behandlung übersteigen und zu einer lebensbedrohlichen Elektrolytentgleisung, einer metabolischen Azidose, Anurie oder Urämie sowie einer schweren Hyperhydratation führen können. Eine präventive Hämofiltration bei Rhabdomyolyse oder eine frühzeitige Dialyse bei Nierenversagen wird derzeit nicht empfohlen [4]. Ein Nachteil der konventionellen Dialyseformen ist die geringere Clearance und Eliminationsrate von Myoglobin und CK i. S.. Um eine effektive Elimination von

Myoglobin zu gewährleisten, wird der Einsatz eines High-Cut-off-Filters oder ein Hämoadsorptionsverfahren empfohlen [4]. Letzterer Ansatz ermöglicht eine Entfernung der erhöhten Myoglobin-Werte über Adsorption und hat sich im Vergleich mit der Filtration als überlegen erwiesen [23,24].

Im vorliegenden Fall wurden eine ausreichende Volumentherapie sowie eine forcierte Diurese mit Furosemid und Harnalkalisierung angestrebt. Bei einem signifikanten Anstieg der CK auf über 30.000 U/l wurde das SLEDD-Dialyseverfahren in Kombination mit einer Hämoadsorption eingesetzt. In der Literatur wird diskutiert, dass die Hämoadsorption erfolgreich Moleküle entfernt, die möglicherweise eine Rolle bei der Pathogenese der Rhabdomyolyse spielen [2,25]. Die während der kombinierten Anwendung von SLEDD und Hämoadsorption beobachtete Abnahme der CK i. S. um etwa 4.000 U/l ist differenziert zu betrachten und lässt sich nicht eindeutig einem der beiden Verfahren allein zuschreiben (siehe Abb. 1). Grundsätzlich ist die CK mit einer Molekülgröße von rund 80 kD ein vergleichsweise großes Enzym, das durch konventionelle Dialyseverfahren wie SLEDD nur begrenzt eliminiert werden kann. Für die Hämoadsorption von CK i. S. existieren nur begrenzt Daten, eine relevante direkte Elimination ist nicht eindeutig belegt. Im Gegensatz dazu ist für kleinere Moleküle wie Myoglobin mit 17 kD eine effektive Entfernung durch Hämoadsorption gut beschrieben [23,24]. Vor diesem Hintergrund erscheint es wahrscheinlich, dass die beobachtete Abnahme der CK i. S. weniger auf eine direkte extrakorporale Elimination zurückzuführen ist, sondern vielmehr das Ergebnis einer Kombination aus der Beendigung der Linezolid-Therapie, Abnahme der muskulären Schädigung infolge operativer Eingriffe und gestiegenem metabolischem Abbau durch unterstützende Maßnahmen, insbesondere durch Verbesserung der Mikrozirkulation ist.

Aufgrund eines rapiden Abfalls der Natriumkonzentration im Serum (von 168 auf 153 mmol/l) wurde die Behandlung

nach sechs Stunden vorzeitig beendet. Dieser Abfall ist am ehesten durch dialysebedingte Effekte im Rahmen der SLEDD-Therapie zu erklären. Ursächlich hierfür ist insbesondere der ausgeprägte Konzentrationsgradient zwischen der initialen Hypernatriämie des Patienten und der niedrigeren Natriumkonzentration des Dialysats (ca. 140 mmol/l). Dieser führt zu einer schnellen, diffusionsgetriebenen Natriumverschiebung aus dem Blut in das Dialysat. Dieser Effekt wird durch die relativ lange Behandlungsdauer mit ursprünglich geplanten acht Stunden bei gleichzeitig moderatem Blutfluss von 150 ml/min zusätzlich verstärkt. Da das GENIUS 90®-Tankverfahren systembedingt keine dynamische Anpassung der Dialysatzusammensetzung während der laufenden Therapie erlaubt, bleibt eine initial hohe Natriumdifferenz über einen längeren Zeitraum bestehen. Die parallel eingesetzte Hämoadsorption mittels CytoSorb® ist hingegen nicht als ursächlicher Faktor für die Natriumverschiebung anzusehen, da kleine, freigelöste Elektrolyte wie Natrium nicht relevant adsorbiert werden. Der beobachtete Abfall der Serumkonzentration des Natriums übersteigt die empfohlenen Korrekturraten und ist potenziell mit einem erhöhten Risiko für zerebrale Komplikationen assoziiert. Der Fall unterstreicht daher die Notwendigkeit einer sorgfältigen Therapieplanung bei Hypernatriämie unter extrakorporalen Verfahren. Insbesondere sollten Blutfluss, Behandlungsdauer und – sofern möglich – die Dialysatzusammensetzung angepasst sowie engmaschige Kontrollen der Serumelektrolyte durchgeführt werden, um eine zu rasche Korrektur zu vermeiden.

