

腎移植患者における感染症予防

長崎大学大学院医歯薬学総合研究科泌尿器科学分野¹⁾ 長崎大学病院泌尿器科・腎移植外科²⁾

今村 亮一^{* 1,2)}・松島 俊樹²⁾・山田 翔大²⁾・倉田 博基²⁾・河田 賢²⁾

松田 剛²⁾・光成 健輔²⁾・松尾 朋博²⁾・大庭康司郎¹⁾

(受付日: 2026 年 8 月 24 日)

抄録:

腎移植後の感染症は、レシピエントの生命と移植腎生着に影響する重要な合併症であり、その予防には移植手術前から長期の術後管理まで一貫した対策が必要である。移植前にはドナー・レシピエント双方の感染症スクリーニング、潜在感染の評価、ワクチン接種を行い、移植後は免疫抑制の強度を含む net state of immunosuppression に応じてリスクを再評価する。サイトメガロウイルス (CMV) ではリスク層別化に基づく予防または先制治療が基本であり、レテルモビルは高リスク腎移植における新たな予防選択肢となった。BK ポリオーマウイルス (BKPyV) では定期的な PCR 検査と段階的な免疫抑制薬の調整が中心となる。Pneumocystis jirovecii 肺炎 (PJP) は ST 合剤による予防が有効であり、拒絶反応への治療後や施設内集団発生時には予防の再導入を検討する。HBV, HCV, HIV, HTLV-1, 結核, 尿路感染症についても移植前評価と移植後管理を連続して行うことが重要である。本稿では、わが国の腎移植診療を念頭に、主要感染症の予防、モニタリングおよび実践的管理を概説する。(西日泌尿. 89: 1-14, 2026)

キーワード: 腎移植, 感染症, サイトメガロウイルス, BK ポリオーマウイルス, ニューモシスチス肺炎

はじめに

腎移植は末期腎不全患者の生命予後および quality of life (QOL) を改善する最も有効な腎代替療法の一つである。一方、移植後には長期にわたり免疫抑制療法を継続するため、感染症は拒絶反応、心血管系疾患、悪性腫瘍と並ぶ重要な合併症である。重症感染症は患者死亡の直接原因となるだけでなく、感染に伴う急性腎障害、免疫抑制薬の減量・中止、拒絶反応の誘発を介して移植腎機能や長期生着にも影響する¹⁻⁴⁾。感染リスクは単に「移植後何カ月か」で規定されるものではなく、ドナー・レシピエントの潜在感染、脱感作導入療法と維持免疫抑制の強度、拒絶反応に対する治療歴、白血球・リンパ球減少、糖尿病、低栄養、腎機能障害、尿管ステント等の人工物の留置、手術合併症などを総合した net state of immunosuppression により決定される^{1,2)}。

したがって、腎移植における感染症対策は「発症後の

治療」だけでは不十分であり、移植前スクリーニング、ワクチン接種、潜在感染の治療、周術期感染予防、ウイルス量モニタリング、患者教育を連続した一つの戦略として構築する必要がある。本稿では、わが国の腎移植診療を念頭に、術前と術後に分けて感染症予防を概説し、特に CMV, BKPyV, PJP, 結核, アデノウイルス感染症について診断と対策を詳述する。さらに HBV, HCV, HIV, HTLV-1 について、移植前診断から移植後管理までを整理する。

わが国では生体腎移植の割合が高く、術前評価を計画的に行いやすいという利点がある一方、高齢レシピエント、糖尿病性腎症、長期透析、ABO 血液型不適合移植、既存抗体陽性例など感染に対するハイリスク患者も少なくない。リツキシマブ、血漿交換、強力な免疫抑制剤による導入を行う症例では、暦上同じ「移植後 1 カ月」であっても感染感受性は大きく異なる。したがって、感染症予防は一律のセット処方ではなく、標準プロトコールを基盤として患者ごとに強度と期間を調整する必要がある。また感染症の発症は過剰免疫抑制を示す臨床的サインでもあり、反復感染を認める患者では個々の感染を治療するだけでなく、タクロリムス、MMF、ステロイド

* 〒 852-8501 長崎県長崎市坂本 1-7-1
TEL 095-819-7340, FAX 095-819-7343
E-mail ryo-imamura@nagasaki-u.ac.jp

をはじめとする免疫用製剤の各投与量，低 γ グロブリン血症，リンパ球数などを再評価する視点が必要である。

1. 移植前に行う感染症評価

1) 病歴・身体所見と活動性感染の除外

感染症予防は移植手術前から始まる。移植候補者では、既往感染症，反復性尿路感染症，肺炎，結核罹患歴・接触歴，輸血歴，海外居住・渡航歴，性感染症リスク，動物との接触，職業，食習慣等を可能な限り確認する³⁻⁷⁾。菌性感染，副鼻腔炎，活動性皮膚感染，感染性尿路結石，慢性前立腺炎，感染を伴う閉塞性尿路疾患など，術後免疫抑制下で増悪し得る感染巣は可能な限り移植前に治療する。特に生体腎移植では，原因不明の発熱，活動性肺炎，菌血症，腎盂腎炎などが残存した状態での移植は原則として延期すべきである⁴⁻⁷⁾。

透析患者ではバスキュラーアクセス感染にも注意する。腹膜透析患者では腹膜炎の既往と最終感染時期，起因菌，カテーテル出口部感染の有無を確認する。反復性尿路感染症例では尿培養履歴を確認し，ESBL 産生菌，カルバペネム耐性細菌，緑膿菌など多剤耐性菌の既往があれば周術期に抗菌薬選択の参考とする⁸⁻¹¹⁾。無症候性保菌をすべて除菌することは現実的ではなく，過去の培養結果を把握し，発症時の empiric therapy に利用できる体制を整えることが重要である。

