PERITONEAL DIALYSIS INTERNATIONAL

Peritoneal Dialysis International
1–19
© The Author(s) 2023
Article reuse guidelines:
sagepub.com/journals-permissions
DOI: 10.1177/08968608231172740
journals.sagepub.com/home/ptd
Sage

Empfehlungen der ISPD zu Katheter-assoziierten Infektionen: Update 2023*

Kai Ming Chow[1,2] , Philip Kam-Tao Li1,[2] , Yeoungjee Cho[3,4] ,Ali Abu-Alfa[5,6], Sunita Bavanandan[7], Edwina A Brown[8], Brett Cullis[9], Dawn Edwards[10], Isabelle Ethier[11,12], Helen Hurst[13], Yasuhiko Ito[14], Thyago Proenc¸a de Moraes[15], Johann Morelle[16], Naomi Runnegar[17], Anjali Saxena[18,19], Simon Wai-Yin So[20], Na Tian[21] and David W Johnson[3,4]

Zusammenfassung

Infektionen im Zusammenhang mit Peritonealdialyse (PD) Kathetern sind wichtige Risikofaktoren für Katheterverlust und Peritonitis. Mit den 2023 aktualisierten Empfehlungen wurden die Definitionen und Klassifikationen von Exit-Infektionen und Tunnel-Infektionen überarbeitet und präzisiert. Als neues Ziel für die Gesamtrate der Exit-Infektionen wurde ein Wert von nicht mehr als 0,40 Episoden pro Jahr definiert. Die Empfehlung zur topischen Anwendung von antibiotischer Creme oder Salbe am Katheter-Exit wurde herabgestuft. Neue Empfehlungen umfassen präzisere Vorschläge zum Exit-Verband, Empfehlungen zur Antibiotikabehandlung wurden aktualisiert mit Schwerpunkt auf frühzeitiges klinisches Monitoring, um die optimale Dauer der Therapie zu ermitteln. Zusätzlich wurden die Empfehlungen zur Katheter-Entfernung und -Wiederanlage ergänzt durch weitere Vorschläge zu Katheter-Interventionen wie Entfernung oder Abschabung der externen Kathetermanschette und Neupositionierung des Exits.

Schlüsselwörter
Antibakterielle Therapie, Antibiotikaprophylaxe, Katheter-assoziierte Infektionen, Exit-Infektion, ISPD-Leitlinie, Peritonealdialyse, Prävention, Behandlungsergebnis

[1] Department of Medicine and Therapeutics, Prince of Wales Hospital, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong
[2] Carol & Richard Yu Peritoneal Dialysis Research Centre, Department of Medicine and Therapeutics, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong
[3] Australasian Kidney Trials Network, University of Queensland, Brisbane, Australia
[4] Department of Nephrology, Princess Alexandra Hospital, Brisbane, Australia
[5] Division of Nephrology and Hypertension, American University of Beirut, Lebanon
[6] Section of Nephrology, Yale School of Medicine, New Haven, CT, USA
[7] Department of Nephrology, Hospital Kuala Lumpur, Malaysia
[8] Imperial College Renal and Transplant Centre, Imperial College NHS Trust, London, UK
[9] Department of Nephrology and Child Health, University of Cape Town, South Africa
[10] National Forum of ESRD Networks, Kidney Patient Advisory Council (KPAC), USA
[11] Division of Nephrology, Centre hospitalier de l'Université de Montréal, Canada
[12] Health Innovation and Evaluation Hub, Centre de recherche du Centre hospitalier de l'Université de Montréal, Canada
[13] School of Health and Society, University of Salford, Salford Royal, Northern Care Alliance Trust, UK
[14] Department of Nephrology and Rheumatology, Aichi Medical University, Nagakute, Japan
[15] Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Pontificia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brazil
[16] Division of Nephrology, Cliniques universitaires Saint-Luc, Brussels, Belgium
[17] Infectious Management Services, Princess Alexandra Hospital, University of Queensland, Brisbane, Australia
[18] Department of Medicine, Division of Nephrology, Stanford University, CA, USA
[19] Department of Medicine, Division of Nephrology, Santa Clara Valley Medical Center, San Jose, CA, USA
[20] Department of Pharmacy, Alice Ho Miu Ling Nethersole Hospital, Tai Po, Hong Kong
[21] Department of Nephrology, General Hospital of NingXia Medical University, Yinchuan, China

Corresponding authors:
Philip Kam-Tao Li, Carol & Richard Yu Peritoneal Dialysis Research Centre, Department of Medicine and Therapeutics, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong.
Email: philipli@cuhk.edu.hk

David Johnson, Department of Nephrology, Level 2, ARTS Building, Princess Alexandra Hospital, 199 Ipswich Road, Woolloongabba, Brisbane, QLD 4102, Australia.
Email: david.johnson2@health.qld.gov.au

*für die Kommission Peritonealdialyse der Deutschen Gesellschaft für Nephrologie übersetzt von Prof. Dr. med. V. Schwenger, Klinik für Nieren-, Hochdruck- und Autoimmunerkrankungen, Klinikum Stuttgart, Deutschland

Was ist neu an der aktualisierten ISPD-Leitlinie 2023 für Katheter-assoziierte Infektionen?

- Überarbeitete, präzisere Definition der Tunnel-Infektion (Seite 3)
- Neue Empfehlung in Bezug auf ursachenspezifische Katheter-assoziierte Infektionen (Seite 3,4)
- Neue Definitionen für kulturnegative Katheter-assoziierte Infektion (Seite 3), refraktäre Katheter-assoziierte Infektion (Seite 4), infektionsbedingte Katheter-Entfernung (Seite 4,5)
- Überarbeitete, aktualisierte Empfehlungen zur Überwachung und Erhebung von Katheter-assoziierten Infektionen (Seite 4,5)
- Neuer empfohlener Zielwert für die Exit-Infektionsrate (Seite 5)
- Herabgestufte Empfehlung zum Stellenwert einer topischen antibiotischen Creme oder Salbe am Katheter-Exit (Seite 6)
- Überarbeitete, aktualisierte Empfehlungen für topische antibakterielle Substanzen (Seite 8-10)
- Präzisierter Vorschlag zur Notwendigkeit eines Exit-Verbandes (Seite 6-10)
- Überarbeitete Empfehlungen für die Dauer der Antibiotikatherapie bei Exit-Infektion (Seite 12-15)
- Neue Optionen zum Erhalt des Katheters bei Exit-Infektionen (Seite 15-17)

Einleitung

Peritonealdialyse (PD)-assoziierte Infektionen wurden von Patienten, Pflegepersonal und Behandlern in der Studie *Standardized Outcomes in Nephrology - PD (SONG-PD)* als wichtigste und kritischste klinische Ereignisse bei der PD gewertet.[1] Dazu gehören PD-Katheter-assoziierte Infektionen (d. h. Exit-Infektionen und Tunnel-Infektionen), die potenziell zur PD-assoziierten Peritonitis, Krankenhausaufenthalt, Verfahrenswechsel zur Hämodialyse und Versterben führen können. Empfehlungen zur Prävention und Behandlung von Katheter-assoziierten Infektionen wurden zusammen mit den Empfehlungen zur PD-assoziierten Peritonitis unter der Schirmherrschaft der *International Society for Peritoneal Dialysis* (ISPD) erstmals 1983 veröffentlicht und im Verlauf überarbeitet, einschließlich der vormals letzten Leitlinie zu Katheter-assoziierten Infektionen von 2017.[2] Die vorliegende Leitlinie konzentriert sich auf die Katheter-assoziierten Infektionen, da die letzten Empfehlungen zur Peritonitis erst kürzlich (2022) aktualisiert wurden.[3] Die Empfehlungen sind in fünf Abschnitte mit folgenden Schwerpunkten gegliedert:

1. Definitionen
2. Monitoring und Erfassung von Katheter-assoziierten Infektionen
3. Prävention Katheter-assoziierter Infektionen
4. Management von Katheter-assoziierten Infektionen
5. Forschungsperspektiven

Diese Empfehlungen beruhen auf aktuellen Evidenzen, sofern diese vorliegen. Bei Vorliegen ähnlicher Publikationen wurden vom Leitlinien-Komitee die jeweils aktuelleren Publikationen berücksichtigt. Zur besseren Bewertung der Qualität und des Evidenzgrades von klinischen Berichten und unserer Leitlinienempfehlungen[4] orientieren sich diese Empfehlungen am GRADE-System (*Grades of Recommendation Assessment, Development and Evaluation).* Für jede Empfehlung wird die Stärke der Empfehlung kategorisiert angegeben: Stufe 1 (wir empfehlen), Stufe 2 (wir schlagen vor) oder nicht bewertet. Die Qualität der zugrundeliegenden Evidenz wird bewertet als A (hohe Wahrscheinlichkeit), B (mäßige Wahrscheinlichkeit), C (geringe Wahrscheinlichkeit) oder D (sehr geringe Wahrscheinlichkeit). Diese Empfehlungen sind nicht dazu gedacht, dass sie in jeder klinischen Situation unkritisch umgesetzt werden sollen. Jede PD-Abteilung sollte ihr eigenes Infektionsmuster, die verursachenden Erreger und Antibiotika-Empfindlichkeiten untersuchen und ihre Protokolle an die lokalen Gegebenheiten anpassen. Behandler, die pädiatrische PD-Patienten betreuen, sollten sich an die neuesten Konsensusleitlinien zur Prävention und Behandlung von Katheter-assoziierten Infektionen und Peritonitis bei pädiatrischen Patienten halten.[5]

Definitionen

Die Definitionen für Katheter-assoziierte Infektionen können nach Art, Ursache, Zeitpunkt (in Bezug auf Katheteranlage und frühere Infektepisoden) und klinisches Ansprechen unterschieden werden.

Arten von Katheter-assoziierten Infektionen

Exit-Infektion

- Wir schlagen vor, dass eine gesicherte Infektion am Katheter-Austritt (Exit) wie folgt definiert wird: das Vorhandensein von eitrigem Ausfluss mit oder ohne Rötung der Haut am Übergang von Katheter zu Epidermis **(nicht bewertet)**.
- Wir schlagen vor, dass bei Fehlen von eitrigem Ausfluss, andere Anzeichen einer Entzündung am Exit (z. B. Erythem, sensorische Empfindlichkeit, Schwellung, Granulom oder Krustenbildung) nicht ausreichen, um eine Infektion des Exits gesichert zu diagnostizieren **(nicht bewertet)**.

Tunnel-Infektion

- Wir schlagen vor, dass eine Tunnel-Infektion definiert wird als Vorhandensein einer klinischen Entzündung (Erythem, Schwellung, Empfindlichkeit oder Verhärtung) mit oder ohne ultrasonographischen Nachweis eines Flüssigkeitssaums entlang des Kathetertunnels **(nicht bewertet)**.

Die Diagnose einer Exit-Infektion wird meist klinisch gestellt und sollte immer dann in Betracht gezogen werden, wenn beim Patienten eine Veränderung des Exits auftritt. Obwohl eine Exit-Infektion und Tunnel-Infektion unabhängig voneinander auftreten können, können sie auch miteinander auftreten. Die Diagnose einer Exit-Infektion kann schwierig sein, da ein Erythem um den Katheter bzw. am Exit ohne eitrigen Ausfluss auch aufgrund einer allergischen Hautreaktion, im Zusammenhang mit einem kürzlich angelegten Katheter oder nach Trauma des Katheters[6,7] beobachtet werden kann oder auch nach einem Wechsel der Verbands- oder Reinigungsmaterialien.[8] Manchmal kann ein isoliertes Erythem ein Hinweis auf eine frühe Infektion sein, die dann einer engmaschigen Überwachung auf eitrigen Ausfluss und einer antimikrobiellen Therapie bedarf. Eine positive Kultur mit einem unauffällig aussehenden Katheter-Exit (z. B. ohne eitrigen Ausfluss) ist eher ein Hinweis auf eine Kolonisierung als auf eine echte Infektion. Obwohl Scoring-Systeme [9,10] zur Überwachung des Katheter-Exits vorgeschlagen wurden, sind sie nicht adäquat validiert worden. Wir schlagen daher vor, die Diagnose einer Exit-Infektion auf Grundlage von eitrigem Ausfluss mit oder ohne Hauterythem am Übergang zwischen Katheter und Epidermis zu stellen. Basierend auf einer multizentrischen Studie mit mehr als 30.000 Analysen von Katheter-Exits bei 3297 PD-Patienten, erbrachte die Verwendung eines Bewertungssystems (Hyperämie, Ödem, Schmerz, Schorf und Granulom)[2,9] für die Diagnose einer Exit-Infektion keine zusätzlichen Informationen gegenüber dem Vorliegen eines eitrigen Ausflusses.[7]
Eine Tunnel-Infektion kann sich mit verschiedenen klinischen Zeichen wie Erythem, Ödem, Verhärtung oder Empfindlichkeit über dem subkutanen Katheterverlauf präsentieren, oft ist dies mit einem sonographisch nachweisbaren Flüssigkeitssaum um den Katheter einhergehend.[11]

Ursachenspezifische Katheter-assoziierte Infektionen

- Wir empfehlen, dass Exit-Infektionen nach dem/den auf der Kultur identifizierten Erreger(n) (z. B. Exit-Infektion mit Staphylococcus aureus-Infektion) klassifiziert werden **(1C)**.
- Wir schlagen vor, dass eine kulturnegative Exit-Infektion definiert wird, wenn eine Exit-Infektion anhand der o.g. Kriterien diagnostiziert, aber kein Erreger in der mikrobiologischen Kultur des Exit-Abstrichs nachgewiesen wird **(nicht bewertet)**.

Um die antimikrobielle Therapie festzulegen, kann die Katheter-assoziierte Infektion orientierend nach dem/den Erreger(n) eingeteilt werden. Die am häufigsten isolierten Erreger, welche für Exit-Infektionen in einer randomisierten kontrollierten Studie (RCT) ursächlich waren, die Mupirocin und Polysporin Triple (MP3) als topische antimikrobielle Substanzen angewandt hat, waren in absteigender Reihenfolge: Corynebacterium diphteriae (20,5 %), S. aureus (13,6 %), Pseudomonas aeruginosa (13,6 %) und Pilze (9,1 %).[12] In einer RCT, welche die topische Applikation von Mupirocin gegenüber Gentamicin am Katheter-Exit verglich, waren die

häufigsten Erreger in der Mupirocin-Gruppe S. aureus (0,06 Episoden pro Jahr), andere gram-positive Erreger (0,26 Episoden pro Jahr) und P. aeruginosa (0,11 Episoden pro Jahr).[13] In der Gentamicin-Gruppe waren weniger gram-positive und gram-negative Exit-Infektionen, aber mehr Hefepilzinfektionen nachweisbar. Sehr wahrscheinlich variiert die Epidemiologie der Erreger je nach Region, Prophylaxeansatz, Antibiotikaeinsatz usw.. Die Klassifizierung, Überwachung und Erhebung der Katheter-assoziierten Infektionen nach den ursächlichen Erregern ermöglichen das Benchmarking und eine kontinuierliche Qualitätsverbesserung (CQI) sowie zielgerichtete Behandlungsempfehlungen, wie sie in den Peritonitis Leitlinie der ISPD der letzten zehn Jahre vorgegeben wurde.
Wenn nach Anlage einer Kultur des eitrigen Ausflusses aus dem Exit kein Pathogen identifiziert/nachgewiesen wird, ist eine kulturnegative Exit-Infektion zu diagnostizieren. In der MP3-Studie[12] trat eine kulturnegative Exit-Infektion in fünf Fällen (11,4 %) der Exit-Infektionen auf, war aber seltener als eine kulturnegative Peritonitis (19,5 %). Bernardini et al. berichteten über eine Rate kulturnegativer Exit-Infektion von 0,06 Episoden pro Jahr in der Mupirocin-Gruppe und 0,03 Episoden pro Jahr in der Gentamicin-Gruppe (p = 0,42).[13] Kulturnegative Exit-Infektionen können im Zusammenhang mit einer kürzlichen Antibiotikaexposition, suboptimaler Probenentnahme oder Kulturmethode auftreten, oder einer Fehlklassifizierung aufgrund langsam wachsender atypischer Erreger (z. B. Mykobakterien, Pilze).