Für die Hämoadsorption mit dem CytoSorb®-System konnte tierexperimentell gezeigt werden, dass die Clearance von

Linezolid durch das Verfahren relevant erhöht ist [26]. Wie in diesem Modell nachgewiesen, beträgt die additive Clearance durch das CytoSorb®-Verfahren ca. 4,5 l/h, was nahezu einer Verdoppelung entspricht [26].

Das CytoSorb®-Verfahren konnte auch bei einem Kind erfolgreich im Rahmen einer durch Influenza B und Enterovirus ausgelösten, viral bedingten Rhabdomyolyse eingesetzt werden. Dadurch sanken die Marker der Muskel- und Nierenschädigung deutlich und es traten keine relevanten Komplikationen der Therapie auf [27].

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die deutliche Abnahme der CK i. S. mit Beendigung der Linezolid-Therapie eintrat. Linezolid war daher höchstwahrscheinlich die Ursache der Rhabdomyolyse mit einer massiven Erhöhung der CK i. S.-Werte.

Fazit

Dieser Fall zeigt, dass eine Rhabdomyolyse unter einer Linezolid-Therapie auftreten kann, weshalb eine sorgfältige Überwachung der CK i. S. erforderlich ist. Aus pathophysiologischer Sicht ist aber Myoglobin der entscheidendere Faktor, insbesondere im Hinblick auf die Nierenfunktion. Allerdings wird die Bestimmung von Myoglobin zunehmend seltener routinemäßig angeboten, da es in der Herzdiagnostik durch hochsensibile Troponine weitgehend verdrängt wurde und eher bei speziellen Fragestellungen (z. B. Rhabdomyolyse, Muskeltrauma) genutzt wird. Bei Bedarf ist eine Bestimmung meist über das jeweilige Einsendelabor (externes Zentrallabor) möglich. Somit bleibt die CK i. S. der diagnostische „Goldstandard“ in Kombination mit Klinik und Anamnese, während das Myoglobin i. S. dieses Bild ergänzen kann.

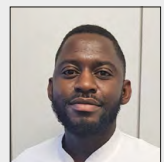
In ausgewählten Fällen kann der Einsatz einer Hämoadsorption sinnvoll sein, um Myoglobin effektiv zu entfernen, während die CK i. S. primär zur Verlaufskontrolle genutzt wird.

Eine frühzeitige Diagnostik und Therapieeinleitung sind entscheidend, um Komplikationen wie eine akute Nierenschädigung zu verhindern.

Dieser Fall hat dazu geführt, dass in unserer Klinik eine Standard-Operating-Procedure (SOP) zum Vorgehen bei einer Rhabdomyolyse entwickelt wurde. Diese SOP definiert feste Marker für den Beginn einer Nierenersatztherapie (kontinuierliche veno-venöse Hämodialyse, CVVHD) und den gezielten Einsatz einer Hämoadsorption, um eine frühzeitige, standardisierte Therapie zu gewährleisten.

Korrespondenz- adresse

**Arthur Tonfack
Yamedji**



Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie
Artemed Krankenhaus Düren
Roonstraße 30
52351 Düren, Deutschland
Tel.: 02421 301369
E-Mail: arthur.tonfack@artemed.de
ORCID-ID: 0000-0003-4123-7306