2) 血清学的・微生物学的スクリーニング

ドナーとレシピエント双方について CMV，EBV，HBV，HCV，HIV，HTLV-1，梅毒などを評価する⁵⁻⁷⁾。CMV および EBV では単なる「感染の有無」ではなく，ドナーとレシピエント間の組み合わせが移植後リスクを規定するため，移植前の検査結果はその後の予防計画に直結する。HBV では HBs 抗原だけでなく HBs 抗体，HBc 抗体を必ず確認し，既往感染を見逃さないことが重要である。HCV 抗体陽性例では HCV RNA，HIV スクリーニング陽性・判定不一致例では確認検査と HIV RNA を行う。HTLV-1 はわが国，とくに西日本地区，次いで北海道および東北地方太平洋側で重要とされており，ドナー・レシピエント双方の抗体確認が必要である¹²⁻¹⁶⁾。

結核については既往歴，接触歴，胸部画像に加え，interferon- γ release assay (IGRA) を用いたスクリーニングを行う。ただし透析患者や高齢者では細胞性免疫低下により IGRA が陰性・判定不能となることがあり，陰性のみで潜在性結核感染 (Latent Tuberculosis Infection, LTBI) を否定しない¹⁷⁻¹⁹⁾。

また，わが国において感染者に遭遇することは稀では

あるものの，strongyloides stercoralis 流行地域での居住歴や長期滞在歴があれば，好酸球数，抗体検査等を含めた評価を考慮する^{20,21)}。

3) ドナー由来感染症の視点

腎移植ではレシピエント自身の潜在感染だけでなく，ドナー由来感染 (donor-derived infection) を常に考慮する必要がある⁵⁻⁷⁾。生体ドナーでは移植前に十分な時間をかけて血清学的検査や感染徴候を確認できる一方，献腎移植では限られた時間内に情報を評価しなければならない。発熱，敗血症，原因不明の脳炎・髄膜炎，最近の海外渡航，輸血，刺青，薬物使用歴など，通常のスクリーニングだけでは捉えにくい情報も重要である。ドナー血液培養が移植後に陽性と判明する場合もあり，移植施設には結果が判明した時点でレシピエントを再評価し，必要な抗菌薬投与や追加検査を迅速に開始できる連絡体制が求められる⁶⁾。

HBV，HCV などでは「抗体陽性」という情報だけで臓器を機械的に適応外とするのではなく，核酸検査，レシピエントの免疫状態，予防・治療可能性を踏まえたリスク評価が必要である。一方，HTLV-1 陽性ドナーから陰性レシピエントへの移植は，わが国の経験から HAM/TSP 発症という重大な問題があり，他のウイルスとは異なる慎重さを要する¹³⁻¹⁶⁾。ドナー由来感染が疑われた場合は，同一ドナーから他臓器を移植されたレシピエントへの情報共有も重要である。

2. 移植前ワクチン接種

ワクチンは腎移植患者における最も重要な一次予防の一つである²²⁻²⁴⁾。移植後は免疫抑制のため抗体応答が低下し，生ワクチンは原則使用できないため，末期腎不全の段階から接種歴と抗体価を確認し，可能なものは移植前に完了する。インフルエンザ，COVID-19，肺炎球菌，B 型肝炎，破傷風，ジフテリア，百日咳，HPV，带状疱疹などを年齢・既往歴に応じて検討する。不活化ワクチンは一般に移植の少なくとも 2 週間前，生ワクチンは少なくとも 4 週間前までに終了することが望ましい^{22,23)}。

水痘，麻疹，風疹，ムンプスに対する免疫がなく，移植まで十分な期間がある場合は移植前に生ワクチンを検討する。移植後の成人では生ワクチンは原則禁忌である。一方，組換え带状疱疹ワクチンは生ワクチンではなく，腎移植後患者でも免疫原性と安全性が示されており，移植前接種ができなかった場合は免疫抑制状態が安定した後に接種を検討できる²⁴⁾。

HBV ワクチンは特に重要である。透析導入後や移植

後は免疫応答が低下するため、保存期 CKD の段階から接種することが望ましい。接種後には HBs 抗体価を確認し、抗体獲得の不良例では追加接種を検討する。

移植後のワクチン再開時期は一律ではないが、一般に強い導入免疫抑制の影響が軽減し維持療法が安定する移植後 3～6 カ月以降を目安とする²²⁾。ただしインフルエンザや COVID-19 の流行期には、感染リスクとワクチン応答低下を比較し、より早期の接種を選択することがある。重要なことは、移植後のワクチン効果は健常者より低い可能性があるため、「接種したから感染しない」と説明しないことである。ワクチンに加えて、同居家族への適切な接種、手指衛生、発熱者との接触回避などを組み合わせる。

また、生体腎移植では手術日が決まっている利点を活用し、ワクチン接種計画を逆算できる。移植候補者を外来で登録した時点でワクチンチェックリストを作成し、透析施設やかかりつけ医と共有することが望ましい。移植直前の入院時に初めて接種歴を確認する運用では、生ワクチン接種の機会を失いやすい。わが国のように高齢レシピエントが少なくない環境では、肺炎球菌、带状疱疹、インフルエンザなどを成人一般の予防としてではなく、移植後重症化を減らすための術前準備として位置付けることが重要である。

3. 周術期から術後早期の感染予防

移植後 1 カ月以内は、日和見感染より手術関連感染、尿路感染、創部感染、カテーテル関連感染、肺炎、ドナー由来感染が中心となる^{1,2,6)}。周術期抗菌薬は施設のアンチバイオグラム、過去の耐性菌培養、薬剤アレルギーを考慮して選択するが、明らかな感染がなければ漫然と長期投与すべきではない^{8,9)}。尿道カテーテル、中心静脈カテーテルなどは不要となり次第抜去し、尿管ステントも尿路合併症とのバランスをみながら適切な時期に抜去する。