PD-Katheteranlage assoziierte Exit- und/oder Tunnel-Infektion

- Wir schlagen vor, dass eine mit der Anlage des PD-Katheters assoziierte Exit- und/oder Tunnel-Infektion definiert wird als eine Exit-/Tunnel-Infektion, die innerhalb von 30 Tagen nach Anlage des PD-Katheters auftritt **(nicht bewertet)**.

Die Verwendung eines 30-Tage-Grenzwerts für die Definition einer PD-Katheteranlage assoziierten Exit- und/oder Tunnel-Infektion steht im Einklang mit den ISPD-Leitlinien zur Anlage und Erhalt eines optimalen PD-Zugangs bei erwachsenen Patienten[14] und den ISPD Peritonitis Leitlinien[3]. Infektionen, die innerhalb dieses Zeitraums auftreten, stehen wahrscheinlich im Zusammenhang mit dem chirurgischen Eingriff und können mit verschiedenen Erregern und Behandlungsergebnissen assoziiert sein.

Ergebnis-spezifische Definitionen einer Katheter-assoziierten Infektion

- Wir schlagen vor, dass eine refraktäre Katheter-assoziierte Infektion definiert wird als Nichtansprechen einer effektiven 2-wöchigen Antibiotikatherapie und adäquater intensivierter Behandlung des Katheter-Exits oder einer 3-wöchigen Antibiotikatherapie bei Infektionen mit Pseudomonas-Spezies **(nicht bewertet)**.
- Wir schlagen vor, dass die infektionsbedingte Katheter-Entfernung definiert wird als Katheter-Entfernung aufgrund einer Katheter-assoziierten Infektion, die nicht auf eine adäquate Antibiotikatherapie oder chirurgische Intervention anspricht **(nicht bewertet)**.

Für die meisten Katheter-assoziierten Infektionen wird eine mindestens 2-wöchige Antibiotikabehandlung empfohlen, außer für durch Pseudomonas Spezies verursachte Infektionen, für die eine 3-wöchige Behandlung empfohlen wird. In der Literatur wird eine refraktäre Tunnel-Infektion definiert als Nicht-Sanierung innerhalb von 4 Wochen.[15] Katheter-assoziierte Infektionen, die nach der empfohlenen Antibiotika-Therapie nicht vollständig abklingen, können als refraktäre Katheter-assoziierte Infektionen definiert werden, die weitere chirurgische Rettungsmaßnahmen oder eine Katheter-Entfernung erfordern.

Überwachung und Erhebung von Katheter-assoziierten Infektionen

- Wir empfehlen, dass jedes PD-Programm mindestens einmal jährlich die Inzidenz der Katheter-assoziierten Infektionen erheben sollte **(1C).**

- Wir schlagen vor, dass die Rate der Katheter-assoziierten Infektionen, einschließlich der erregerspezifischen Katheter-assoziierten Infektionen, als Anzahl der Episoden pro Jahr angegeben werden soll **(nicht bewertet).**
- Wir schlagen vor, dass die Raten für Exit- und Tunnel-Infektionen, einschließlich erregerspezifischer Raten, gesondert als Anzahl der Episoden pro Jahr angegeben werden **(nicht bewertet)**.
- Wir empfehlen, dass die Exit-Infektionsrate nicht mehr als 0,40 Episoden pro Jahr betragen sollte **(2C).**
- Wir schlagen vor, dass der Anteil der PD-Katheteranlage-assoziierten Infektionen innerhalb von 30 Tagen nach PD-Katheteranlage weniger als 5 % betragen sollte **(2C)**.

Alle PD-Programme sollten in regelmäßigen Abständen die Inzidenz von Katheter-assoziierten Infektionen als Teil eines CQI-Programms überwachen.[16] Die Anwendung einer standardisierten Metrik zur Erhebung der Ergebnisse ist entscheidend für das Benchmarking, die Überwachung des Fortschrittes und die Implementierung von Strategien auf Grundlage der beobachteten Ereignisse. Katheter-assoziierte Infektionsraten sollten gemessen werden als Anzahl der Episoden von Exit-Infektionen oder Tunnel-Infektionen geteilt durch die Anzahl der Patientenjahre (d. h. Anzahl der Jahre mit PD ab dem Zeitpunkt der PD-Katheteranlage), jeweils angegeben als Episoden pro Patientenjahr. Dies unterscheidet sich von der Art der Berechnung der Peritonitisrate, die davon abhängt, ob Beutelwechsel durchgeführt werden oder nicht. Wie in den ISPD Peritonitis-Leitlinien angegeben[3], werden die Peritonitisraten für den Zeitraum zwischen der PD-Katheteranlage und dem Beginn der PD (Peritonitis vor PD) und für den Zeitraum nach PD-Beginn (PD-Peritonitis) getrennt angegeben. Eine solche Differenzierung ist bei der Berechnung der Katheter-assoziierten Infektionen nicht notwendig, da diese nicht davon abhängig ist, ob Beutelwechsel durchgeführt werden oder nicht.
Im Gegensatz zur PD-assoziierten Peritonitis werden Katheter-assoziierte Infektionen (d. h. Exit- und Tunnel-Infektionen) im Allgemeinen derzeit nicht von Nierenregistern erfasst, einschließlich des Australia and New Zealand Dialysis and Transplant (ANZDATA)-Registers und des US Renal Data System (USRDS). Die PD Outcomes and Practice Patterns Study (PDOPPS) hat über große Unterschiede in der Praxis der Überwachung von Exit-Infektionen in PD-Programmen aus sechs Ländern berichtet (Spanne: 41-100 %/Land).[17] Die gemeldeten Inzidenzen von Exit-Infektionen variierten stark und reichten von 0,06 bis 0,42 Episoden pro Jahr.[13,18-24] In der HONEYPOT Studie, die 371 PD-Patienten aus 26 Zentren in 3 Ländern (Australien, Neuseeland und Singapur) zwischen 2008 und 2012 eingeschlossen hat, lag die Rate der Exit-Infektionen bei 0,29 Episoden pro Jahr in der Standardbehandlungsgruppe mit Mupirocin (als topische antimikrobielle Substanz) gegenüber 0,37 Episoden pro Jahr in der Gruppe, die mit antibakteriellem Honig behandelt wurde.[22] Die Inzidenzrate der Exit-Infektion ist im Alltag jedoch höher als im Rahmen einer randomisierten Studie, in der eine Patientenselektion stattfindet. Wir schlagen vor, dass die Gesamtrate der Exit-Infektionen bei weniger als 0,40 Episoden pro PD-Patientenjahr liegen sollte. Obwohl keine Registerdaten vorliegen, sollte dies auf Grundlage der veröffentlichten Literatur ein erreichbares Ziel sein und sollte als Initiative dienen, die Rate der Exit-Infektionen weltweit zu reduzieren. Wir schlagen außerdem vor, dass PD-Zentren PD-Katheteranlage-assoziierte Infektionen erfassen und dokumentieren. Die Rate innerhalb von 30 Tagen sollte gemäß der ISPD-Leitlinie zur Anlage und Erhaltung eines optimalen PD-Zugangs bei erwachsenen Patienten bei weniger als 5 % aller Katheteranlagen liegen.[14]

Prävention Katheter-assoziierter Infektionen

Anlage des Katheters

- Wir empfehlen die prophylaktische Antibiotikagabe unmittelbar vor Katheteranlage zur Prävention einer Peritonitis **(1A)**, auch wenn die Effekte auf Katheter-assoziierte Infektionen ungewiss sind.
- Wir empfehlen die nasale Antibiotikaprophylaxe bei Patienten, bei denen beim Screening vor PD-Katheteranlage eine nasale S. aureus Besiedelung nachgewiesen wurde **(1C)**.
- Wir schlagen vor, dass die Art der PD-Katheter Anlagetechnik gemeinsam im Dialog von Behandler und Patient getroffen wird, da die Datenlage in Bezug auf Ergebnis und Sicherheit zur Vorbeugung von Katheter-assoziierten Infektionen unklar ist **(2C)**.
- Wir schlagen vor, dass der Verband am Exit für 7 Tage nach Anlage des PD-Katheters belassen wird, sofern nicht verschmutzt, um den neuen Katheter zu fixieren und um das Infektionsrisiko zu reduzieren **(nicht bewertet)**.

Die empfohlene Praxis und der Standard für die Anlage eines PD-Katheters sind in der ISPD-Leitlinie 2019 zur Anlage und Erhaltung eines optimalen Peritonealdialyse-Zugangs beim erwachsenen Patienten detailliert beschrieben.[14] Die Aktualisierung der ISPD Leitlinie von 2022 zur Prävention und Therapie von Peritonitiden empfiehlt, die prophylaktische Verabreichung von systemischen Antibiotika unmittelbar vor Katheteranlage **(1A)**, um das Risiko einer durch die Katheteranlage bedingten Peritonitis zu verringern.[3] In einer systematischen Cochrane-Übersicht und Meta-Analyse von antimikrobiellen Substanzen zur Infektionsprävention bei PD-Patienten im Vergleich zu Placebo hatte die prä- oder peri-operative antibiotische Prophylaxe keinen sicheren Benefit auf die Katheter-assoziierte Infektionsrate (4 Studien, 379 Teilnehmer; Vancomycin: Risikoverhältnis [RR] 0,36, 95 % Konfidenzintervall [CI] 0,10-1,32, Cefazolin: RR 0,74, 95% CI 0,27-2,05, Gentamicin: RR 0,07, 95% CI 0-1,06, Cefazolin + Gentamicin: RR 0,86, 95% CI 0,34-2,19, Cefuroxim nicht abschätzbar).[25] Aufgrund der geringen methodischen Qualität der Studien zu diesem Thema ist die Datenlage unzureichend, um die Präferenz eines IV Antibiotikums zu empfehlen, obwohl die antibiotische Abdeckung gram-positiver Erreger vermutlich von Bedeutung ist. Kein Unterschied besteht in Bezug auf Rate der Katheter-assoziierten Infektionen zwischen Vancomycin1000 mg i.v. 12 Stunden vor Katheteranlage und Cefazolin 1000 mg i.v. 3 Stunden vor Katheteranlage (1 Studie, 178 Teilnehmer: RR 0,49, 95% CI 0,13-1,89).[25,26] Die generelle Verwendung einer nasalen Antibiotikaprophylaxe wies keinen gesicherten Effekt auf das Risiko von Exit- und Tunnel Infektionen auf (3 Studien, 338 Teilnehmer: RR 1,34, 95% CI 0,62-2,87), es gab aber Hinweise auf eine signifikante Verringerung der Katheter-assoziierten Infektionen bei den Patienten, die eine nasale Besiedelung mit S. aureus aufwiesen und mit Mupirocin-Salbe behandelt wurden (nasale Anwendung, zweimal täglich für 5 Tage, alle 4 Wochen für bis zu 18 Monate; 1 Studie, 2626 Patientenmonate: RR 0,57, 95% CI 0,39-0,84).[25] Eine systematische Überprüfung und Meta-Analyse erbrachte bei Behandlung mit Mupirocin-Salbe von S. aureus-Nasenträgern eine um 74 % geringere Wahrscheinlichkeit einer Exit-Infektion mit S. aureus im Vergleich zur Kontrollgruppe (OR 0,26, 95% CI 0,14-0,46).[27]

Eine systematische Überprüfung von 17 RCTs ergab keine signifikante Auswirkung der verschiedenen Katheteranlagetechniken auf die Prävention Katheter-assoziierter Infektionen. Allerdings ist die Anzahl der Studien, die die Auswirkungen der Anlagetechnik oder Platzierung auf Katheter-assoziierte Infektionen untersuchte, gering und von unterschiedlicher methodischer Qualität und möglicherweise irreführend. Zum Beispiel hatte die laparoskopische Anlage im Vergleich zur Laparotomie keinen oder allenfalls einen geringen Effekt auf die Inzidenz Katheter-assoziierter Infektionen (3 Studien, 270 Teilnehmer: RR 1,00, 95%CI 0,43-2,31, p = 0,99). Ähnliche Ergebnisse wurden für das subkutane Vergraben oder Einbetten des PD-Katheters 6 Wochen vor Beginn der PD (2 Studien, 2511 Patientenmonate: RR 1,15, 95% CI 0,39-3,42, p = 0,8), Mittellinien- versus seitliche Anlage des PD-Katheters (2 Studien, 120 Teilnehmer: RR 0,56, 95% CI 0,12-2,58, p = 0,45) und perkutane versus offen chirurgische Anlage beobachtet (2 Studien, 96 Teilnehmer: RR 0,16, 95% CI 0,02-1,30, p = 0.08).[28]

Aktuell zeigte eine systematische Übersicht und Meta-Analyse, die sowohl Beobachtungsstudien (nicht-randomisierte Studien) und RCTs (randomisiert kontrollierte Studien) umfasste, dass die perkutane PD-Katheteranlage im Vergleich zu chirurgischen (offen und laparoskopisch) mit einem geringeren Risiko einer frühen (innerhalb von 30 Tagen) Exit-Infektion (7 Studien: RR 0,36, 95 % CI 0,24-0,53) und aller Exit-Infektionen (16 Studien; RR 0,61, 95% CI 0,46-0,82) einherging, aber wenig oder nur einen geringen Unterschied auf Tunnel-Infektionen hatte (7 Studien: RR 0,76, 95% CI 0,38-1,51).[29]

Vor Katheteranlage ist es ratsam, die Lage des Katheter-Austritts so zu wählen, dass der Patient in der Lage ist, den späteren Katheter-Exit zu sehen, ihn zu reinigen und ihn nicht versehentlich zu beschädigen (z. B. durch den Gürtel).[14] Eine alternative Lage des PD-Katheter-Exits (z. B. Oberbauch, prästernal) kann besonders wichtig sein bei Patienten mit ausgeprägter Adipositas, Darmstomata, Urin- oder Stuhlinkontinenz. Idealerweise sollte die Position des Katheter-Exits vor Anlage des Katheters im Sitzen ausgewählt werden. Präoperatives Mapping mit Musterkathetern oder einer Markierungsschablone kann für die Auswahl eines geeigneten Kathetertyps hilfreich sein. Nach Katheteranlage wird die Zugangswunde in Übereinstimmung mit der sonstigen postoperativen Versorgung abgedeckt und belassen, um eine primäre Wundheilung zu ermöglichen.[14,30] Der Exit-Verband sollte am besten 7 Tage lang belassen werden, sofern er nicht verschmutzt ist, um den neuen Katheter zu immobilisieren und das Infektionsrisiko zu verringern.[14,30,31] Zytotoxische Mittel wie Povidon-Jod oder Wasserstoffperoxid sind zu vermeiden, bis die Wunde abgeheilt ist.[30] Im Allgemeinen wird empfohlen, mit der PD frühestens 2 Wochen nach Anlage des Katheters zu beginnen.[14] Ein früherer Beginn der PD erhöht nachweislich das Risiko von Dialysatlecks (1 Studie, 122 Teilnehmer: RR 3,90, 95% CI 1,56-9,78) jedoch ohne sicheren Effekt auf das Risiko einer Exit-Infektion (2 Kohortenstudien, 337 Teilnehmer: RR 1.43, 95% CI 0,24-8,61; 1 Fall-Kontroll-Studie, 104 Teilnehmer: RR 1,20, 95% CI 0,41-3,50).[32]

Katheterdesign

- Wir schlagen vor, die Art des verwendeten PD-Katheters in einer gemeinsamen Entscheidung zwischen Arzt und Patienten auszuwählen, da kein Katheterdesign in Bezug auf Prävention Katheter-assoziierter Infektionen überlegen ist **(nicht bewertet)**.