Literatur

1. Amyot SL, Leblanc M, Thibeault Y, Geadah D, Cardinal J : Myoglobin clearance and removal during continuous venovenous hemofiltration. *Intensive Care Med* 1999;25:1169–1172
2. Dilken O, Ince C, van der Hoven B, Thijssse S, Ormskerk P, de Geus HRH: Successful Reduction of Creatine Kinase and Myoglobin Levels in Severe Rhabdomyolysis Using Extracorporeal Blood Purification (CytoSorb®). *Blood Purif* 2020;49:743–747
3. Hulko M, Haug U, Gauss J, Boschetti-de-Fierro A, Beck W, Krause B: Requirements and Pitfalls of Dialyzer Sieving Coefficients Comparisons. *Artif Organs* 2018;42:1164–1173
4. Gaik C, Wiesmann T: Rhabdomyolyse. Ein Überblick zu Pathophysiologie, Diagnostik und Therapie. *Anästhesiol Intensivmed* 2020;61:302–319
5. Petejova N, Martinek A: Acute kidney injury due to rhabdomyolysis and renal replacement therapy: a critical review. *Crit Care* 2014;18:224
6. Kranz J, Wagenlehner FME, Steffens J, Hakenberg OW, Schneidewind L: Behandlungssituation der Fournier-Gangrän an deutschen Universitätskliniken – eine nationale Umfrage zur Deskription aktueller Standards und resultierende Implikationen zur Planung einer Registerstudie. *Urologe A* 2021;60:610–616
7. Stephan A, Spitzer C, Horn LC, Teichmann G: Fournier-Gangrän der Frau – Kasuistik, Differentialdiagnostik und Therapie. *Geburtshilfe Frauenheilkd* 2013;73:P2_3
8. Desposito L, Bascara C: Review: Sepsis guidelines and core measure bundles. *Postgrad Med* 2024;136:702–711
9. Oczkowski S, Alshamsi F, Belley-Cote E, Centofanti JE, Hylander Møller M, Nunnally ME, et al: Surviving Sepsis Campaign guidelines 2021: Highlights for the practicing clinician. *Pol Arch Intern Med* 2022;132:16290
10. Faix JD: Biomarkers of sepsis. *Crit Rev Clin Lab Sci* 2013;50:23–36
11. Srzić I, Nesek Adam V, Tunjić Pejok D: Sepsis definition: What's new in the treatment guidelines. *Acta Clin Croat* 2022;61:67–72
12. O'Brien JM, Ali NA, Abercgg SK, Abraham E : Sepsis. *Am J Med* 2007;120:1012–1022
13. Lechner AM, Past E, Porsche U, Kern JM, Hoppe U, Pretsch I: Two cases of serious rhabdomyolysis during linezolid treatment. *Infection* 2017;45:563–566
14. Carroll MW, Choi H, Min S, Hwang S, Park H, Song T, et al: Rhabdomyolysis in a patient treated with linezolid for extensively drug-resistant tuberculosis. *Clin Infect Dis* 2012;54:1624–1627
15. Forni L, Aucella F, Bottari G, Büttner S, Cantaluppi V, Fries D, et al: Hemoadsorption therapy for myoglobin removal in rhabdomyolysis: Consensus of the hemoadsorption in rhabdomyolysis task force. *BMC Nephrol* 2024;25:247
16. van de Velde NM, Koeks Z, Signorelli M, Verwey N, Overzier M, Bakker JA, et al: Longitudinal Assessment of Creatine Kinase, Creatine/ Creatinineratio, and Myostatin as Monitoring Biomarkers in Becker Muscular Dystrophy . *Neurology* 2023;100:e975–e984
17. Zygmunt AM, Wong BL, Horn PS, Lambert J, Bange JE, Rybalsky I, et al: A longitudinal study of creatine kinase and creatinine levels in Duchenne muscular dystrophy. *Muscle Nerve* 2023;67:138–145
18. Hüser C, Hackl M, Suárez V, Gräff I, Bernhard M, Burst V et al: Liegetrauma: Retrospektive Analyse einer Patientenkohorte aus einer universitären Notaufnahme. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 2023;118:220–227
19. Teng C, Baus C, Wilson JP, Frei CR: Rhabdomyolysis Associations with Antibiotics: A Pharmacovigilance Study of the FDA Adverse Event Reporting System (FAERS). *Int J Med Sci* 2019;16:1504–1509
20. Singh A, Anjankar AP: Propofol-related infusion syndrome: A clinical review. *Cureus* 2022;14:e30383
21. Hemphill S, McMenamin L, Bellamy MC, Hopkins PM: Propofol infusion syndrome: A structured literature review and analysis of published case reports. *Br J Anaesth* 2019;122:448–459
22. Van S, Lam V, Patel K, Humphries A, Siddiqi J: Propofol-related infusion syndrome: A bibliometric analysis of the 100 most-cited articles. *Cureus* 2023;15:e46497
23. Albrecht F, Schunk S, Fuchs M, Volk T, Geisel J, Fliser D, et al: Rapid and Effective Elimination of Myoglobin with CytoSorb® Hemoadsorber in Patients with Severe Rhabdomyolysis. *Blood Purif* 2023; 53:88–95
24. Moresco E, Rugg C, Ströhle M, Thoma M: Rapid reduction of substantially increased myoglobin and creatine kinase levels using a hemoadsorption device (CytoSorb®) – A case report. *Clin Case Rep* 2022;10:e05272
25. Daum HC, Schmidt BMW, Napp LC: Effects of Hemoadsorption with CytoSorb during Severe Rhabdomyolysis. *Blood Purif* 2021;50:268–269
26. Schneider AG, André P, Scheier J, Schmidt M, Ziervogel H, Buclin T, et al: Pharmacokinetics of anti-infective agents during CytoSorb hemoadsorption. *Sci Rep* 2021;11:10493
27. Padiyar S, Deokar A, Birajdar S, Walawalkar A, Doshi H: Cytosorb for Management of Acute Kidney Injury due to Rhabdomyolysis in a Child. *Indian Pediatr* 2019;56:974–976.