腎移植後の感染症は、古典的には 0～1 カ月が手術・院内感染、1～6 カ月が CMV、BKPyV、PJP などの日和見感染、6 カ月以降が市中感染主体と説明される^{1,2)}。しかし現代では抗 CMV 薬や ST 合剤による予防により発症時期が後方へ移動している。さらに拒絶反応に対してステロイドパルス、抗胸腺細胞グロブリン、リツキシマブなどが使用されれば、移植後年数にかかわらず再び日和見感染の高リスク期に入る。したがって「術後〇カ月」という暦だけでなく、その時点の net state of immunosuppression を毎回評価することが重要である。

4. CMV 感染症

1) リスク層別化と診断

CMV は腎移植後に最も重要なウイルス感染症の一つである。発熱、倦怠感、白血球減少、血小板減少などを呈する CMV syndrome に加え、消化管炎、肝炎、肺炎、網膜炎などの組織侵襲性疾患を生じる (CMV disease)。また CMV 感染は他の日和見感染や拒絶反応、移植腎機能障害とも関連する²⁵⁻²⁷⁾。移植前 CMV-IgG から D/R を分類し、D+/R- を高リスク、R+ を中間リスク、D-/R- を低リスクとする。D+/R- では primary infection となるため、ウイルス増殖が急速で重症化しやすい。

診断・モニタリングの中心は血漿または全血を用いた定量核酸増幅検査 (QNAT, 通常 real-time PCR) である²⁵⁾。同一患者では検体種と測定系を可能な限り統一し、単一値より推移を重視する。CMV DNAemia はウイルス増殖を示すが、DNAemia のみで CMV disease とは診断しない。特に消化管 CMV では血中 DNA が低値または陰性でも組織病変が存在し得るため、持続する下痢、腹痛、消化管出血などでは内視鏡・生検を行い、病理組織および免疫組織化学的検討を行う^{25,28)}。

2) 予防戦略: universal prophylaxis と preemptive therapy

CMV 予防には、一定期間抗ウイルス薬を投与する universal prophylaxis と、CMV DNA を定期的に測定し一定レベルに達した段階で治療する preemptive therapy がある^{25-27,29-32)}。いずれも有効であるが、高リスクの D+/R- では universal prophylaxis が選択されることが多い。VGCV は長く標準的予防薬として用いられ、D+/R- 腎移植では 100 日より 200 日予防が late-onset CMV disease を減少させることが示された³⁰⁾。一方、VGCV/GCV の骨髄抑制は臨床上大きな問題であり、白血球減少を理由に MMF 減量を余儀なくされると、感染予防と拒絶予防のバランスが崩れることがある。

3) レテルモビルによる CMV 発症予防

レテルモビルは CMV terminase complex を阻害し、VGCV/GCV とは異なる作用機序を有する。D+/R- 腎移植 601 例を対象とした無作為化試験では、移植後 200 日までのレテルモビル予防は VGCV に対して 52 週までの CMV disease 発症抑制で非劣性を示し、白血球減少・好中球減少は明らかに少なかった²⁹⁾。わが国でも 2024 年に「臓器移植における CMV 感染症の発症抑制」の適応が追加されており、2026 年時点で腎移植後 CMV 予

防の重要な選択肢である³³⁾。成人では通常 480 mg を 1 日 1 回、シクロスポリン併用時は 240 mg を 1 日 1 回投与し、臓器移植では移植後早期から開始し、患者のリスクを考慮しながら移植後 200 日までを目安とする。

レテルモビルの大きな利点は骨髄抑制が少ないことであり、高リスク症例に加えて、VGCV で高度白血球減少を来した症例、MMF 維持を優先したい症例などでは中リスク症例でも投与の臨床的価値は高い。ただし HSV/VZV に対する活性がないため、必要な症例ではアシクロビル等の予防を別途考慮する^{25,29)}。またレテルモビルは CYP3A や各種トランスポーターを介した薬物相互作用を有し、タクロリムスやシクロスポリン、mTOR 阻害薬の血中濃度変動に注意する。レテルモビル投与中に CMV DNAemia または CMV disease が確認された場合は予防薬として漫然と継続せず、治療レジメンへ切り替える³³⁾。

4) CMV disease の治療と難治性 CMV

非重症 CMV disease では経口 VGCV、重症例、生命を脅かす臓器病変、消化管吸収が不確実な症例では静注 GCV を第一選択とする²⁵⁻²⁷⁾。腎機能に応じて適切に用量調整し、骨髄抑制を恐れて必要量以下に減量しないことが重要である。治療中は原則週 1-2 回程度 CMV DNA を測定し、臨床症状とウイルス量の双方を追跡する。適切な抗 CMV 療法にもかかわらずウイルス量が低下しない、あるいは増加する場合は refractory CMV を考え、長期 VGCV/GCV 曝露例では UL97、UL54 などの耐性変異を検討する^{25,34,35)}。

また、初期治療に抵抗性を示す等の難治性 CMV に対してマリバビルが使用可能となった。SOLSTICE 試験では、造血幹細胞または固形臓器移植後の refractory/resistant CMV に対し、マリバビルは従来治療より 8 週時の CMV viremia clearance を改善した³⁴⁾。わが国では 2024 年にリブテンシティとして「臓器移植（造血幹細胞移植を含む）における既存の抗 CMV 療法に難治性の CMV 感染症」に承認され、通常 400 mg を 1 日 2 回経口投与する³⁶⁾。VGCV/GCV の活性化に必要な UL97 を阻害するため VGCV/GCV との併用は禁忌である。またタクロリムス、シクロスポリン、エベロリムス、シロリムスの血中濃度を上昇させ得るため、開始時・中止時には頻回の TDM が必要である。CMV 網膜炎や中枢神経系感染では十分な有効性が検討されておらず、臓器移行性も含めて薬剤選択を慎重に行う。