Das Risiko einer Katheter-assoziierten Infektion wird nicht durch das Katheterdesign beeinflusst (gerade vs. gecoilt; 10 Studien, 826 Teilnehmer: RR 1,12, 95% CI 0,92-1,34, p = 0,22). Diese Studien weisen jedoch unterschiedliche Merkmale in Bezug auf Studiendauer, Anatomie der Katheter (Doppelmanschette vs. Einzelmanschette; Tenckhoff- vs. Schwanenhalskatheter) auf, sowie dem Risiko der statistischen Verzerrung.[28] In einer retrospektiven Beobachtungsstudie, an der 4247 PD-Patienten aus Kanada teilnahmen, konnte gezeigt werden, dass die Verwendung eines PD-Katheters mit doppelter Manschette nachweislich das Risiko einer Peritonitis reduziert (RR 0,90, 95% CI 0,80-1,01, p = 0,08), insbesondere das Risiko für eine S. aureus-Peritonitis (RR 0,46, 95% CI 0,33-0,64, p < 0,001).[33] Die Wirksamkeit von Katheter mit Doppelmanschette auf die Verringerung des Risikos einer Katheter-assoziierten Infektion konnte jedoch nicht eindeutig nachgewiesen werden.[34] Alternative Katheterdesigns zur Verringerung der bakteriellen Besiedlung, wie z. B. Silberionen beschichtete oder antimikrobiell imprägnierte Katheter[36] konnten bisher keine konsistente Wirksamkeit nachweisen, zudem ist die klinische Erfahrung zu begrenzt, um den Einsatz in der Routine zu empfehlen.

Schulungsprogramme

- Wir empfehlen, sich für Schulungen von PD-Patienten und Behandlern an die neuesten ISPD-Leitliinien zu halten **(1C)**.
- Wir vermuten, dass eine wiederholte Schulung das Risiko PD-Katheter-assoziierter Infektionen verringern kann **(2C)**.

PD-Programme sollten den ISPD-Schulungsleitfaden nutzen, um eine standardisierte Schulung für Behandler und Patienten in der PD-Abteilung zu implementieren.[37] Derzeit existieren jedoch keine eindeutigen Erkenntnisse wie Schulungen in Bezug auf Ort, Person oder Lerntheorien bestmöglich durchgeführt werden sollten, einschließlich des optimalen Pflegepersonal-Patienten-Schlüssels. Jüngste Daten des PDOPPS mit 1376 PD-Patienten aus 120 Einrichtungen aus 7 Ländern zeigten, dass die PD-Schulung am häufigsten in der PD-Abteilung (81%) von Pflegekräften (87%) in einer 1:1-Situation (79 %) durchgeführt wurde.[39] Es gab keine überzeugenden Daten von schulungsbezogenen Merkmalen, die konsistent mit einem verringerten Risiko einer Peritonitis assoziiert war. Katheter-assoziierte Infektionen wurden hierbei nicht untersucht.[39]
Auch wenn die optimale Art und Weise der Durchführung von PD-Schulungen ungewiss bleibt, hat sich gezeigt, dass das PD-Training eine entscheidende Rolle bei der Verringerung des Risikos von Katheter-assoziierten Infektionen spielt. Eine retrospektive Einzelzentrums-Beobachtungsstudie aus Großbritannien beobachtete eine 10-fache Verringerung der Exit-Infektionen nach Einführung eines Präventionsprogramms, welches auf die Schulung von Pflegepersonal und Patienten, Verbesserung der aseptischen Operationstechnik und Verringerung der nasalen S. aureus Besiedelung fokussiert hat.[40] In diesem Schulungsprogramm sollten allgemeine lerntheoretische Grundlagen für das Lernen bei Erwachsen berücksichtigt werden, da in einer prospektiven Beobachtungsstudie hiermit eine Assoziation mit eine geringeren Rate an Exit-Infektionen beobachtet wurde.[41] Derzeit wird erforscht, wie Schulung am besten, unter Einbeziehung eines auf Lerntheorien für Erwachsenen basierten Curriculums, angeboten werden kann[42]. Es wird empfohlen, dass bis weitere Erkenntnisse vorliegen, eine spezialisierte PD-Pflegekraft Patientenschulungen anbietet, die auf Einhaltung von Leitlinienempfehlungen und antiseptischem Vorgehen fokussiert.[43] Nach Abschluss der PD-Schulung wird ein Hausbesuch durch die PD-Pflegekraft empfohlen, um Faktoren zu identifizieren, die das Infektionsrisiko beeinflussen können. Hierbei soll zudem die Einhaltung der PD-Vorgaben und Protokolle und ein adäquater Dialysatwechsel überprüft werden.
Zusätzlich zur Erstschulung zum Zeitpunkt der Einleitung der PD, können regelmäßige Nachschulungen hilfreich sein, um das Risiko einer Katheter-assoziierten Infektion zu verringern. Eine RCT mit 104 inzidenten PD-Patienten aus der Republik Korea zeigte, dass die Implementierung regelmäßiger Nachschulungen von PD-Patienten über 24 Monaten geholfen hat, die Inzidenz von Exit-Infektionen im Vergleich zur Kontrollgruppe zu reduzieren.[44] Indikation, optimale Häufigkeit, Dauer und Inhalt der Nachschulung wurden nicht definiert.[38]

Pflege des PD-Katheter-Exits

- Wir empfehlen die tägliche topische Applikation am Exit von antibiotischer Creme oder Salbe (Mupirocin oder Gentamicin), um Katheter-assoziierten Infektion zu verhindern **(1C)*.**
- Wir weisen darauf hin, dass die Überlegenheit von topischem Mupirocin gegenüber topischem Gentamicin oder Applikation von Mupirocin am Exit oder nasal zur Prävention Katheter-assoziierter Infektionen nicht gesichert ist **(2C)**.
- Wir weisen darauf hin, dass sich, im Hinblick auf Prävention Katheter-assoziierter Infektionen, kein Reinigungsmittel als besser erwiesen hat **(2B)**.
- Wir empfehlen, den Katheter-Exit mindestens zweimal wöchentlich und jedes Mal nach dem Duschen oder nach anstrengender körperlicher Belastung, einschließlich Laufen, Radfahren, Schwimmen und Wassersport zu reinigen **(1C).**
- Wir empfehlen die Pflege des PD-Katheter-Exits, solange der PD-Katheter im Körper verbleibt, nach Unterbrechung oder Absetzen der PD fortzusetzen **(nicht bewertet)**.
- Wir schlagen vor, dass ein Exit-Verband nach Pflege der Katheter-Austrittsstelle und topischer Antibiotika Anwendung nicht zwingend notwendig ist **(2D).**
- Wir empfehlen, den PD-Katheter zu immobilisieren/fixieren, um Zugverletzungen am Exit zu vermeiden **(1C)**.

* Anmerkung der Mitglieder des Kompetenzteams Peritonealdialyse: Die Studien, die eine deutliche Reduktion von Exit-Site-Infektionen durch eine lokale tägliche prophylaktische Antibiotikagabe nachgewiesen haben und Grundlage der ISPD-Empfehlung sind, basieren auf sehr hohen Ausgangsinfektionsraten. Der generelle Nutzen einer lokalen prophylaktischen Antibiotikaapplikation konnte hingegen nicht in allen Studien belegt werden (s. Campbell DJ et al: Nephrol Dial Transplant 2016; 31: 619-627). Aufgrund der großen Unterschiede zwischen den Zentren empfehlen wir daher keine generelle prophylaktische lokale Antibiotikaapplikation, sondern risikostratifiziert nur in den Zentren mit hoher Rate an Exit-Site Infektionen.

Die tägliche Anwendung von Mupirocin am Exit hat sich als eine kosteneffektive Strategie zur Verringerung des Risikos einer S. aureus Exit-Infektion in Beobachtungsstudien, RCTs und Meta-Analysen[45-47] herausgestellt. Es konnte gezeigt werden, dass die Anwendung von Mupirocin bei PD-Patienten mit einer Reduktion des Risikos von Exit-Infektionen um 62 % assoziiert war (fünf Studien: RR 0,38, 95 % CI 0,22-0,67).[46] Drei der Studien in dieser systematischen Übersicht beinhalteten die nasale Anwendung von Mupirocin und zwei die Anwendung am Exit. Tatsächlich waren Lokalisation, Häufigkeit und Dauer der Mupirocin-Applikation in den bisher durchgeführten Studien sehr unterschiedlich, was ihre Aussagekraft für einen Routineeinsatz in der Praxis einschränkt.[48] Bei täglicher Verabreichung von Mupirocin im Vergleich zur intermittierenden Verabreichung ist eine Resistenzentwicklung wenig wahrscheinlich, wenngleich die Effekte einer Langzeitanwendung ungewiss sind.[49,50] Eine systematische Cochrane-Übersicht und Meta-Analyse berichtet, dass die topische nasale Anwendung von Mupirocin keinen erwiesenen Benefit auf Exit-Infektionen hatte (3 Studien, 338 Teilnehmer: RR 1,34, 95% CI 0,62-2,87).[25] Leider wurde die lokale Applikation von Mupirocin am Exit mit einer oralen Antibiotikaprophylaxe (Norfloxacin, Cefalexin, Rifampin oder Cotrimoxazol) zusammen analysiert. Während die Gesamtanalyse mit mäßiger Heterogenität (I^2 = 40%, p = 0,17) eine unsichere Wirksamkeit der oralen oder topischen antimikrobiellen Prophylaxe auf Exit-Infektionen zeigte (5 Studien, 395 Teilnehmer: RR 0,82, 95% CI 0,57-1,19), wurde die spezifische Wirkung von topischem Mupirocin am Exit nicht untersucht. Obata und Kollegen haben kürzlich eine aktualisierte systematische Übersicht und Meta-Analyse von RCTs (sechs Studien) durchgeführt, die die topische Anwendung von Mupirocin am Exit im Vergleich zu sonstiger Exit-Pflege untersuchte.[51] Im Gegensatz zu früheren Ergebnissen, die einen deutlichen Vorteil im Vergleich zur Standardbehandlung aufwies, erbrachte die systematische Überprüfung, keinen gesicherten Vorteil einer lokalen Applikation von Mupirocin-Salbe zur Prävention von Exit-Infektionen (RR 0,36, 95% CI 0,13-1,05). Diese Analyse ist jedoch durch die mäßig hohe Heterogenität (I^2 = 61%, p = 0,07) zwischen den Studien eingeschränkt.[51] Zusammengefasst, weisen Daten aus systematischen Übersichten und Meta-Analysen von RCTs darauf hin, dass die topische Mupirocin-Prophylaxe das Risiko von Katheter-assoziierten Infektionen verringern kann. Die Signifikanz dieser Ergebnisse ist jedoch durch die fehlende Vergleichbarkeit (sehr unterschiedliche Ansätze zur Verabreichung der Intervention, einschließlich nasaler vs. Exit-Site-Applikation), Risiko der Verzerrung und Inkonsistenz der Daten reduziert. Es liegen zudem keine Daten vor für den direkten Vergleich zwischen der nasalen und der Exit-Applikation von Mupirocin im Hinblick auf das Risiko einer Katheter-assoziierten Infektion. Aus diesen Gründen wurde die Stärke der Empfehlung für die topische Mupirocin-Prophylaxe durch die Leitliniengruppe von 1A in den Leitlinien 2017 auf jetzt 1C herabgestuft. Die Leitliniengruppe war auch nicht in der Lage, eine Empfehlung für die optimale Stelle der topischen Anwendung (nasal vs. Exit) zu geben. Derzeit läuft eine multizentrische, doppelblinde RCT in Thailand (COSMO-PD Trial), die die Wirksamkeit der lokalen Anwendung von Chlorhexidin-

Gluconat, Mupirocin-Salbe und normaler Kochsalzlösung zur Prävention von PD-bedingten Infektionen untersucht.[52] Es bleibt zu hoffen, dass die Ergebnisse dieser Studie dazu beitragen, dann Empfehlungen zu diesem Thema aussprechen zu können. Eine alternative topische antibakterielle Prophylaxe ist Gentamicin. Die tägliche Applikation von Gentamicin am Exit, erwies sich in einer doppelblinden RCT an drei Zentren (n = 133) als hochwirksam bei der Verhinderung von Pseudomonas-Spezies verursachten Exit-Infektionen und ebenso wirksam wie topisches Mupirocin bei der Reduktion von Exit-Infektionen mit S. aureus.[13] Seine breite Anwendung wurde jedoch eingeschränkt durch die limitierte Verfügbarkeit und Bedenken hinsichtlich einer Veränderung des mikrobiologischen Profils der Organismen, die für Katheter-assoziierte Infektionen, Gentamicinresistenz [53,54] und Entwicklung anderer atypischer Infektionen ursächlich sind.[55] Von eine alternierenden Applikation von Mupirocin und Gentamicin am Exit wurde wegen des beobachteten erhöhten Risikos einer Pilzperitonitis im Vergleich zu Gentamicin allein abgesehen.[56] In einer kürzlich durchgeführten systematischen Übersicht und Meta-Analyse (2 Studien, 228 Teilnehmer: RR 1,14, 95% CI 0,27-4,81; Heterogenität I^2 = 87%, p = 0,005) wurde kein Unterschied in der Rate der Exit-Infektionen zwischen der topischen Anwendung von Mupirocin oder Gentamicin am Exit beobachtet.[51]

Andere prophylaktische Strategien wie z.B. die Verwendung von antibakteriellem medizinischem Honig am Exit wiesen ein ähnliches Risiko für Katheter-assoziierte Infektionen auf wie bei Patienten, die mit intranasalem Mupirocin behandelt wurden (Inzidenzratenverhältnis [IRR] 1,12, 95% CI 0,81-1,53).[57] Von Bedeutung ist, dass die Anwendung von Honig am Exit bei Patienten mit Diabetes mellitus mit einem erhöhten Risiko einer Katheter-assoziierten Infektion und Peritonitis assoziiert ist, daher sollte dieser in diesem Patientenkollektiv nicht zur Anwendung kommen.[22] Mehrere andere Studien zur Reduktion von Exit-Infektionen erbrachten keine einheitlichen Ergebnisse in Bezug auf Verwendung von topischer Polysporin-Dreifach-Salbe,[58] topischem Polyhexanid [59], Polyhexamethylen-Biguanid[60] und nanotechnologischen antimikrobiellen Sprühverband [61]. Weitere Studien zu diesen Wirkstoffen sind erforderlich, bevor sie für eine breite klinische Anwendung empfohlen werden können.