5) CMV モニタリングを実装する際の注意点

preemptive strategy では、結果が陽性となった際に遅滞なく治療へ移行できることが重要である²⁵⁾。高リ

スク期には原則週 1～2 回程度の監視が必要となることが多く、検査間隔が長ければ高リスク例では次回測定までにウイルス量が急増し得る。治療開始閾値は測定法、検体、リスク層により異なり、国際コンセンサスも単一の普遍的カットオフ値を設定していない。したがって各施設は自施設の測定系に基づく介入基準を定め、高リスク例では低いウイルス量でも上昇速度を重視する。

予防投与終了後には post-prophylaxis delayed-onset CMV にも注意する。特に D+/R- の高リスク例、ATG 使用例、拒絶治療後では、予防投与終了後の数週間から数カ月間 CMV DNA をモニタリングする必要がある。CMV 感染時に白血球減少を認めた場合、原因は CMV そのもの、VGCV/GCV、MMF、ST 合剤など複数あり得る。安易に MMF のみを減量・中止するのではなく、感染重症度、好中球数、拒絶リスクを総合して薬剤を調節する。CMV 管理は抗ウイルス薬単独の問題ではなく、免疫抑制薬とのバランス調整が必要である。

5. BK ポリオーマウイルス感染症

BKPyV は成人の多くに潜伏感染しており、腎移植後の強い免疫抑制下で再活性化する。持続する BKPyV DNAemia は BK polyomavirus-associated nephropathy (BKPyVAN) へ進展し、移植腎機能低下から移植腎廃絶に至ることがある³⁷⁻⁴²⁾。BKPyV では確立した抗ウイルス薬がないため、定期的スクリーニングで早期に DNAemia を検出し、免疫抑制を段階的に調整することが治療の中心である。

2024 年の第 2 次国際コンセンサスでは、腎移植後 9 カ月までは毎月、その後 2 年までは 3 カ月ごとの血漿 BKPyV DNA 測定が推奨されている³⁷⁾。わが国の外来診療でのモニタリングとしては、これまで尿細胞診による decoy cell の有無のみが保険適応検査であったが、あらたに BKPyV DNA 測定が保険収載され移植後の定期採血に組み込みやすくなった。血漿 BKPyV DNA が 1,000 copies/mL を超えて持続する場合、または 10,000 copies/mL を超える場合には免疫抑制減量を検討する³⁷⁾。測定系間差があるため、同一施設・同一検査法での推移をみる。なお、尿中 decoy cell や尿中 BK DNA は感度が高いが、陽性のみで BKPyVAN とは診断できない。

移植腎機能低下、蛋白尿、新規 DSA などに伴う場合は移植腎生検を考慮する。組織学的所見と SV40 large T antigen 免疫染色が診断に用いられ、Banff working group 分類は重症度評価に有用である³⁹⁾。治療は MMF など代謝拮抗薬の減量・中止、CNI 減量などを段階的

に行う。過度の減量は拒絶反応や de novo DSA を誘発し得るため、クレアチニン、BK DNA、DSA を並行して評価する。レフルノミド、シドフォビル、ニューキノロン、IVIG 等は使用されてきたが、routine に推奨できる十分な根拠はなく、2024 年コンセンサスでも免疫抑制剤の減量が治療の基本とされている³⁷⁾。

実際の免疫抑制剤の減量は、施設内であらかじめ順序を決めておくことと安全である。例えば、まず MMF を一定割合減量し、BKPyV DNA が持続・上昇する場合にさらに減量または中止し、その後タクロリムス目標トラフ値を段階的に低下させる方法が用いられる^{37,38)}。逆に CNI から先に減量する戦略もあり、特定の一法が絶対的に優れるわけではない。重要なのは、介入後 2～4 週程度の間隔でウイルス量を再評価し、減少傾向が得られているかを確認することである。

BKPyV DNAemia が消失した後の免疫抑制剤の再増量も慎重に行う。ウイルス消失を確認せず元の強度へ戻せば再燃する可能性がある一方、長期間過度に抑制を弱めれば拒絶反応や DSA 形成のリスクが高まる。BKPyVAN と T cell-mediated rejection が組織学的に鑑別困難な場面もあり、血漿 BK DNA、SV40 染色、組織所見、DSA、治療経過を総合する。特に「クレアチニン上昇＝拒絶反応」としてステロイドパルスを行っていると BKPyV 増殖を悪化させ得るため、腎機能の悪化時に血漿 BK DNA を確認する習慣が重要である。

6. Pneumocystis jirovecii 肺炎

PJP は腎移植患者に発症すると急速な呼吸不全を来し得る重篤な感染症である⁴³⁻⁴⁷⁾。予防の第一選択は trimethoprim-sulfamethoxazole (TMP-SMX, ST 合剤) であり、AST ガイドラインでは少なくとも移植後 6～12 カ月の予防が推奨されている⁴³⁾。ST 合剤には PJP だけでなく Nocardia, Toxoplasma, 一部の尿路感染症を抑制する利点もある。一方、高 K 血症、血清クレアチニン上昇、白血球減少、薬疹などを認めるため、腎機能・K・血算を監視する。

ST 合剤が使用できない場合にはアトバコン、ダプソン（本邦では予防薬として保険適応外）、吸入ペンタミジン等を用いる。ダプソンでは G6PD 欠損による溶血を考慮する。拒絶反応に対する高用量ステロイド、抗胸腺細胞グロブリン、リツキシマブなどを投与した場合は、定期予防終了後であっても PJP 予防の再開も検討する。