Zu beachten ist auch, dass der Kontakt zwischen Salben und Cremes und dem PD-Katheter minimiert werden sollte, da Berichten zufolge die Polyethylenglykol-Basis in Mupirocin Polyurethan-Katheter und Gentamicin-Creme Silikonkatheter beschädigen kann.[62-64]

Eine PDOPPS-Studie über Strategien zur Infektionsprävention in 170 Zentren mit 11.389 Patienten aus 7 Ländern wies große Unterschiede auf bei den Strategien zur Reinigung des Exits, einschließlich antibakterieller Seife, nicht-antibakterieller Seife, Chlorhexidin, Povidon-Jod, Natriumhypochlorit und andere.[17] Antibakterielle Seife zur Reinigung des Katheter-Exits wurde in 57% der US-amerikanischen, in 40 % der kanadischen und 39 % der australischen und neuseeländischen Einrichtungen verwendet.[17] Es gibt Studien mit unterschiedlichen Ergebnissen, in denen die Wirksamkeit der Seife mit anderen topischen Reinigungsmitteln verglichen wird. Povidon-Jod, auch bekannt als Jodpovidon, ist ein Antiseptikum, welches häufig zur Hautdesinfektion vor und nach chirurgischen Eingriffen verwendet wird. Seine Wirksamkeit in Bezug auf Reduktion der Inzidenz Katheter-assoziierter Infektionen im Vergleich zu Wasser und Seife oder keiner speziellen Pflege konnte nicht einheitlich belegt werden. So traten zum Beispiel in einer RCT mit 127 Patienten aus 8 Krankenhäusern bei den Patienten, die Povidon-Iod erhielten, signifikant weniger Exit-Infektion auf im Vergleich zu den Teilnehmern, deren Exit mit Seife und Wasser (0,27 Episoden/Patientenjahr vs. 0,71 Episoden/ Patientenjahr) gereinigt wurde.[65] Diese Ergebnisse konnte von anderen jedoch nicht bestätigt werden.[66] Darüber hinaus wurden Bedenken geäußert hinsichtlich des Risikos von Reizungen durch die regelmäßige Anwendung von Povidon-Jod, die zu einer sekundären Infektion am Exit führen könnte.[67] Ähnliche Bedenken hinsichtlich einer lokalen Reizung bestehen für Chlorhexidin-Gluconat (0,05-2%ige wässrige Lösung mit oder ohne Isopropylalkohol mit einem breiten antimikrobiellen Spektrum). Als Alternative wurde ein mit Chlorhexidin imprägnierter Schwammverband entwickelt, der wöchentlich angewendet werden kann. Eine monozentrische Pilotstudie mit 50 inzidenten PD-Patienten aus Singapur, bei denen ein mit Chlorhexidin imprägnierter Schwamm verwendet wurde, wies niedrige Katheter-assoziierte Infektionsraten auf (0,09 Episoden/Patientenjahr, 95% CI 0,02-0,22) mit einem 92 % infektionsfreiem 1-Jahres-Überleben. Obwohl 73 % der Teilnehmer angaben, dass diese Verbände akzeptabel seien, entwickelten 12 % eine lokale Kontaktdermatitis.[68] Die Ergebnisse dieser Studie sollten aufgrund des Fehlens einer Vergleichsgruppe und der geringen Stichprobenumfangs mit Vorsicht interpretiert werden, so dass weitere Studien vor einer breiteren klinischen Anwendung notwendig sind. Ein weiteres Reinigungsmittel, Amuchina-Lösung, eine chlorhaltige Salzlösung (Wirkstoff Aktivchlor), die Natriumhypochlorit (3-10 %) enthält, hat sich als wirksam bei der Verhinderung von Exit-Infektionen bei pädiatrischen Patienten erwiesen[69] ohne dass sekundäre Hautreaktion aufgetreten sind. In einer retrospektiven Beobachtungsstudie mit 83 pädiatrischen PD-Patienten wurde bei Applikation von Mupirocin eine signifikante Verringerung der Katheter-assoziierten Infektionsrate von 1.36 Episoden pro Patientenjahr auf 0,33 Ereignisse pro Patientenjahr, wenn zusätzlich zu Mupirocin Natriumhypochloritlösung verwendet wurde, beobachtet (p < 0,0001). Mupirocin-resistente Erreger sind hierbei nicht aufgetreten.[70] Aufgrund der begrenzten Stichprobengröße und des Studiendesigns sollten diese Ergebnisse ebenfalls mit Vorsicht interpretiert werden. Auch hier sind die Ergebnisse der Studien, die im direk-

ten Vergleich unterschiedliche Arten von Desinfektionsmitteln (d.h. Povidon-Jod, Chlorhexidin, Hypochlorit) untersucht haben, zu inkonsistent, um eine klinische Entscheidungsfindung abzugeben.[71,72] Eine systematische Cochrane Übersicht und Meta-Analyse kam mit einer sehr geringer Evidenz zum Ergebnis, dass unterschiedliche Verbandssysteme (Chlorhexidin, Povidon-Jod, Natriumhypochlorit Gaze + Fixomull, Blisterfolie) wenig oder keinen Effekt auf die Exit-Infektionsrate haben.[25] Neue topische Antiseptika wie Polyhexanid wurden ebenfalls, wenngleich auch in einer zu gering gepowertenStudie, getestet.[73]
Neben dem therapeutischen Nutzen von Verbänden oder antiseptischen Antiseptika sollten wir vorsichtig sein mit Produkten, die kontaminiert sein könnten, insbesondere wenn es sich um nicht pharmazeutische Produkte handelt. Suboptimale Herstellungsprozesse und Zubereitungen könnten eine Ursache für kontaminierte wässriger Chlorhexidinlösung gewesen sein,[74-76] was zu mehreren komplexen PD-Katheter Exit-Infektionen mit Burkholderia cepacia in Neuseeland[77] und Hongkong geführt hat.[74]
Die optimale Pflegehäufigkeit des Katheter-Exits wurde zwar nicht in RCTs getestet, dennoch ist eine Häufigkeit der Exitpflege von weniger als zweimal wöchentlich mit einer höheren Wahrscheinlichkeit von Katheter-assoziierten Infektionen verbunden.[78] Es wird daher empfohlen, den Verband am Katheter-Exit mindestens zweimal wöchentlich zu wechseln sowie jedes Mal nach Wasserkontakt oder starker körperlicher Anstrengung, um diesen sauber und trocken zu halten.[79] Vorläufige Daten deuten darauf hin, dass das Vermeiden einer Wasserexposition die Einschleppung von Wasserorganismen verhindert. In einer kleinen mono-zentrischen nicht-randomisierten Beobachtungsstudie war das Anlegen eines Stomabeutels über dem Exit während der täglichen Dusche mit einer Verringerung der Exit-Infektionen assoziiert.[80] Die Evidenz hierzu ist jedoch gering. Um die Katheter-Austrittsstelle vor Nässe zu schützen, wurde das Abdecken des Katheter-Exits beim Schwimmen auch in den ISPD-Leitlinien für körperliche Aktivität und Bewegung in der Peritonealdialyse 2022 empfohlen.[79] Diese Leitlinien empfehlen außerdem, dass Schwimmen oder andere Wassersportarten vorzugsweise im Meerwasser oder in Schwimmbädern stattfinden, die bekanntermaßen gut gewartet werden (privat oder kommunal), um die Exposition mit im Wasser übertragbaren Krankheitserregern zu begrenzen (2D).[79] Die Evidenz für diese Leitlinienempfehlung ist sehr gering und beruht auf anekdotischen Erfahrungen.
Obwohl frühere ISPD-Leitlinien die Pflege des Exits bei Unterbrechung der PD (im Falle einer Katheterdysfunktion, einer Hernienkomplikation oder in erwarteter Katheter-Entfernung nach Nierentransplantation oder Umstellung auf Hämodialyse) nicht thematisiert haben, empfehlen wir eine gleichbleibend intensive oder häufige Pflege des Exits. Der Patient sollte über die Notwendigkeit aufgeklärt werden, auch nach einer Unterbrechung oder Beendigung der PD den Katheter-Exit zu reinigen und zu überwachen.
Entgegen der früheren Empfehlung, den Katheter-Exit mit Verbandsmaterial wie sterilem Mull oder Gaze über den unmittelbaren postoperativen Verlauf hinaus zu schützen, wird diese Praxis durch eine RCT[18] und zwei Beobachtungsstudien[78,81] nicht unterstützt. Eine monozentrische, offene RCT mit 97 Teilnehmern in Malaysia zeigte, dass einfaches Waschen und Reinigen des Exits, gefolgt von topischem Mupirocin mit oder ohne Abdeckung des Verbandes mit einer vergleichbaren Inzidenz der Katheter-assoziierten Infektionen einherging.[18] Die außergewöhnlich niedrige Rate an Exit-Infektionen in dieser Studie, diese lag bei 0,05-0,11 Episoden pro Jahr, könnte die Validität dieser Ergebnisse einschränken. In einer multizentrischen Querschnittserhebung bei 1204 Patienten aus 12 PD-Zentren in China war die Rate der Exit-Infektion ebenfalls nicht mit der Anlage von Verbänden assoziiert.[78] Eine andere retrospektive Studie zeigte, dass das routinemäßige Anlegen von Verbänden am Exit (n = 54) mit einer höheren Exit-Infektionsrate einherging als in der Gruppe ohne Verband (n = 12).[81] Transparente oder semi-okklusives Verbandmaterial war in der BRAZPD-II-Studie mit 2460 Teilnehmern nicht mit einer erhöhten Rate von Exit-Infektionen assoziiert.[82] Insgesamt reicht die derzeitige Evidenz nicht aus, um die Verwendung von Exit-Verbänden zu unterstützen. Es wurden außerdem Bedenken geäußert, dass Verbände lokale allergische Reaktionen und eine Beschleunigung des lokalen Bakterienwachstums hervorrufen können. Diese Bedenken in Bezug auf Verbände müssen gegen andere Überlegungen abgewogen werden, wie z. B. die Verringerung der Exposition gegenüber Umweltstäuben und Tierhaaren, die Vermeidung von Flecken auf der Kleidung durch topische antimikrobielle Salben, eine zusätzliche Polsterung und Immobilisation von Kathetern.
Auch wenn es keine ausreichende Evidenz für einen Exit-Verband gibt, ist die Katheter-Fixierung oder -Immobilisation empfohlen, um Zug oder Mobilisationstrauma am Katheter-Exit zu verhindern. Die Praxis der Fixierung des Katheters durch einen Hüftgurt, eine Schutztasche oder die Befestigung des Transfer-/Verlängerungsset mit einem Klebeband am Bauch wird durch mehrere Beobachtungsstudien über Risikofaktoren für Exit-Infektion gestützt. In zwei Studien war, basierend auf einer multivariaten Regressionsanalyse, eine positive Anamese von Katheterzugverletzungen oder Traktionsblutungen, mit einer erhöhten Anzahl von Exit-Infektionen assoziiert (Hazard Ratio 1,78, 95% CI 1,02-3,1[19] und 2,44, 95% CI 1,47-4,04[78]). Wir sind der Überzeugung, dass die Empfehlung der Immobilisation des PD-Katheters auch im Einklang steht mit den ISPD und den Praxisempfehlungen des Global Renal Exercise Network[79] zur Vermeidung von wiederholter mechanischer Reizung des Katheter-Exits bei sportlicher Betätigung und die protektive Verwendung eines Bauchgurtes beim Sport.

Management von Katheter-assoziierten Infektionen

Klinische Beurteilung

Ein bakterieller Abstrich sollte von einem Exit mit eitrigem Ausfluss genommen werden. Eine Gram-Färbung für Abstriche am Exit wird in den meisten mikrobiologischen Labors nicht routinemäßig durchgeführt, es sei denn, es gibt einen liquiden Bestandteil. Wenn eitriger Ausfluss asserviert werden kann, kann die Gram-Färbung des Ausflusses als Orientierung für die Behandlung verwendet werden. Nach der Untersuchung des Katheter-Exits sollte der Tunnel des Katheters inspiziert und abgetastet werden. Druckempfindlichkeit über dem Katheterverlauf und Sekretion am Exit nach Ausstreichen des Katheterverlaufs deuten auf eine Tunnel-Infektion hin, die unbehandelt zu einer Abszessbildung oder Katheter-assoziierten Peritonitis führen kann. Eine Ultraschalluntersuchung kann hilfreich sein, um eine Tunnelbeteiligung zu erkennen.[83,84] Ein echoarmer liquider Saum um den PD-Katheter kann bei der Diagnosestellung einer Tunnel-Infektion hilfreich sein[83,85], auch wenn eine unauffällige Untersuchung diese nicht ausschließt. Farbdoppler und kontrastverstärkte Ultraschalluntersuchungen können zusätzliche Informationen über eine Hypervaskularisierung liefern, die auf einen entzündlichen Prozess hinweisen kann.[86,87]

Pflege des infizierten Katheter-Exits

Während einer Exit-Infektion wird die mindestens einmal tägliche Reinigung des Exits empfohlen, wenngleich hierzu keine Daten existieren. Ein Hauptziel der Behandlung einer Exit-Infektion ist die frühzeitige Erkennung einer sich verschlimmernden Infektion, einschließlich einer begleitenden oder sich anschließenden Entwicklung einer Tunnel-Infektion. Ein weiterer wichtiger Grund für die Empfehlung der täglichen Behandlung ist das Erkennen des Bedarfs an zusätzlichen therapeutischen Optionen. Granulome am Exit können eine zusätzliche Exit-Pflege erforderlich machen, da sie mit einer verstärkten Schädigung des Exits einhergehen können. Zu den Behandlungsoptionen gehört die Kauterisierung mit Silbernitrat, [88] die topische Anwendung von Chlorhexidin [88] und silberionenbasierte Verbände.[89] Obwohl die Silbernitratkauterisierung am häufigsten verwendet wird, kann der chemische Wirkstoff Hautverbrennungen und Schmerzen verursachen. Eine kleine RCT mit 44 Teilnehmern konnte zeigen, dass Chlorhexidin-Tupfer eine ähnliche Wirksamkeit/Heilungsrate im Vergleich zu Silbernitrat aufwiesen, aber mit geringerer Schmerzintensität und weniger unerwünschten Reaktionen (brennendes Gefühl und Fleckenbildung am Exit) einhergingen.[88]

Empirische Antibiotikabehandlung

- Wir empfehlen bei Exit-Infektionen eine empirische orale Antibiotikabehandlung mit antibiotischer Abdeckung von S. aureus mit z.B. einem Erstgenerations-Cefalosporin oder Anti-Staphylokokken-Penicillin, es sei denn der Patient hatte bereits eine frühere Infektion oder Kolonisation mit Methicillin-resistenten S. aureus (MRSA) oder Pseudomonas Spezies. In diesem Fall sollte ein Glykopeptid-Antibiotikum wie Vancomycin (oder Clindamycin, wenn im Antibiogramm hierauf sensibel getestet) bzw. ein gegen Pseudomonas wirksames Antibiotikumverwendet werden **(1C)**.

Die orale Antibiotikatherapie wird oft empirisch aus Gründen der Praktikabilität eingesetzt und sollte in erster Linie S. aureus abdecken (Abbildung 1). In Ermangelung von RCTs, die einen direkten Vergleich für die Wahl des empirischen Antibiotikums bieten, basiert die Empfehlung auf der Präferenz des Klinikers und dem Risikoprofil des Patienten. Dosierungsempfehlungen für häufig verwendete orale Antibiotika sind in den Tabellen 1 und 2 aufgeführt.[77,90] In Übereinstimmung mit dem Update aus dem Jahr 2022 der ISPD-Leitlinien zur Prävention und Behandlung der Peritonitis, sollte eine gleichzeitige antimykotische Prophylaxe immer dann verschrieben werden, wenn PD-Patienten Antibiotika erhalten, um das Risiko einer Pilz-Peritonitis zu verringern.

Überwachung und Dauer der Therapie

- Wir empfehlen, die Dauer der antimikrobiellen Behandlung bei einer Exit-Infektion entsprechend dem klinischen Ansprechen, dem mikrobiologischem Befund und der In-vitro-Empfindlichkeit des Erregers anzupassen **(2C).**
- Wir schlagen vor, dass bei Exit-Infektionen eine fixe 2-wöchige Antibiotikabehandlung auf 7-10 Tage verkürzt werden kann, wenn durch die klinische Einschätzung nach etwa 1 Woche das Abklingen der Infektion bestätigt wird **(2D).**
- Wir empfehlen, eine durch Pseudomonas-Spezies verursachte Exit-Infektion für mindestens 3 Wochen mit entsprechender Antibiose zu behandeln **(1C).**
- Wir empfehlen, jede Tunnel-Infektion für mindestens 3 Wochen mit entsprechenden Antibiotika zu behandeln **(1D).**

Das übergreifende Prinzip ist die Überwachung und Anpassung gemäß klinischem Ansprechen und mikrobiologischen Ergebnissen. Die Patienten sollten innerhalb von 1 Woche nach Behandlungsbeginn reevaluiert werden (Abbildung 1). Resistenztestungen sind wichtig für die Medikamentenanpassung. Die derzeit empfohlenen oralen Erstlinien-Antibiotika (Tabelle 1) sind möglicherweise bei Erregern mit zunehmender Resistenz wirkungslos.[91,92] Der rationalste Ansatz ist eine frühzeitige Überprüfung des Katheter-Exits und der Ergebnisse der Resistenztestung, um bei Entscheidungsfindung der Therapie und Therapiedauer zu unterstützen.
Innerhalb von 1 Woche nach Behandlungsbeginn sollte eine Untersuchung des Katheter-Exits entweder durch ärztliches Personal oder Pflegepersonal, die im Umgang mit Infektionen erfahren sind, durchgeführt werden. Fernüberwachung der Behandlung [93] in Verbindung mit hochauflösendem Echtzeitbild des Katheter-Exits durch ein Gerät mit Zoom-Option wird als weniger zufriedenstellend angesehen, da die Tunnel-Infektion eine Ultraschalluntersuchung erfordern kann.
Die Dauer der antibiotischen Behandlung einer Katheter-assoziierten Infektion orientierte sich bisher eher an Erfahrungswerten und weniger auf Grundlage hochwertiger Evidenzen. Angesichts der wachsenden Sorge über eine übermäßig lange Antibiotikabehandlung, sind wir der Ansicht, dass die Dauer der Antibiotikabehandlung bei Exit-Infektion thematisiert werden sollte. Obwohl die letzte Leitlinie aus dem Jahr 2017 eine Mindestdauer von 2 Wochen Antibiotikabehandlung bei Exit-Infektionen empfiehlt (eingestuft als 1C-Empfehlung),[2] mangelt es an qualitativ hochwertiger Evidenz für eine obligate 2-wöchige Behandlung. Die Mehrheit der bisher veröffentlichten Leitlinien und Empfehlungen zur Behandlung von schweren Haut- und Weichteilinfektionen geben keine spezifischen Empfehlungen zur Therapiedauer an.[94] Die Leitlinien der Infectious Diseases Society of America (IDSA) empfehlen eine 5-tägige Therapie für Hautinfektionen mit einer verlängerter Therapiedauer bei ausbleibender Besserung, und eine 7-tägige Therapie für oberflächliche Streptokokken- und Staphylokokken Infektionen.[95] Allerdings unterscheidet sich die Exit-Infektion des PD-Katheters von einer einfachen Haut- oder Weichteilinfektionen, da hier Fremdmaterial vorhanden ist. Da es keine zuverlässigen Biomarker gibt, die das Absetzen einer Antibiotikabehandlung bei einer Exit-Infektion unterstützen, ist unserer Meinung nach die klinische Beurteilung eine wesentliche Grundlage für die Entscheidungsfindung.

Abbildung 1: Management von PD-Exit-Infektionen
*PD-Patienten wird eine begleitende Antimykotika-Prophylaxe empfohlen.
PD: Peritonealdialyse.

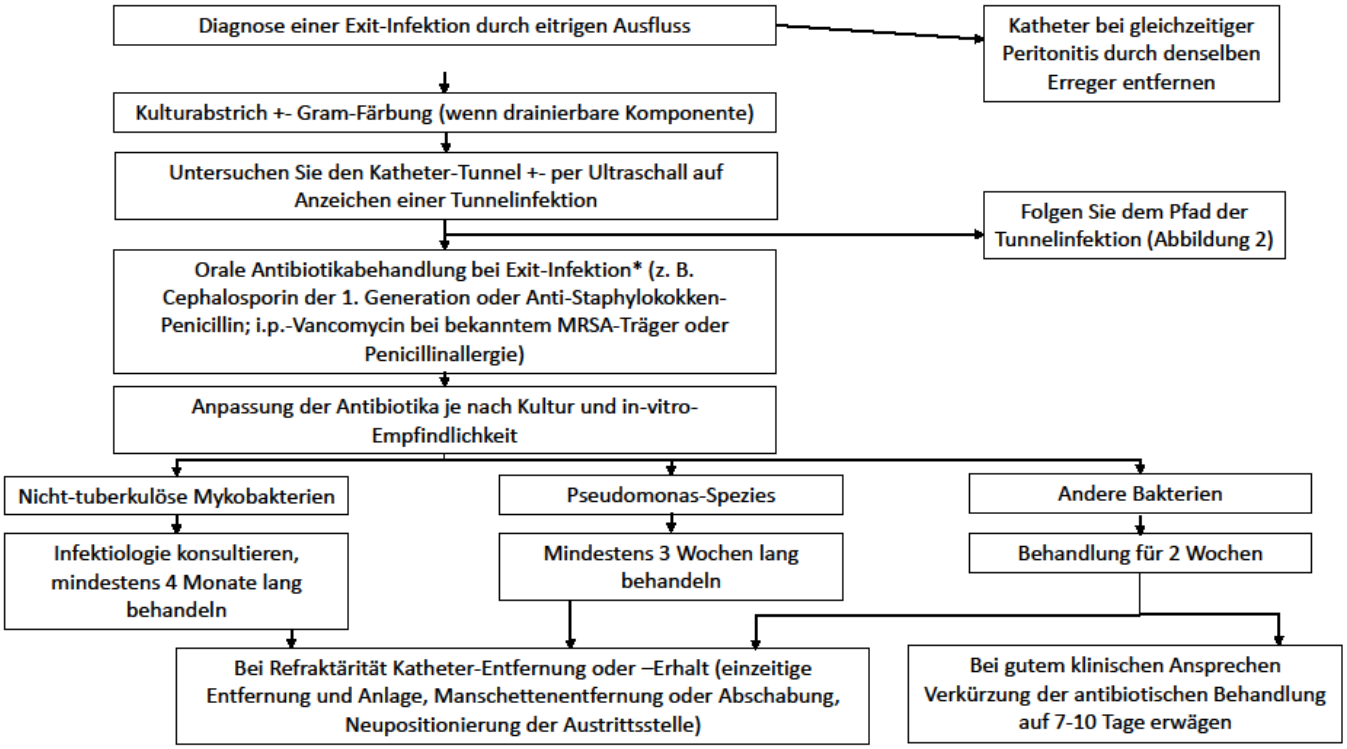


Tabelle 1. Empirische orale Antibiotika der ersten Wahl bei Katheter-assoziierten Infektionen

Amoxicillin/Clavulansäure	500 mg/125 mg oder 250 mg/125 mg 2x täglich
Cefalexin	250–500 mg 2x täglich
Flucloxacillin	500 mg 4x täglich

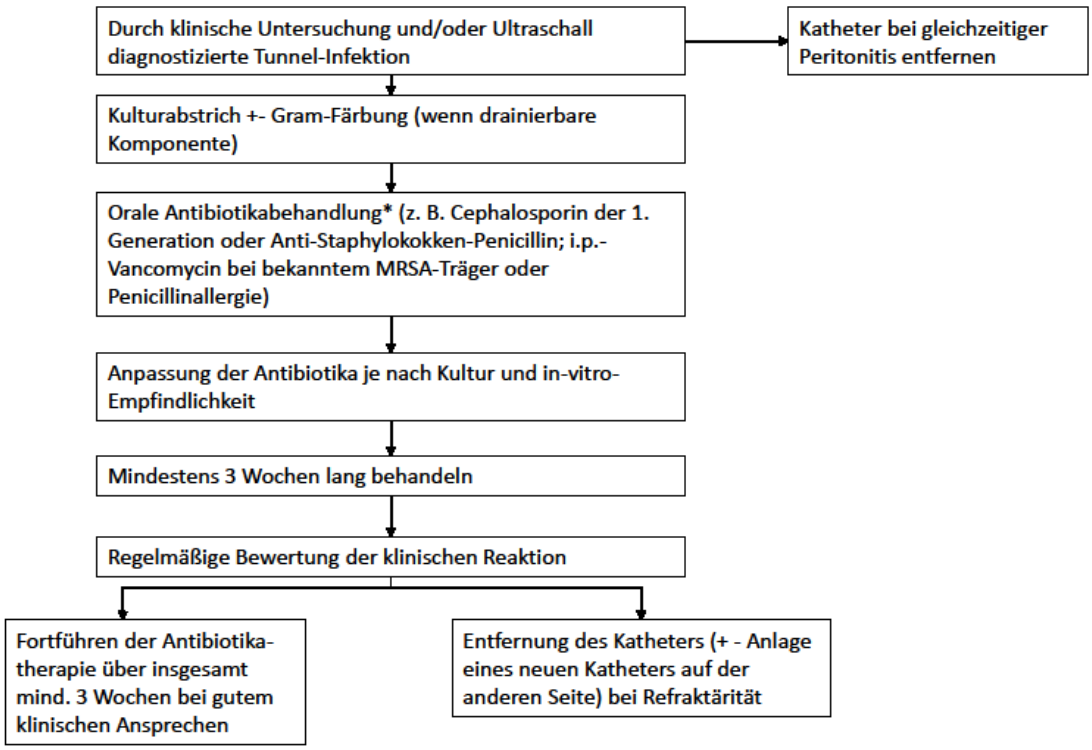
Tabelle 2. Alternative orale Antibiotika bei Katheter-assoziierten Infektionen

Ciprofloxacin	500–750 mg täglich
Clarithromycin	500 mg Initialdosis, dann 250 mg 2x täglich
Clindamycin	300–450 mg 3-4x täglich
Levofloxacin	250 mg täglich oder 500 mg alle 48 Std.
Linezolid	600 mg 2x täglich für 48 Std., dann 300 mg 2x täglich
	600 mg täglich bei NTM Infektionen[90]
Moxifloxacin	400 mg täglich
Rifampicin[a]	450 mg täglich (bei KG < 50 kg)
	600 mg täglich (bei KG > 50 kg)
Trimethoprim/ Sulfamethoxazol	*80 mg/400 mg 1x oder 2x täglich[77] oder 160 mg/800 1x täglich*

KG: Körpergewicht; NTM: Nicht tuberkulöse Mykobakterien
[a]Rifampicin wird zur Behandlung von S. aureus synergistisch mit anderen Antibiotika eingesetzt und sollte nicht als Monotherapie verabreicht werden.

Die definitive antimikrobielle Therapie und Dauer orientieren sich am besten am klinischen Ansprechen und falls vorhanden, an den Ergebnissen der Mikrobiologie und der Resistenztestung. Unser Vorschlag das klinische Ansprechen hierbei zu berücksichtigen, zielt darauf ab, das Risiko einer verlängerten Antibiotikatherapie zu minimieren. Zu beachten ist, dass in vielen Beobachtungsstudien eine Antibiotikatherapie innerhalb eines Monats nach Auftreten einer Peritonitis als Risikofaktor einer Pilzperitonitis bei PD-Patienten bestätigt wurde.[96,97] Die empfohlene Behandlungsdauer der Exit-Infektion sollte ab dem Tag einer wirksamen Antibiotikatherapie gezählt werden. Da es keine ausreichenden Daten gibt, die eine fixe 2-wöchige Therapie zu unterstützen, halten wir eine Antibiotikatherapie für einen Zeitraum von 7-10 Tage für sinnvoll (Abbildung 1). Dies entspricht der Zeit, die für eine unkomplizierte akute Infektion zur Ausheilung benötigt wird. Eine längere Antibiotikatherapie ist erforderlich bei Komplikationen wie einer Tunnel-Infektion (Abbildung 2) oder bei virulenten Organismen wie Pseudomonas-Spezies. Es gibt keine RCT-Evidenz für die Behandlungsdauer für Tunnel-Infektionen, daher wurde die Empfehlung einer mindestens 3-wöchigen Behandlung mit wirksamen Antibiotika mit Evidenzlevel 1D bewertet. Trotz früherer Behandlungsempfehlungen einer Therapiedauer von mindestens 3 Wochen bei Exit-Infektion mit Pseudomonaden,[2] gibt es auch Berichte über eine 2-wöchige antibiotische Behandlung.[98-100] Bei unbefriedigendem Ansprechen auf die Therapie bei Exit-Infektion mit Pseudomonaden, sollte ein zweites Antibiotikum gegen Pseudomonaden verabreicht werden. Im Falle eines nur zögerlichen Ansprechens bei S. aureus Infektion kann orales Rifampicin zusätzlich in Betracht gezogen werden. Rifampicin sollte aber nie als Monotherapie gegeben werden. Qualitativ hochwertige Studien, die eine ergänzende Rifampicin-Therapie bei Exit-Infektionen mit S. aureus unterstützen, fehlen jedoch. Diese Empfehlungen sind meist aus empirischen Erfahrungen von der Behandlung der Peritonitis[101] und den Behandlungsleitlinien zur Behandlung von S. aureus-Bakteriämien im Zusammenhang mit infiziertem prothetischem Material abgeleitet.[102]

Abbildung 2: Management von PD-Katheter-Tunnel-Infektionen
*PD-Patienten wird eine begleitende Antimykotika-Prophylaxe empfohlen
PD: Peritonealdialyse



Bei einer refraktären Exit-Infektion sollte der Verdacht auf atypische Organismen wie nicht-tuberkulöse Mykobakterien (NTM) in Erwägung gezogen werden. NTM können fälschlicherweise mit diphtheroiden oder Corynebacterium-Spezies verwechselt werden, was zu einer verzögerten Diagnosesicherung führt. Bei Verdacht auf

NTM sollte eine Untersuchung auf säurefeste Stäbchen mittels Ziehl-Neelsen-Färbung und die Kultivierung auf spezifischen Nährmedien angefordert werden. Die häufigste Spezies sind Mycobacterium fortuitum, gefolgt von M. abscessus und M. chelonae.[103,104] Die Differenzierung der Isolate, die als "M. chelonae/abscessus" definiert wurden, ist notwendig, da die Therapie einer Infektion mit M. abscessus schwieriger ist.[104,105] Im Allgemeinen ist eine Therapie mit zwei antimikrobiellen Substanzen mit in-vitro-Aktivität gegen das klinische Isolat für mindestens 4 Monate bei einer NTM-Infektion erforderlich. Für eine Exit-Infektion mit NTM gibt es keine standardisierten Behandlungsempfehlung, jedoch wird in den IDSA-Richtlinien die Notwendigkeit der Entfernung von Fremdmaterial hervorgehoben, um eine hohe Heilungswahrscheinlichkeit zu erzielen, dies gilt insbesondere bei Infektionen mit M. abscessus.[104]
Zudem weisen Beobachtungsstudien auf die ergänzende Rolle der Ultraschalluntersuchung bei der Beurteilung des Therapieansprechens hin. Vorläufige Ergebnisse deuten darauf hin, dass 1 Woche nach Abschluss der Antibiotikabehandlung eine hypoechogene Zone von mehr als 1 mm Dicke um die äußere Manschette ein schlechtes klinisches Ergebnis vorhersagen kann.[85] In einer anderen Studie mit 43 Patienten mit Tunnel-Infektion und PD-Kathetern mit einer Manschette war eine signifikante Abnahme der hypoechogenen Zone 2 Wochen nach Beginn der Antibiotikabehandlung mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit einer Katheter-Entfernung assoziiert.[106]
Es besteht kein Konsens darüber, ob routinemäßig 1-2 Wochen nach Beendigung der Antibiotikatherapie eine mikrobiologische Kultur vom Exit durchgeführt werden sollte. Wohingegen das Monitoring der Kultur nach primärer Sanierung einer Exit-Infektion nachweislich hilft eine persistierende Kolonisation zu erkennen, die wiederum mit einem höheren Risiko einer Peritonitis[107] und einem Verfahrenswechsel zur Hämodialyse assoziiert ist.[107,108]

Chirurgische Interventionen einer Katheter-assoziierten Infektion

- Wir empfehlen die PD-Katheter Entfernung bei Patienten mit Exit- oder Tunnel-Infektion bei denen zeitgleich eine Peritonitis vorliegt oder bei denen sich eine Peritonitis mit demselben Erreger entwickelt **(2C)**.
- Wir empfehlen die zeitgleiche Entfernung und Katheter-Neuanlage mit einer neuen Katheter-Austrittsstelle (Exit) unter antibiotischer Abdeckung, wenn eine Exit-Infektion oder Tunnel-Infektion unter adäquater antibiotischer Therapie nicht ausheilt **(2C)**.
- Wir empfehlen die zeitgleiche PD-Katheter-Entfernung und -Neuanlage zu vermeiden, wenn bei vorliegender Peritonitis eine Beteiligung der tiefen Dacron-Manschette vorliegt **(1C)**.
- Wir empfehlen, dass bei ausgewählten Patienten, eine chirurgische Rettungsmaßnahme als Alternative zur zeitgleichen Katheter-Neuanlage in Erwägung gezogen werden kann **(2C)**.
- Wir empfehlen, die Entfernung der Katheter Manschette oder Abschabung bei PD-Patienten mit externer Manschetten Extrusion und Exit-Infektion, welche refraktär auf eine Antibiotikatherapie ist, in Erwägung zu ziehen **(2C)**.
- Wir empfehlen, dass bei Patienten mit antibiotikarefraktärer Exit-Infektion eine Neu-Lokalisierung des Exits in Erwägung gezogen werden sollte **(2C)**.