日本の腎移植診療では、PJP の「集団発生」を意識する必要がある。国内でも外来患者を中心としたクラスターが複数報告され、移植後数年を経過した患者にも発

症している⁴⁶⁻⁴⁷⁾。P. jirovecii の人から人への伝播が示唆されるため、同一移植外来で症例が発生した場合には、未予防患者への一時的あるいは長期的な予防再導入、待合環境や受診動線への配慮を検討する。施設によっては流行経験を背景に長期 ST 合剤予防を採用しているが、全例終生予防を標準とする十分なエビデンスはなく、地域・施設内疫学と副作用リスクを踏まえて決定すべきである。

PJP を疑う所見は発熱、乾性咳嗽、呼吸困難、低酸素血症、CT 上の両側びまん性すりガラス影である。血清 β -D-glucan は補助診断に有用だが特異的ではない。誘発喀痰または気管支肺胞洗浄液の P. jirovecii PCR は感度が高く、顕微鏡・免疫染色と臨床像を併せて診断する^{43,44)}。治療第一選択は治療量 ST 合剤である。高度低酸素血症では副腎皮質ステロイド併用を検討するが、非 HIV 患者では HIV 関連 PJP ほどエビデンスは確立していない。

7. 結 核

腎移植患者では結核発症リスクが一般集団より高く、多くは LTBI の再活性化による¹⁷⁻¹⁹⁾。日本では高齢移植候補者に結核曝露歴を有する患者が少なくないため、移植前評価の意義は大きい。病歴、家族・職場での接触歴、胸部画像、IGRA を組み合わせ、陳旧性結核を疑う画像所見や症状があれば喀痰抗酸菌塗抹、培養、核酸増幅検査を追加して活動性結核を除外する。IGRA 陰性でも免疫不全者では偽陰性があり得るため、疫学歴と画像を軽視しない¹⁷⁾。

LTBI と判断した症例では、可能であれば移植前に治療を開始・完了することが望ましい。活動性結核があれば予定移植は延期し、十分な治療と感染性消失を確認する。移植後結核は肺外・播種性が多く、典型的胸部画像を欠くことがある。原因不明の発熱、体重減少、リンパ節腫大、肝脾病変、骨病変などでは結核を鑑別に入れる。

治療上最大の問題の一つがリファンピシンと免疫抑制薬の相互作用である。リファンピシンは CYP3A4/P-gp を強く誘導し、タクロリムス、シクロスポリン、mTOR 阻害薬の濃度を著しく低下させ、拒絶反応を誘発し得る¹⁷⁾。使用する場合は頻回の TDM と大幅な免疫抑制薬の用量調整を要する。状況によってリファブチンを検討するが、結核専門医・感染症医と移植医が共同管理することが望ましい。

8. アデノウイルス感染症

アデノウイルスは成人腎移植では CMV や BKPyV ほ

ど頻度は高くないが、出血性膀胱炎、尿細管間質性腎炎、肺炎、腸炎、肝炎、播種性感染を来し得る^{48,49)}。腎移植患者では発熱、肉眼的血尿、排尿症状、移植腎機能障害を呈し、急性拒絶反応やBKPyVANとの鑑別が問題となる。

診断には尿・血液のアデノウイルス PCR を用い、臓器障害が疑われる場合は組織診断を検討する。成人の無症候腎移植患者に routine のアデノウイルス PCR スクリーニングを行うことは推奨されない⁴⁸⁾。治療の第一歩は可能な範囲での免疫抑制剤の減量である。重症・進行性・播種性感染ではシドフォビルが使用されることがあるが、腎毒性が強く腎移植患者では特に慎重な投与が必要である。補液やプロベネシド併用等で腎障害軽減を図るが、確立した標準治療は限定的であり、ウイルス量と臓器障害の推移をみながら個別に判断する^{48,49)}。

9. HSV, VZV, EBV

HSV は口唇・口腔・性器病変だけでなく、食道炎、肺炎、肝炎、脳炎など重篤な病態を来し得る⁵⁰⁾。VGCV/GCV 投与中は一定の抗 HSV/VZV 効果が得られるが、レテルモビルにはその効果がない。したがって CMV 予防を VGCV からレテルモビルへ変更した場合、HSV 既感染者ではアシクロビル等の併用を検討する^{25,33)}。

VZV 再活性化による帯状疱疹は移植後に増加し、播種性となることもある⁵¹⁾。可能なら移植前に組換え帯状疱疹ワクチンを接種し、移植後も免疫抑制が安定すれば接種を検討する^{24,52)}。EBV では D+/R-、特に小児が PTLD 高リスクであり、移植後 EBV DNA モニタリングを行う施設が多い^{53,54)}。ただし普遍的な介入閾値は確立しておらず、急速・持続的な DNA 上昇時には免疫抑制剤の減量を検討し、リンパ節腫大、発熱、消化管病変、移植腎腫大などがあれば組織診断を優先する。

10. HBV 感染

1) 術前診断

HBV スクリーニングでは HBs 抗原、HBs 抗体、HBc 抗体の 3 項目を基本とする⁵⁵⁻⁵⁷⁾。HBs 抗原陽性例では HBV DNA、HBe 抗原・抗体、AST/ALT、肝線維化、肝硬変、肝細胞癌の有無を評価する。HBs 抗原陰性・HBc 抗体陽性は既感染であり、血清 HBV DNA 陰性でも肝細胞内に cccDNA が残存し、強力な免疫抑制により再活性化し得る。したがって「HBs 抗原陰性」「HBV DNA 陰性」だけで HBV 既感染を否定してはならない。

2026 年 6 月に改訂された日本肝臓学会 B 型肝炎治療

ガイドライン第 5 版⁵⁶⁾でも、免疫抑制療法に伴う HBV 再活性化対策が重要項目として更新されている。腎移植では長期免疫抑制が前提となるため、HBc 抗体陽性者を術前に把握しておくことが極めて重要である。HBs 抗原、HBs 抗体、HBc 抗体がすべて陰性の場合は未感染・未免疫であり、可能な限り移植前に HBV ワクチン接種を行う。

2) 術後管理

HBs 抗原陽性レシピエントでは免疫抑制下での HBV 増殖を防ぐため、高い耐性障壁を有する核酸アナログによる治療を原則とする⁵⁵⁻⁵⁷⁾。エンテカビルまたはテノホビル系薬剤が中心となるが、腎移植患者では腎機能・骨代謝・耐性を踏まえて選択する。HBV DNA、ALT、HBs 抗原を定期的に評価し、肝硬変や高リスク例では肝細胞癌サーベイランスを継続する。

HBs 抗原陰性・HBc 抗体陽性例では、すべてに恒常的な核酸アナログを投与するとは限らないが、HBs 抗原、HBV DNA、肝機能の定期監視が必要である。リツキシマブなど B 細胞除去療法、強力な拒絶反応治療、長期高用量ステロイドなどを行う場合には再活性化リスクが高まり、予防投与を含む積極的対応を肝臓専門医と検討する^{56,57)}。移植後の肝機能異常を「薬剤性」「脂肪肝」と安易に判断せず、HBV 既感染例では再活性化を必ず除外する姿勢が必要である。

11. HCV 感染

移植候補者では HCV 抗体を測定し、陽性例では HCV RNA を定量して現在の感染を確認する^{50,53)}。免疫不全や最近の感染が疑われる場合には抗体陰性でも HCV RNA 測定を考慮する。direct-acting antivirals (DAA) の登場により、透析患者・腎移植患者でも高率に sustained virologic response (SVR) が得られるようになった⁵⁸⁻⁶²⁾。

わが国では日本肝臓学会 C 型肝炎治療ガイドライン第 8.4 版⁵⁹⁾ (2025 年 4 月)において、腎機能障害・透析例を含む治療体系が整理されている。HCV RNA 陽性患者では原則として DAA 治療を行う。生体腎移植では移植前治療を完了し SVR を確認してから移植することが多いが、献腎待機期間、肝線維化、使用可能な DAA、ドナー条件を考慮して移植後治療を選択することもある。

海外では HCV 陽性ドナーから HCV 陰性レシピエントへの移植後、早期 DAA 治療によって良好な成績が報告されている⁶⁰⁻⁶²⁾。わが国での適用は制度・ドナー評価・薬剤アクセスを含め慎重な検討を要する。移植後に DAA を用いる場合はタクロリムス、シクロスポリン等

との薬物相互作用を確認し、治療開始前後に CNI 濃度をモニタリングする。また SVR 後も進行肝線維化を有する患者では肝癌サーベイランスを継続する。

12. HIV 感染

HIV 感染は適切な ART により制御されていれば腎移植の絶対的禁忌ではない^{63,64)}。術前スクリーニングは第 4 世代 HIV-1/2 抗原抗体検査を基本とし、陽性・判定不一致例では確認検査と HIV RNA を行う。既知の HIV 感染者では、ART により HIV RNA が十分抑制され、免疫学的に安定し、治療困難な活動性日和見感染や悪性腫瘍がないことが前提となる。一般に CD4 陽性 T 細胞数 200/ μ L 以上が腎移植の一つの目安として用いられる。

移植後も ART を継続し、HIV RNA と CD4 数を定期的に評価する。最大の問題は免疫抑制薬との薬物相互作用である^{63,65,66)}。リトナビルやコビスタットで boost された protease inhibitor は CYP3A4 を強く阻害し、タクロリムスや mTOR 阻害薬の濃度を著しく上昇させる。可能であれば相互作用の少ない非 boost 型 integrase strand transfer inhibitor を中心とした ART が管理しやすい。ART 変更時には CNI 濃度が急変する可能性があるため、HIV 診療医、移植医、薬剤師による共同管理が必須である。

13. HTLV-1 感染

HTLV-1 endemic area を有する日本では、腎移植における HTLV-1 は国際的にも特徴的な問題である。術前にはドナー・レシピエント双方の抗 HTLV-1 抗体を測定し、スクリーニング陽性時は確認検査を行う。判定保留例では HTLV-1 proviral DNA が診断に有用なことがある¹²⁾。

特に問題となるのが HTLV-1 陽性ドナーから陰性レシピエント (D+/R-) への移植である。日本の全国調査では、この組み合わせでドナー由来感染後に HAM/TSP が高率に発症し得ることが示され、移植後比較的短期間で歩行障害、痙性対麻痺、排尿障害を来す症例が報告されている¹³⁻¹⁶⁾。したがって代替ドナーが存在する場合は D+/R- 移植を回避することが基本である。

一方、すでに HTLV-1 陽性のレシピエントについては、キャリアであることのみで一律に腎移植不適応とする根拠は十分ではない^{12,15)}。ただし免疫抑制が ATL や HAM/TSP 発症に与える影響には不明点が多く、血算、異常リンパ球、LDH、Ca、皮膚病変、リンパ節腫大を確認し、下肢痙性、歩行障害、感覚障害、膀胱直腸障害

などを長期的に評価する。必要に応じ proviral load を測定し、血液内科・神経内科と連携する。

14. 尿路感染症と無症候性細菌尿

尿路感染症 (UTI) は腎移植後に最も頻度の高い細菌感染症の一つであり、女性、糖尿病、尿路異常、尿道カテーテル・尿管ステント、反復性 UTI 既往などがリスクとなる^{10,67)}。移植腎は除神経されているため、腎盂腎炎でも典型的側腹部痛を欠き、発熱、倦怠感、移植腎機能低下のみで発症することがある。症候性 UTI では尿培養を採取し、敗血症を伴えば血液培養も行ったうえで早期治療を開始する。過去の ESBL 等の培養歴を empiric therapy に反映し、感受性判明後は de-escalation する^{10,11)}。