Die Kontrolle der Infektionsquelle stellt die wichtigste Strategie für Katheter-assoziierte Infektionen dar, insbesondere wenn eine anhaltende Infektion oder infektiöse Herde vorliegen. Wie in den aktualisierten Empfehlungen der ISPD Peritonitis-Leitlinien zur aus dem Jahr 2022 hervorgehoben, sollte die gleichzeitige Katheter-Entfernung und Neuanlage des PD-Katheters bei Vorliegen einer nicht ausgeheilten Peritonitis nicht versucht werden.[3] Eine Katheter-Entfernung wird bei gleichzeitigem Vorliegen einer Katheter-Infektion mit einer Peritonitis empfohlen (Abbildung 1). Infolgedessen ist eine vorrübergehende Hämodialyse für mindestens zwei Wochen nach Katheter Entfernung und kompletter Ausheilung der Peritonitis empfohlen, ohne einen erneuten Versuch einer Katheter Neuanlage. Es existieren nur wenige Daten über den Zeitpunkt der PD-Katheter Neuanlage, wenn dieser aus infektiologischen Gründen entfernt wurde. [109] Eine Wartezeit von mindestens 2 Wochen erscheint vernünftig.
Bei einer isolierten PD-Katheter Infektion stellt die einzeitige Katheter-Entfernung und -Neuanlage eine Option dar, um die Unterbrechung der PD zu minimieren und einen ungeplanten Verfahrenswechsel zur Hämodialyse zu vermeiden. Dieser Ansatz wird durch Beobachtungsstudien unterstützt.[110-114] Die Machbarkeit einer einzeitigen Katheter-Entfernung und -Neuanlage wurde in einer Studie mit 37 Fällen mit refraktärer P. aeruginosa Exit-Infektion untersucht. Alle Patienten wurden antibiotisch für eine Woche postoperativ behandelt. Nach Vier

Wochen gab es keinen Rückfall einer P. aeruginosa Exit-Infektion.[100] Die Dauer der postoperativen Antibiotika Abdeckung wurde in zwei anderen Fallserien bei Patienten mit Tunnel-Infektion (die Mehrheit, der zu Grunde liegenden Erreger waren P. aeruginosa und S. aureus) auf zwei Wochen verlängert[112,115]. Die Erfolgsrate einer einzeitigen Katheter-Entfernung und -Neuanlage war höher bei Tunnel-Infektion mit S. aureus (einschließlich in Fällen mit gleichzeitiger Peritonitis), die eine klinische Verbesserung einschließlich eines Rückgangs der Leukozyten im Dialysat aufwiesen).[115] Der Behandlungserfolg betrug dennoch lediglich 50% bei wiederkehrender durch P. aeruginosa verursachter Peritonitis und Tunnel-Infektion.[115]

Die Möglichkeit einer einzeitigen Katheter-Entfernung und -Neuanlage kann auch für resistente Erreger einschließlich NTM, erwogen werden, die Daten zum klinischen Ergebnis sind allerdings limitiert.[112,116] Allerdings sollte bei Infektion mit M. abscessus eine Katheter-Entfernung angestrebt werden, da die einzeitige Katheter-Entfernung und -Neuanlage wenig Erfolg zeigt.[104, 105,117]

Obwohl die einzeitige Katheter-Entfernung und –Neuanlage mit einer hohen Wahrscheinlichkeit einhergeht, dass hierdurch die Katheter-assoziierte Infektion beseitigt wird, bedingt dieses Vorgehen potentielle Komplikationen durch die Katheter-Neuanlage, sowie z.B. Katheter-Leckage und Flussprobleme.[14] Andere Lösungsstrategien wurden daher vorgeschlagen.[118]

Die Extrusion der externen Manschette durch den Exit ist eine mechanische Komplikation, die durch die Biegung eines geraden Schlauchsegments des Katheters und Rückkehr in die ursprüngliche Konfiguration bedingt sind.[14] Mit der Zeit kehrt der Katheterschlauch in seine ursprüngliche gerade Konfiguration zurück, wodurch sich die externe Manschette durch den Exit nach außen arbeitet. Wenn die extrudierte Manschette nicht behandelt wird, kann eine Bakterienbesiedlung und Prädisposition für eine Exit-Infektion auftreten. Bei Patienten mit freiliegender externer Manschette und persistierender Exit-Infektionen kann die Entfernung oder Reinigung der externen Manschette in Erwägung gezogen werden, wenn die Infektion auf den Exit begrenzt ist. Diese Vorgehensweise wurde ursprünglich für Patienten empfohlen, die eine rezidivierende, wiederkehrende Exit-Infektion mit Pseudomonaden entwickelten.[119] Weitere Daten zur Unterstützung dieser Vorgehensweise stammen von Beobachtungsstudien von Patienten mit Exit-Infektionen sekundär durch andere Erreger wie Staphylococcus aureus und/oder epidermidis, Corynebakterium und manchmal auch Gram-negativen Erregern.[120-122] Der Nutzen eines Abschabens der externen Manschette bei Exit-Infektion mit S. aureus wurde in drei Studien gezeigt, bei denen ein erneutes Auftreten oder Rezidiv einer Exit-Infektion oder Peritonitis in 17% [120], 50% [122] und 44% auftrat [121]. Bei fehlender Infektion und z.B. bei Extrusion der Manschette nach erheblichem Gewichtsverlust[122] oder durch mechanische Kräften durch Zurückbiegen des Katheters in die Ausgangsposition, liegt keine ausreichende Evidenz vor, um eine Abschabung oder Entfernung der externen Manschette zu empfehlen. Wir sind uns auch der Notwendigkeit bewusst, Nutzen und Risiko durch potentielle Komplikationen dieser Prozedur abzuwägen. Generell wird die Abschabung oder Entfernung der externen Manschette unter sterilen Konditionen am Krankenbett oder in der Ambulanz durchgeführt. Üblicherweise wird die Manschette vom PD-Katheter mit stumpfen Pinzetten abgezogen.[14,120,122] Das Abschaben der Manschette mit einem Skalpell kann ebenfalls durchgeführt werden, in dem die Skalpell-Klinge parallel zur freiliegenden Manschette geführt wird.[121,123] Diese scharfe Präparation sollte jedoch von erfahrenem klinischem Personal durchgeführt werden, um das Risiko einer Katheter-Verletzung zu minimieren. Die Klinge muss zudem häufig gewechselt werden, damit das Manchettenmaterial entfernt werden kann, ohne dass durch den übermäßigen Druck einer stumpfen Klinge akzidentell in das Katheterlumen geschnitten wird. Eine andere Möglichkeit dieses Verfahrens besteht darin, die über dem Tunnel gelegene Haut abzutragen , wenn die Manschette partiell freigelegt ist (Entdeckelung, *deroofing*).[14] Einige Nephrologen verabreichen prophylaktisch topisch oder systemisch Antibiotika, entweder vor oder nach dem Eingriff, um das Abklingen der Infektion zu unterstützen.[120-122] Bei eitrigen Exsudat an der freiliegende Manschette, sollten mikrobielle Kulturen gewonnen werden, um eine Antibiogramm-gerechte Therapie zu steuern.

Neben der Entfernung der externen Manschette bei refraktärer Exit-Infektion besteht alternativ die Möglichkeit der Neupositionierung der Katheter-Austrittsstelle. Dieser ambulante Eingriff kann unter lokaler Anästhesie nach präoperativer intravenöser Antibiotikagabe durchgeführt werden.[124] Die Freilegung der externen Manschette kann durch Exzision am Exit und der Haut über dem subkutanen Verlauf des Katheters en bloc zusammen mit dem Gewebe um den Katheter herum erfolgen. Infiziertes Gewebe in der Nähe des Exits und/oder dem Tunnel wird entfernt, während der freiliegende Katheter durch Abdecken mit sterilen Kompressen mit 2-%iger Chlorhexidin Lösung für mind. 5 min desinfiziert wird.[124] Der externalisierte Katheter wird subkutan an

einem neuen Exit herausgeleitet.[124,125] Alternativ wird das extraperitoneale Segment des PD-Katheters durchtrennt und ein neues, steriles Katheter Segment mit Manschette an den ursprünglichen Katheter mit einem doppelten Titanstecker konnektiert (innere Manschette).[126, 127] Es liegen mindestens vier monozentrische Beobachtungsstudien vor, die auf einen möglichen Nutzen einer Exit-Neupositionierung bei Patienten mit antibiotikarefraktärer Exit-Infektion hinweisen.[15,124,125,127] Eine erfolgreiche Neupositionierung des Katheter-Exits, definiert als komplette Remission der Infektion, die Innerhalb eines Monats nach operativer Revision keinen weiteren Eingriff erforderte, lag bei 83% von 52 Patienten,[15] 90% von 33 Patienten[127] und 69% von 36 Patienten[125] vor. Obwohl keine RCTS vorliegen, die unterschiedliche Vorgehensweisen vergleichen, lag die mediane Überlebensdauer des PD-Katheters bei 84 Monaten, statistisch gesehen höher als in einer Beobachtungsstudie mit einer konservativ behandelten Vergleichsgruppe, bei der die Katheterüberlebensdauer bei 49 Monaten lag.[127] Wichtig ist, dass dieses Verfahren die Fortführung der PD ermöglicht. Diese Vorgehensweise hat sich auch bei der Behandlung von NTM Exit-Infektionen als vorteilhaft erwiesen.[127] Der Behandlungserfolg ohne Entfernung des gesamten PD-Katheters hängt vom Schweregrad der Infektion ab, die Infektion sollte nicht über die oberflächliche Manschette hinausreichen.[127, 128] Falls die innere (tieferliegende) Manschette präoperativ sonographische Infektzeichen aufweist[129] oder im Verlauf des operativen Eingriffes infiziert erscheint, sollte der komplette PD-Katheter entfernt werden. Gemäß einer kürzlich durchgeführten systematischen Übersichtsarbeit, [130] wird insgesamt die Qualität der publizierten Evidenz für diese Maßnahmen zum Kathetererhalt aufgrund des Studiendesigns als gering eingestuft. Eine Metaanalyse war nicht möglich, so dass unsicher bleibt, ob eine Technik der anderen überlegen ist. Eine gepoolte Analyse der Abschabung der Manschette mit dem Skalpell oder die Neupositionierung des Exits (inklusive der en bloc Resektion des infizierten Gewebes) zeigte, dass diese Techniken mit Komplikationsraten von 2,7% sicher sind[130]

Tabelle 3. Zusammenfassung veschiedener chirurgischer Eingriffe bei isolierter Katheter-assoziierter Infektion ohne gleichzeitige Peritonitis

Rettungsverfahren	Klassifizierung chirugischer Wunden	Anzahl Studien	Erfolgsquote der Interventionen (%)
Einzeitige Katheter-Explantation und -Neuanlage[110,112,114,115,131]	sauber	5	92/95 (96,8%)
Neupositionierung des Exits: Resektion des Katheters mit Entfernung des infizierten Katheterrestes[126,127,129,132-135]	sauber	7	114/175 (82.3%)
Katheter-Neupositionierung mit Abschabung der Manschette[125,136]	unrein	2	47/51 (92,2%)
Katheter-Freilegung, Wundexzision oder En-bloc-Resektion mit Abschabung der Manschette[15,120,121,128,130,137,138]	unrein	7	120/185 (64.9%)

[a]Chirurgische Wunden werden anhand der Wundklassen des National Healthcare Safety Network[139] als sauber, kontaminiert oder unrein/infiziert klassifiziert (dies bezieht sich auf alte Wunden mit zurückgebliebenem revitalisiertem Gewebe und auf solche, die eine bestehenede klinische Infektion aufweisen. Dies weist darauf hin, dass die eine postoperative Infektion verursachenden Erreger bereits vor der Operation im Operationsfeld vorhanden waren).

Forschungsperspektiven

Die optimale Methode der Exit-Pflege zur Vermeidung von Infektionen ist nach wie vor unzureichend definiert. Die Entschlüsselung der Risikofaktoren und Mechanismen, die zu einer Katheter-Infektion und Abklingen der Infektion führen, kann einen größeren Fortschritt bei Prävention und Behandlung ermöglichen.

Außerdem sind adäquat gepowerte Studien erforderlich, um optimale prophylaktische Maßnahmen und Behandlungsdauer für Exit-Infektionen und Tunnel-Infektionen zu definieren. RCTS, die unterschiedliche Antibiotika Therapiedauern zur Behandlung von endoprothetischen Gelenksinfektionen[142] und intraabdominellen Infektionen[143] bewerten, sind bereits durchgeführt worden. Solche Studien sind allerdings noch nicht für Exit-Infektionen, die eine PD erschweren, durchgeführt worden. Vorläufige Ergebnisse[144] oder in vitro Daten[145] für neue Behandlungsoptionen wie die antimikrobielle Wirkung von Essig oder seinem aktiven Wirkstoff Essigsäure gegen Pseudomonas Exit-Infektionen sollten weiter erforscht werden. Neuere Techniken, wie den Erhaltdes

PD-Katheters durch Neupositionierung, können die Ergebnisse der PD verbessern, sind bislang jedoch noch nicht systematisch untersucht worden. Eine künftige Verbesserung bei der Behandlung der Katheter-Infektionen könnte die Point-Off-Care Ultraschall Untersuchung und die Überwachung des Therapieansprechens bringen.[86] Die Inzidenz und Prävalenz der NTM Katheter Infektionen nimmt zu.[103] Angesichts der Persistenz der Infektion sollte die laufende, prospektive Erhebung von Daten aus Registern helfen, die empfohlene Behandlungsstrategie zu präzisieren. Schlussendlich ist ein Benchmark der Exit-Infektionsrate noch nicht exakt definiert, die langfristig den PD-Anwendern helfen kann effektivere, präventive Strategien zu entwickeln.

Ethical approval
Not applicable.