無症候性細菌尿を長期安定期の腎移植患者で一律に治療しても、症候性 UTI や腎盂腎炎を減少させないことが無作為化試験で示されている^{68,69)}。したがって少なくとも移植後 2 カ月以降の無症候性細菌尿をルーチンに治療することは推奨されない。一方、移植後極早期、尿管ステント留置中、泌尿器科的操作前などはエビデンスが限定的であり、個別に判断する。

15. その他の感染症と生活指導

侵襲性真菌感染症は腎単独移植では肺・肝・小腸移植に比べ頻度が低く、全例への routine の全身性抗真菌薬予防は一般に行わない⁷⁰⁻⁷³⁾。ただし長期 ICU 管理、再手術、広域抗菌薬投与、中心静脈カテーテル、好中球減少、強力な拒絶治療などを有する患者では Candida, Aspergillus を念頭に置く。原因不明の肝障害では HEV も鑑別し、免疫抑制患者では慢性化するため必要時 HEV RNA を測定する^{74,75)}。遭遇することは稀ではあるものの、海外居住歴・渡航歴がある患者では Strongyloides を見逃さず、移植後 hyperinfection を防ぐため移植前治療を優先する^{20,21)}。

インフルエンザ、COVID-19、RSV などの市中呼吸器感染症は長期移植患者でも重要である⁷⁶⁾。流行期にはワクチン接種、手指衛生、換気、感染者との濃厚接触回避を指導する。発熱だけでなく、咳、呼吸困難、下痢、排尿症状、带状疱疹様皮疹、原因不明の倦怠感があれば早期に移植施設へ連絡するよう教育する。下痢では CMV, C. difficile, ノロウイルスなどに加え MMF 関連腸炎を鑑別し、脱水によるタクロリムス濃度上昇にも注意する^{77,78)}。

食事については、生肉・加熱不十分な肉、衛生状態の不確かな食品を避け、調理器具の交差汚染を防ぐ。土壤

作業や園芸では手袋を使用し、その後の手洗いを徹底する。ペットを一律に禁止する必要はないが、糞便処理、爬虫類、病気の動物との接触には注意する。海外渡航前には渡航先の感染症と必要なワクチンを確認し、生ワクチンが必要な地域への渡航は移植感染症の専門家と相談する。

移植後の感染症外来では、抗微生物薬と免疫抑制薬の薬物相互作用を見落とさないことも感染予防の一部である。マクロライド系薬、アゾール系抗真菌薬はCNIやmTOR阻害薬の濃度を上昇させ、リファマイシン系薬は逆に著しく低下させる。下痢や脱水もタクロリムス濃度を変動させるため、感染症を治療した結果として薬剤性腎障害や拒絶反応を起こさないよう、TDMの頻度を増やす。腎移植患者に新たな抗菌薬・抗真菌薬・抗ウイルス薬を開始する際には「タクロリムス濃度へ影響しないか」を必ず確認する運用が安全である⁶⁵⁾。

さらに、発熱時の診断では免疫抑制患者特有の「炎症反応が乏しい」可能性を考慮する。高熱や著明な白血球増多がなくても重症感染を否定できず、血圧、呼吸数、SpO₂、意識状態、移植腎機能など臓器障害を重視する。重症感染では培養採取後の適切な empiric therapy を遅らせない一方、感染源が同定された後はスペクトラムを狭め、治療期間を必要以上に延長しない。長期移植患者であっても、直近に拒絶治療や入院、抗菌薬曝露があれば、通常の市中感染とは異なる耐性菌リスクを有する。

16. わが国の腎移植診療における実践的感染予防プログラム

実臨床では感染症ごとに個別のガイドラインを確認するだけでなく、移植前から外来長期管理まで一貫した施設プロトコールを作ることが有用である。登録・生体ドナー評価の段階でスクリーニングを完了すべきもの、ワクチン接種を前倒しすべきものを示す (Table 1)。特にHBV、VZV、麻疹、風疹、帯状疱疹は「移植直前に確認して間に合わない」という事態を避けるため、保存期CKDや透析導入時から腎臓内科と移植施設が連携することが望ましい。

次に、移植後の感染症リスクを一覧化する。前述のように手術後経過期間のみで評価できるものではないが、主な感染症の好発時期を示す (Table 2)。CMV D/R, EBV D/R, HBV 既往, HCV/HIV/HTLV-1, LTBI, 多剤耐性菌歴、尿路異常をカルテ上で明示し、退院後の検査予定と予防薬終了予定日をあらかじめ設定する。CMV D+/R- ーではVGCVとレテルモビルのどちらを選択するかを、白血球数、腎機能、併用免疫抑制薬、費用、通院環境などから判断する。レテルモビルを用いる場合は、HSV/VZV予防の必要性の確認と免疫抑制薬のTDM測定を忘れずに実施する^{25,29,33)}。