Funding
The author(s) received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

ORCID iDs
Kai Ming Chow https://orcid.org/0000-0001-5310-5197
Philip Kam-Tao Li https://orcid.org/0000-0001-9879-8388
Yeoungjee Cho https://orcid.org/0000-0002-3502-9837
Edwina A Brown https://orcid.org/0000-0002-4453-6486
Brett Cullis https://orcid.org/0000-0001-8909-686X
Helen Hurst https://orcid.org/0000-0002-7268-171X
Thyago Proenc¸a de Moraes https://orcid.org/0000-0002-2983-3968
David W Johnson https://orcid.org/0000-0001-5491-3460

Informed consent
Not applicable

Literatur

1. Manera KE, Johnson DW, Craig JC, et al. Establishing a core outcome set for peritoneal dialysis: report of the SONG-PD (Standardized Outcomes in Nephrology-Peritoneal Dialysis) consensus workshop. Am J Kidney Dis 2020; 75(3): 404–412.
2. Szeto CC, Li PK, Johnson DW, et al. ISPD catheter-related infection recommendations: 2017 update. Perit Dial Int 2017; 37(2): 141–154.
3. Li PK, Chow KM, Cho Y, et al. ISPD peritonitis guideline recommendations: 2022 update on prevention and treatment. Perit Dial Int 2022; 42(2): 110–153.
4. Atkins D, Best D, Briss PA, et al. Grading quality of evidence and strength of recommendations. BMJ 2004; 328(7454): 1490.
5. Warady BA, Bakkaloglu S, Newland J, et al. Consensusguidelines for the prevention and treatment of catheterrelated infections and peritonitis in pediatric patients receiving peritoneal dialysis: 2012 update. Perit Dial Int 2012; 32(Suppl 2): S32–S86.
6. Gonthier D, Bernardini J, Holley JL, et al. Erythema: Does it indicate infection in a peritoneal catheter exit site? Adv Perit Dial 1992; 8: 230–233.
7. Rigo M, Pecoits-Filho R, Lambie M, et al. Clinical utility of a traditional score system for the evaluation of the peritoneal dialysis exit-site infection in a national multicentric cohort study. Perit Dial Int 2021; 41(3): 292–297.
8. Schmitt R, Haller H and Hiss M. Quiz page September 2012: erythematous rash around peritoneal dialysis catheter exit site. Am J Kidney Dis 2012; 60(3): A29–A31.
9. Schaefer F, Klaus G, Muller-Wiefel DE, et al. Intermittent versus continuous intraperitoneal glycopeptide/ceftazidime treatment in children with peritoneal dialysis-associated peritonitis. The Mid-European Pediatric Peritoneal Dialysis Study Group (MEPPS). J Am Soc Nephrol 1999; 10(1): 136–145.
10. Twardowski ZJ and Prowant BF. Classification of normal and diseased exit sites. Perit Dial Int 1996; 16(Suppl 3): S32–S50.
11. Plum J, Sudkamp S and Grabensee B. Results of ultrasoundassisteddiagnosis of tunnel infections in continuous ambulatory peritoneal dialysis. Am J Kidney Dis 1994; 23(1): 99–104.
12. van Diepen AT, Tomlinson GA and Jassal SV. The association between exit site infection and subsequent peritonitis among peritoneal dialysis patients. Clin J Am Soc Nephrol 2012; 7(8): 1266–1271.
13. Bernardini J, Bender F, Florio T, et al. Randomized, doubleblind trial of antibiotic exit site cream for prevention of exit site infection in peritoneal dialysis patients. J Am Soc Nephrol 2005; 16(2): 539–545.
14. Crabtree JH, Shrestha BM, Chow KM, et al. Creating and maintaining optimal peritoneal dialysis access in the adult patient: 2019 update. Perit Dial Int 2019; 39(5): 414–436.
15. Kang SH, Cho KH, Kim AY, et al. Catheter salvage using revision for a peritoneal dialysis catheter with intractable exit site and/or tunnel infections. Semin Dial 2022; 36(1): 53–56.
16. Nataatmadja M, Cho Y and Johnson DW. Continuous quality improvement initiatives to sustainably reduce peritoneal dialysis-related infections in Australia and New Zealand. Perit Dial Int 2016; 36(5): 472–477.
17. Boudville N, Johnson DW, Zhao J, et al. Regional variation in the treatment and prevention of peritoneal dialysis-related infections in the peritoneal dialysis outcomes and practice patterns study. Nephrol Dial Transplant 2019; 34(12): 2118–2126.
18. Mushahar L, Mei LW, Yusuf WS, et al. Exit-site dressing and infection in peritoneal dialysis: a randomized controlled pilot trial. Perit Dial Int 2016; 36(2): 135–139.
19. Lin J, Ye H, Li J, et al. Prevalence and risk factors of exit-site infection in incident peritoneal dialysis patients. Perit Dial Int 2020; 40(2): 164–170.
20. Htay H, Johnson DW, Wu SY, et al. Comparison of topical chlorhexidine and mupirocin for the prevention of exit-site infection in incident peritoneal dialysis patients. Perit Dial Int 2017; 37(3): 266–272. 14 *Peritoneal Dialysis International XX(X)*
21. Committee HTW, Zhang L, Badve SV, et al. Representativeness of honeypot trial participants to Australasian PD patients. Perit Dial Int 2017; 37(5): 516–522.
22. Johnson DW, Badve SV, Pascoe EM, et al. Antibacterial honey for the prevention of peritoneal-dialysis-related infections (HONEYPOT): a randomised trial. Lancet Infect Dis 2014; 14(1): 23–30.
23. Chen SS, Sheth H, Piraino B, et al. Long-term exit-site gentamicin prophylaxis and gentamicin resistance in a peritoneal dialysis program. Perit Dial Int 2016; 36(4): 387–389.
24. Ferreira AC, Fernandes V, Rodrigues A, et al. Peritoneal dialysis exit-site care protocols in Portugal and its association with catheter-related infections. Blood Purif 2023; 52: 1–7.
25. Campbell D, Mudge DW, Craig JC, et al. Antimicrobial agents for preventing peritonitis in peritoneal dialysis patients. Cochrane Database Syst Rev 2017; 4: CD004679.

26. Gadallah MF, Ramdeen G, Torres C, et al. Preoperative vancomycin prophylaxis for newly placed peritoneal dialysis catheters prevents postoperative peritonitis. Adv Perit Dial 2000; 16: 199–203.
27. Grothe C, Taminato M, Belasco A, et al. Prophylactic treatment of chronic renal disease in patients undergoing peritoneal dialysis and colonized by Staphylococcus aureus: a systematic review and meta-analysis. BMC Nephrol 2016; 17(1): 115.
28. Htay H, Johnson DW, Craig JC, et al. Catheter type, placement and insertion techniques for preventing catheter-related infections in chronic peritoneal dialysis patients. Cochrane Database Syst Rev 2019; 5: CD004680.
29. Agarwal A, Whitlock RH, Bamforth RJ, et al. Percutaneous versus surgical insertion of peritoneal dialysis catheters: a systematic review and meta-analysis. Can J Kidney Health Dis 2021; 8: 20543581211052731.
30. Dombros N, Dratwa M, Feriani M, et al. European best practice guidelines for peritoneal dialysis. 3 Peritoneal access. Nephrol Dial Transplant 2005; 20(Suppl 9): ix8–ix12.
31. Prowant BF and Twardowski ZJ. Recommendations for exit care. Perit Dial Int 1996; 16(Suppl 3): S94–S99.
32. Htay H, Johnson DW, Craig JC, et al. Urgent-start peritoneal dialysis versus conventional-start peritoneal dialysis for people with chronic kidney disease. Cochrane Database Syst Rev 2020; 12: CD012913.
33. Nessim SJ, Bargman JM and Jassal SV. Relationship between double-cuff versus single-cuff peritoneal dialysis catheters and risk of peritonitis. Nephrol Dial Transplant 2010; 25(7): 2310–2314.
34. Eklund B, Honkanen E, Kyllonen L, et al. Peritoneal dialysis access: prospective randomized comparison of single-cuff and double-cuff straight Tenckhoff catheters. Nephrol Dial Transplant 1997; 12(12): 2664–2666.
35. Crabtree JH, Burchette RJ, Siddiqi RA, et al. The efficacy of silver-ion implanted catheters in reducing peritoneal dialysis-related infections. Perit Dial Int 2003; 23(4): 368–374.
36. Kim CY, Kumar A, Sampath L, et al. Evaluation of an antimicrobial-impregnated continuous ambulatory peritoneal dialysis catheter for infection control in rats. Am J Kidney Dis 2002; 39(1): 165–173.
37. Figueiredo AE, Bernardini J, Bowes E, et al. A syllabus for teaching peritoneal dialysis to patients and caregivers. Perit Dial Int 2016; 36(6): 592–605.
38. Zhang L, Hawley CM, Johnson DW. Focus on peritonealdialysis training: working to decrease peritonitis rates. Nephrol Dial Transplant 2016; 31(2): 214–222.
39. Cheetham MS, Zhao J, McCullough K, et al. International peritoneal dialysis training practices and the risk of peritonitis. Nephrol Dial Transplant 2022; 37(5): 937–949.
40. Dryden MS, Ludlam HA, Wing AJ, et al. Active intervention dramatically reduces CAPD-associated infection. Adv Perit Dial 1991; 7: 125–128.
41. Hall G, Bogan A, Dreis S, et al. New directions in peritoneal dialysis patient training. Nephrol Nurs J 2004; 31(2): 149–154. 159–163.
42. Chow JS, Adams K, Cho Y, et al. Targeted Education ApproaCH to improve Peritoneal Dialysis Outcomes (TEACH-PD): a feasibility study. Perit Dial Int 2020; 40(2): 153–163.
43. Gokal R, Ash SR, Helfrich GB, et al. Peritoneal catheters and exit-site practices: toward optimum peritoneal access. Perit Dial Int 1993; 13(1): 29–39.
44. Chang JH, Oh J, Park SK, et al. Frequent patient retraining at home reduces the risks of peritoneal dialysis-related infections: a randomised study. Sci Rep 2018; 8(1): 12919.
45. Strippoli GF, Tong A, Johnson D, et al. Antimicrobial agents to prevent peritonitis in peritoneal dialysis: a systematic review of randomized controlled trials. Am J Kidney Dis 2004; 44(4): 591–603.
46. Tacconelli E, Carmeli Y, Aizer A, et al. Mupirocin prophylaxis to prevent Staphylococcus aureus infection in patients undergoing dialysis: a meta-analysis. Clin Infect Dis 2003; 37(12): 1629–1638.
47. Bernardini J, Piraino B, Holley J, et al. A randomized trial of Staphylococcus aureus prophylaxis in peritoneal dialysis patients: mupirocin calcium ointment 2% applied to the exit site versus cyclic oral rifampin. Am J Kidney Dis 1996; 27(5): 695–700.
48. Xu G, Tu W and Xu C. Mupirocin for preventing exit-site infection and peritonitis in patients undergoing peritoneal dialysis. Nephrol Dial Transplant 2010; 25(2): 587–592.
49. Perez-Fontan M, Rosales M, Rodriguez-Carmona A, et al. Mupirocin resistance after long-term use for staphylococcus aureus colonization in patients undergoing chronic peritoneal dialysis. Am J Kidney Dis 2002; 39(2): 337–341.
50. Piraino B.Mupirocin for preventing exit-site infection and peritonitis in patients undergoing peritoneal dialysis. Was it effective? Nephrol Dial Transplant 2010; 25(2): 349–352.
51. Obata Y, Murashima M, Toda N, et al. Topical application of mupirocin to exit sites in patients on peritoneal dialysis: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Ren Replace Ther 2020; 6: 12.

52. Nochaiwong S, Ruengorn C, Noppakun K, et al. Comparative Effectiveness of Local Application of Chlorhexidine *Chow et al.* 15 Gluconate, Mupirocin Ointment, and Normal Saline for the Prevention of Peritoneal Dialysis-related Infections (COSMO-PD Trial): a multicenter randomized, doubleblind, controlled protocol. Trials 2019; 20(1): 754.
53. Nessim SJ and Jassal SV. Gentamicin-resistant infections in peritoneal dialysis patients using topical gentamicin exit-site prophylaxis: a report of two cases. Perit Dial Int 2012; 32(3): 339–341.
54. Pierce DA, Williamson JC, Mauck VS, et al. The effect on peritoneal dialysis pathogens of changing topical antibiotic prophylaxis. Perit Dial Int 2012; 32(5): 525–530.
55. Lo MW, Mak SK, Wong YY, et al. Atypical mycobacterial exit-site infection and peritonitis in peritoneal dialysis patients on prophylactic exit-site gentamicin cream. Perit Dial Int 2013; 33(3): 267–272.
56. Wong PN, Tong GM, Wong YY, et al. Alternating mupirocin/gentamicin is associated with increased risk of fungal peritonitis as compared with gentamicin alone – results of a randomized open-label controlled trial. Perit Dial Int 2016; 36(3): 340–346.
57. Zhang L, Badve SV, Pascoe EM, et al. The effect of exit-site antibacterial honey versus nasal mupirocin prophylaxis on the microbiology and outcomes of peritoneal dialysis-associated peritonitis and exit-site infections: a sub-study of the honeypot trial. Perit Dial Int 2015; 35(7): 712–721.
58. McQuillan RF, Chiu E, Nessim S, et al. A randomized controlled trial comparing mupirocin and polysporin triple ointments in peritoneal dialysis patients: the MP3 Study. Clin J Am Soc Nephrol 2012; 7(2): 297–303.
59. Nunez-Moral M, Sanchez-Alvarez E, Gonzalez-Diaz I, et al. Exit-site infection of peritoneal catheter is reduced by the use of polyhexanide. Results of a prospective randomized trial. Perit Dial Int 2014; 34(3): 271–277.
60. Findlay A, Serrano C, Punzalan S, et al. Increased peritoneal dialysis exit site infections using topical antiseptic polyhexamethylene biguanide compared to mupirocin: results of a safety interim analysis of an open-label prospective randomized study. Antimicrob Agents Chemother 2013; 57(5): 2026–2028.
61. Tam BM and Chow SK. A preliminary report on the effectiveness of nanotechnology anti-microbial spray dressing in preventing Tenckhoff catheter exit-site infection. Perit Dial Int 2014; 34(6): 670–673.
62. Khandelwal M, Bailey S, Izatt S, et al. Structural changes in silicon rubber peritoneal dialysis catheters in patients using mupirocin at the exit site. Int J Artif Organs 2003; 26(10):913–917.
63. Gardezi AI, Schlageter KW, Foster DM, et al. Erosion of the silicone peritoneal dialysis catheter with the use of gentamicin cream at the exit site. Adv Perit Dial 2016; 32: 15–18.
64. Riu S, Ruiz CG, Martinez-Vea A, et al. Spontaneous rupture of polyurethane peritoneal catheter. A possible deleterious effect of mupirocin ointment. Nephrol Dial Transplant 1998; 13(7): 1870–1871.
65. Luzar MA, Brown CB, Balf D, et al. Exit-site care and exitsite infection in continuous ambulatory peritoneal dialysis (CAPD): results of a randomized multicenter trial. Perit Dial Int 1990; 10(1): 25–29.
66. Wilson AP, Lewis C, O'Sullivan H, et al. The use of povidone iodine in exit site care for patients undergoing continuous peritoneal dialysis (CAPD). J Hosp Infect 1997; 35(4): 287–293.
67. Berns JS and Tokars JI. Preventing bacterial infections and antimicrobial resistance in dialysis patients. Am J Kidney Dis 2002; 40(5): 886–898.
68. Htay H, Choo JCJ, Johnson DW, et al. Chlorhexidineimpregnated sponge dressing for prevention of catheter exit-site infection in peritoneal dialysis patients: a pilot study. Int Urol Nephrol 2021; 53(4): 803–812.
69. Mendoza-Guevara L, Castro-Vazquez F, Aguilar-Kitsu A, et al. Amuchina 10% solution, safe antiseptic for preventing infections of exit-site of Tenckhoff catheters, in the pediatric population of a dialysis program. Contrib Nephrol 2007; 154: 139–144.
70. Chua AN, Goldstein SL, Bell D, et al. Topical mupirocin/sodium hypochlorite reduces peritonitis and exit-site infection rates in children. Clin J Am Soc Nephrol 2009; 4(12):1939–1943.
71. Jones LL, Tweedy L and Warady BA. The impact of exit-site care and catheter design on the incidence of catheter-related infections. Adv Perit Dial 1995; 11: 302–305.
72. Shelton DM. A comparison of the effects of two antiseptic agents on Staphylococcus epidermidis colony forming units at the peritoneal dialysis catheter exit site. Adv Perit Dial 1991; 7: 120–124.
73. Ceri M, Yilmaz SR, Unverdi S, et al. Effect of local polyhexanide application in preventing exit-site infection and peritonitis: a randomized controlled trial. Ther Apher Dial 2020; 24(1): 81–84.
74. Wong SCY, Wong SC, Chen JHK, et al. Polyclonal Burkholderia cepacia complex outbreak in peritoneal dialysis patients caused by contaminated aqueous chlorhexidine. Emerg Infect Dis 2020; 26(9): 1987–1997.
75. Romero-Gomez MP, Quiles-Melero MI, Pena Garcia P, et al. Outbreak of Burkholderia cepacia bacteremia caused by contaminated chlorhexidine in a hemodialysis unit. Infect Control Hosp Epidemiol 2008; 29(4): 377–378.

76. Kaitwatcharachai C, Silpapojakul K, Jitsurong S, et al. An outbreak of Burkholderia cepacia bacteremia in hemodialysis patients: an epidemiologic and molecular study. Am J Kidney Dis 2000; 36(1): 199–204.
77. Gleeson S, Mulroy E, Bryce E, et al. Burkholderia cepacia: an outbreak in the peritoneal dialysis unit. Perit Dial Int 2019; 39(1): 92–95.
78. Ding XR, Huang HE, Liao YM, et al. Daily self-care practices influence exit-site condition in patients having peritoneal dialysis: a multicenter cross-sectional survey. J Adv Nurs 2021; 77(5): 2293–2306.
79. Bennett PN, Bohm C, Harasemiw O, et al. Physical activity and exercise in peritoneal dialysis: International Society for Peritoneal Dialysis and the global renal exercise network practice recommendations. Perit Dial Int 2022; 42(1): 8–24. 16 *Peritoneal Dialysis International XX(X)*
80. Soetendorp H, Kliuk-Ben Bassat O, Wasserman A, et al. Water avoidance and modification of exit-site care with stoma bag results in reduced exit-site infection rate in peritoneal dialysis patients. Clin Nephrol 2021; 95(6): 323–331.
81. Taheri S, Ahmadnia M, Mortazavi M, et al. Comparing the effect of dressing versus no-dressing on exit site infection and peritonitis in chronic ambulatory peritoneal dialysis patients. Adv Biomed Res 2017; 6: 5.
82. Figueiredo AE, de Mattos C, Saraiva C, et al. Comparison between types of dressing following catheter insertion and early exit-site infection in peritoneal dialysis. J Clin Nurs 2017; 26(21–22): 3658–3663.
83. Vychytil A, Lilaj T, Lorenz M, et al. Ultrasonography of the catheter tunnel in peritoneal dialysis patients: What are the indications? Am J Kidney Dis 1999; 33(4): 722–727.
84. Korzets Z, Erdberg A, Golan E, et al. Frequent involvement of the internal cuff segment in CAPD peritonitis and exitsite infection – an ultrasound study. Nephrol Dial Transplant 1996; 11(2): 336–339.
85. Kwan TH, Tong MK, Siu YP, et al. Ultrasonography in the management of exit site infections in peritoneal dialysis patients. Nephrology (Carlton) 2004; 9(6): 348–352.
86. Granata A, Rahbari E, Di Nicolo P, et al. The underrated role of ultrasound in peritoneal dialysis. J Ultrasound Med 2022; 41(2): 301–310.
87. Granata A, Rahbari E, Pesce F, et al. Contrast-enhanced ultrasound in peritoneal dialysis: when and how to perform it. J Nephrol 2022; 35(5): 1329–1337.
88. Hui YH, So WK, Ng MS, et al. Treating peritoneal dialysis catheter exit-site granulomas with chlorhexidine swabstick: a pilot study. J Ren Care 2021; 47(2): 103–112.
89. Matinfar M, Taheri S, Karimi S, et al. Successful treatment of peritoneal dialysis catheter exit-site granuloma with silver ion-based dressing. J Vasc Access 2021; 22(4): 685–686.
90. Winthrop KL, Ku JH, Marras TK, et al. The tolerability of linezolid in the treatment of nontuberculous mycobacterial disease. Eur Respir J 2015; 45(4): 1177–1179.
91. Au CWH, Yap DYH, Chan JFW, et al. Exit site infection and peritonitis due to Serratia species in patients receiving peritoneal dialysis: epidemiology and clinical outcomes. Nephrology (Carlton) 2021; 26(3): 255–261.
92. Yap DY, Choy CB, Mok MM, et al. Burkholderia cepacia an uncommon cause of exit-site infection in a peritoneal dialysis patient. Perit Dial Int 2014; 34(4): 471–472.
93. Lew SQ, Wallace EL, Srivatana V, et al. Telehealth for home dialysis in COVID-19 and beyond: a perspective from the American society of nephrology COVID-19 home dialysis subcommittee. Am J Kidney Dis 2021; 77(1): 142–148.
94. Montravers P, Snauwaert A and Welsch C. Current guidelines and recommendations for the management of skin and soft tissue infections. Curr Opin Infect Dis 2016; 29(2): 131–138.
95. Stevens DL, Bisno AL, Chambers HF, et al. Practice guidelines for the diagnosis and management of skin and soft tissue infections: 2014 update by the Infectious Diseases Society of America. Clin Infect Dis 2014; 59(2): 147–159.
96. Auricchio S, Giovenzana ME, Pozzi M, et al. Fungal peritonitis in peritoneal dialysis: a 34-year single centre evaluation. Clin Kidney J 2018; 11(6): 874–880.
97. Li R, Zhang D, He J, et al. Characteristics analysis, clinical outcome and risk factors for fungal peritonitis in peritoneal dialysis patients: a 10-year case-control study. Front Med (Lausanne) 2021; 8: 774946.
98. Lo CY, Chu WL, Wan KM, et al. Pseudomonas exit-site infections in CAPD patients: evolution and outcome of treatment. Perit Dial Int 1998; 18(6): 637–640.
99. Kazmi HR, Raffone FD, Kliger AS, et al. Pseudomonas exit site infections in continuous ambulatory peritoneal dialysis patients. J Am Soc Nephrol 1992; 2(10): 1498–1501.
100. Burkhalter F, Clemenger M, Haddoub SS, et al. Pseudomonas exit-site infection: treatment outcomes with topical gentamicin in addition to systemic antibiotics. Clin Kidney J 2015; 8(6): 781–784.
101. Szeto CC, Chow KM, Kwan BC, et al. Staphylococcus aureus peritonitis complicates peritoneal dialysis: review of 245 consecutive cases. Clin J Am Soc Nephrol 2007; 2(2): 245–251.

102. Liu C, Bayer A, Cosgrove SE, et al. Clinical practice guidelines by the Infectious Diseases Society of America for the treatment of methicillin-resistant Staphylococcus aureus infections in adults and children: executive summary. Clin Infect Dis 2011; 52(3): 285–292.
103. Bnaya A, Wiener-Well Y, Soetendorp H, et al. Nontuberculous mycobacteria infections of peritoneal dialysis patients: a multicenter study. Perit Dial Int 2021; 41(3): 284–291
104. Griffith DE, Aksamit T, Brown-Elliott BA, et al. An official ATS/IDSA statement: diagnosis, treatment, and prevention of nontuberculous mycobacterial diseases. Am J Respir Crit Care Med 2007; 175(4): 367–416.
105. Chamarthi G, Modi D, Andreoni K, et al. Simultaneous catheter removal and reinsertion, is it acceptable in M. abscessus exit site infection? CEN Case Rep 2021; 10(4): 483–489.
106. Vychytil A, Lorenz M, Schneider B, et al. New criteria for management of catheter infections in peritoneal dialysis patients using ultrasonography. J Am Soc Nephrol 1998; 9(2): 290–296.
107. Beckwith H, Clemenger M, McGrory J, et al. Repeat peritoneal dialysis exit-site infection: definition and outcomes. Perit Dial Int 2019; 39(4): 344–349.
108. Nadarajah L, Yaqoob MM and Fan S. Persistent colonization of exit site is associated with modality failure in peritoneal dialysis. Perit Dial Int 2022; 42(1): 96–99.
109. Szeto CC, Chow KM, Wong TY, et al. Feasibility of resuming peritoneal dialysis after severe peritonitis and Tenckhoff catheter removal. J Am Soc Nephrol 2002; 13(4):1040–1045.
110. Lui SL, Yip T, Tse KC, et al. Treatment of refractory Pseudomonas aeruginosa exit-site infection by simultaneous removal and reinsertion of peritoneal dialysis catheter. Perit Dial Int 2005; 25(6): 560–563. *Chow et al.* 17
111. Posthuma N, Borgstein PJ, Eijsbouts Q, et al. Simultaneous peritoneal dialysis catheter insertion and removal in catheter-related infections without interruption of peritoneal dialysis. Nephrol Dial Transplant 1998; 13(3): 700–703.
112. Crabtree JH and Siddiqi RA. Simultaneous catheter replacement for infectious and mechanical complications without interruption of peritoneal dialysis. Perit Dial Int 2016; 36(2): 182–187.
113. Paterson AD, Bishop MC, Morgan AG, et al. Removal and replacement of Tenckhoff catheter at a single operation: successful treatment of resistant peritonitis in continuousambulatory peritoneal dialysis. Lancet 1986; 2(8518): 1245–1247.
114. Swartz R, Messana J, Reynolds J, et al. Simultaneous catheter replacement and removal in refractory peritoneal dialysis infections. Kidney Int 1991; 40(6): 1160–1165.
115. Scalamogna A, Nardelli L, Zubidat D, et al. Simultaneous replacement and removal of the peritoneal catheter is effective in patients with refractory tunnel infections sustained by S. aureus. Int Urol Nephrol 2023; 55(1): 151–155.
116. Washida N and Itoh H. The role of non-tuberculous mycobacteria in peritoneal dialysis-related infections: a literature review. Contrib Nephrol 2018; 196: 155–161.
117. Yoshimura R, Kawanishi M, Fujii S, et al. Peritoneal dialysis-associated infection caused by Mycobacterium abscessus: a case report. BMC Nephrol 2018; 19(1): 341.
118. Scalamogna A, Nardelli L and Castellano G. The use of mini-invasive surgical techniques to treat refractory exitsite and tunnel infections in peritoneal dialysis patients: a clinical approach. J Nephrol. Epub ahead of print 15 Dec 2022. DOI: 10.1007/s40620-022-01479-7.
119. Taber TE, Hegeman TF, York SM, et al. Treatment of pseudomonas infections in peritoneal dialysis patients. Perit Dial Int 1991; 11(3): 213–216.
120. Meng C, Beco A, Oliveira A, et al. Peritoneal dialysis cuffshaving – a salvage therapy for refractory exit-site infections. Perit Dial Int 2019; 39(3): 276–281.
121. Scalamogna A, De Vecchi A, Maccario M, et al. Cuffshaving procedure. A rescue treatment for exit-site infection unresponsive to medical therapy. Nephrol Dial Transplant 1995; 10(12): 2325–2327.
122. Debowski JA, Waerp C, Kjellevold SA, et al. Cuff extrusion in peritoneal dialysis: single-centre experience with the cuff-shaving procedure in five patients over a 4-year period. Clin Kidney J 2017; 10(1): 131–134.
123. Tan SY and Thiruventhiran T. Catheter cuff shaving using a novel technique: a rescue treatment for persistent exit-site infections. Perit Dial Int 2000; 20(4): 471–472.
124. Kirmizis D, Bowes E, Ansari B, et al. Exit-site relocation: a novel, straightforward technique for exit-site infections. Perit Dial Int 2019; 39(4): 350–355.
125. Cho KH, Do JY, Park JW, et al. Catheter revision for thetreatment of intractable exit site infection/tunnel infection in peritoneal dialysis patients: a single centre experience. Nephrology (Carlton) 2012; 17(8): 760–766.
126. Clouatre Y, Cartier P, Charbonneau R, et al. Outpatient CAPD catheter salvage for persistent exit-site/tunnel infection. Nephrol Dial Transplant 2000; 15(2): 231–234.

127. Oki R, Hamasaki Y, Komaru Y, et al. Catheter diversion procedure with exit-site renewal promotes peritoneal dialysis catheter survival. Kidney Int Rep 2021; 6(2): 325–332.
128. Nichols WK and Nolph KD. A technique for managing exitsite and cuff infection in Tenckhoff catheters. Perit Dial Int 1983; 3(4): 4–5.
129. Muraoka K, Ishibashi Y, Yamaguchi J, et al. Early partial re-implantation of Tenckhoff catheters to treat intractable exit-site or tunnel infection. Perit Dial Int 2011; 31(3): 350–353.
130. Soon JJY, Ng NZP, Lee SQ, et al. Are salvage techniques safe and effective in the treatment of peritoneal dialysis catheter-related exit-site and tunnel infections? A systematic review and description of the authors' preferred technique. Perit Dial Int 2022; 42(6): 591–601.
131. Cancarini GC,Manili L, Brunori G, et al. Simultaneous catheter replacement-removal during infectious complications in peritoneal dialysis. Adv Perit Dial 1994; 10: 210–213.
132. Cheung AH, Wheeler MS, LimmWM, et al. A salvage technique for continuous ambulatory peritoneal dialysis catheters with exit-site infections. Am J Surg 1995; 170(1): 60–61.
133. Wu YM, Tsai MK, Chao SH, et al. Surgical management of refractory exit-site/tunnel infection of Tenckhoff catheter: technical innovations of partial replantation. Perit Dial Int 1999; 19(5): 451–454.
134. Fukasawa M, Matsushita K, Tanabe N, et al. A novel salvage technique that does not require catheter removal for exit-site infection. Perit Dial Int 2002; 22(5): 618–621.
135. Yang PJ, Lee CY, Yeh CC, et al. Mini-laparotomy implantation of peritoneal dialysis catheters: outcome and rescue. Perit Dial Int 2010; 30(5): 513–518.
136. 136. Macchini F, Testa S, Valade A, et al. Conservative surgical management of catheter infections in children on peritoneal dialysis. Pediatr Surg Int 2009; 25(8): 703–707.
137. 137. Crabtree JH and Burchette RJ. Surgical salvage of peritoneal dialysis catheters from chronic exit-site and tunnel infections. Am J Surg 2005; 190(1): 4–8.
138. Terawaki H, Nakano H, Ogura M, et al. Unroofing surgery with en bloc resection of the skin and tissues around the peripheral cuff. Perit Dial Int 2013; 33(5): 573–576.
139. Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, et al. Guideline forprevention of surgical site infection, 1999. Hospital infection control practices advisory committee. Infect Control Hosp Epidemiol 1999; 20(4): 250–278. quiz 279–280.
140. Schroder CH, Severijnen RS, de Jong MC, et al. Chronic tunnel infections in children: removal and replacement of the continuous ambulatory peritoneal dialysis catheter in a single operation. Perit Dial Int 1993; 13(3): 198–200.
141. Goldraich I, Mariano M, Rosito N, et al. One-step peritoneal catheter replacement in children. Adv Perit Dial 1993; 9:325–328. 18 *Peritoneal Dialysis International XX(X)*
142. Bernard L, Arvieux C, Brunschweiler B, et al. Antibiotic therapy for 6 or 12 weeks for prosthetic joint infection. N Engl J Med 2021; 384(21): 1991–2001.
143. Sawyer RG, Claridge JA, Nathens AB, et al. Trial of shortcourse antimicrobial therapy for intraabdominal infection. N Engl J Med 2015; 372(21): 1996–2005.
144. Leung DKC, Mok WFM, Yu DMW, et al. Use of distilled white vinegar dressing supplemental to oral antibiotics in the management of Pseudomonas aeruginosa exit site infection in continuous ambulatory peritoneal dialysis patients. Hong Kong J Nephrol 2001; 3(1): 38–40.
145. Carson CF, Ash O and Chakera A. In vitro data support the investigation of vinegar as an antimicrobial agent for PD-associated Pseudomonas exit site infections. Nephrology (Carlton) 2017; 22(2): 179–181.