また、外来ではPCR結果を「誰が確認し、どの値で介入するか」までプロトコール化する。BKPyVは症状が出るまで待つ疾患ではなく、DNAemiaの段階で免疫

Table 1 Major pretransplant infection screening in kidney transplantation

Item	Main assessment	Action according to result
CMV	CMV-IgG in donor and recipient	D+/R- : highest risk ; plan posttransplant prophylaxis or preemptive strategy
EBV	EBV-VCA IgG in donor and recipient	D+/R- : high PTLD risk ; consider posttransplant EBV DNA monitoring
HBV	HBsAg, anti-HBs, anti-HBc ; HBV DNA when indicated	HBsAg positive : antiviral therapy ; prior infection: prevent/monitor reactivation
HCV	Anti-HCV ; HCV RNA if positive	HCV RNA positive : plan DAA therapy
HIV	HIV-1/2 Ag/Ab ; confirmatory test ; HIV RNA when indicated	Assess viral suppression, ART, and CD4 count
HTLV-1	Anti-HTLV-1 ; confirmatory test ; proviral DNA when indicated	D+/R- : carefully assess transmission and HAM/TSP risk
Tuberculosis	History, chest radiography/CT, IGRA	Treat LTBI preferably before transplantation ; defer transplant for active disease
Syphilis	RPR and treponemal antibody	Treat active infection before transplantation
Urinary tract infection	Urinalysis and urine culture in selected patients	Treat symptomatic infection ; document prior multidrug-resistant organisms
Strongyloides	Epidemiologic history, eosinophils, serology	Consider pretransplant treatment in high-risk patients

抑制を調節する疾患である。CMV も preemptive strategy を採用するなら、測定頻度と治療開始の閾値が曖昧では成立しない。施設内で同一検査法を用い、前回値からの変化を確認する^{25,37)}。

拒絶反応治療を感染症リスクの「リセット」と考える。ステロイドパルス、ATG、リツキシマブなどの後にはCMV、PJP、HBV 再活性化等のリスクを再評価し、必要に応じ予防薬を再開する (Table 3)。拒絶治療オーダーセットに「PJP 予防」「CMV モニタリング」「HBV 既往確認」を組み込む方法は、見落としを減らすうえで有用かもしれない。

最後に、感染症発症時には抗菌薬・抗ウイルス薬を追加するだけでなく、免疫抑制状態を同時に評価する。重症敗血症、CMV disease、BKPyVAN、播種性アデノウイルスなどでは免疫抑制剤の減量を要する場合がある一方、過度の減量は拒絶反応につながる。感染症治療と拒絶予防は相反するものではなく、患者生命を優先しつつ、

ウイルス量、腎機能、DSA、拒絶反応歴を総合して個別化することが腎移植医に求められる。

感染症予防策を実際に機能させるためには、患者ごとの感染リスクを診療録上で可視化することも有用である。退院時サマリーにCMV D/R、EBV D/R、HBV 既往感染、BKPyV モニタリング予定、PJP 予防終了予定、ワクチン未完了項目を明記し、外来担当医が変わっても同じ方針を継続できるようにする。とくに移植後数年を経過すると予防薬終了の理由や既往感染情報が埋没しやすく、他院入院時に免疫抑制患者としての注意点が十分伝わらないことがある。感染症予防は薬剤選択だけでなく、情報を長期に保持し共有するシステム作りまで含めて考えるべきである。

加えて、患者教育では「何度以上の発熱で連絡するか」「夜間・休日の連絡先」「市販薬や他院処方薬を開始する際の注意」を具体的に伝える。免疫抑制患者では感染症の初期症状が軽微でも短時間で重症化することがあり、

Table 2 Timing of major infections after kidney transplantation and practical management

Period	Major infections/problems	Practical focus
0-1 month	Surgical-site infection, UTI, pneumonia, catheter infection, donor-derived infection, C. difficile	Surgical/urinary/catheter management; culture-guided therapy; avoid unnecessary broad-spectrum antibiotics
1-3 months	CMV, BKPyV, PJP, HSV/VZV, fungal infection	CMV/BK viral-load monitoring; CMV prophylaxis or preemptive therapy; continue TMP-SMX
3-6 months	CMV, BKPyV, PJP, tuberculosis, EBV/PTLD	Watch for late-onset infection after prophylaxis; continue risk-based viral monitoring
6-12 months	Community respiratory infection, zoster, UTI, delayed CMV/PJP	Vaccination and education; reassess opportunistic-infection prophylaxis after rejection therapy
>1 year	Community infection, recurrent UTI, tuberculosis, zoster, PJP clusters, chronic viral infection	Individualize according to immunosuppression and exposure; reconsider PJP prophylaxis during outbreaks

Table 3 Practical monitoring and prevention of CMV, BKPyV, and PJP

Infection	High-risk settings	Monitoring	Prevention/preemptive intervention	Basic response to disease/positivity
CMV	D+/R -, intense induction, rejection therapy, lymphopenia	CMV QNAT/PCR; regular testing during high-risk periods for preemptive strategy	VGCV or letermovir prophylaxis, or strict preemptive therapy	VGCV/GCV for CMV disease; resistance testing and maribavir for refractory/resistant cases when appropriate
BKPyV	High immunosuppression, tacrolimus/MMF, older age, rejection therapy	Plasma BKPyV PCR monthly through month 9, then every 3 months through year 2	No established drug prophylaxis; early detection by scheduled PCR	Stepwise reduction of immunosuppression for persistent >1,000 copies/mL or >10,000 copies/mL; consider biopsy if graft dysfunction
PJP	No prophylaxis, rejection therapy, lymphopenia, institutional exposure	No routine PCR screening; CT, β -D-glucan, and respiratory PCR when symptomatic	TMP-SMX for 6-12 months; restart after intensified rejection therapy; extend/reintroduce during outbreaks	Therapeutic-dose TMP-SMX; consider adjunctive corticosteroids individually in severe hypoxemia

受診の遅れを回避することが重要である。他院で抗菌薬を処方された場合には、起因菌検索が行われないまま症状のみ軽快し、その後再燃することもあるため、可能であれば投与前に尿・血液・喀痰等の適切な培養を採取する。患者自身が免疫抑制剤名と移植施設の連絡先を携帯し、救急受診時に腎移植患者であることを速やかに伝えられるようにすることも、長期的な感染症安全管理の一部である。

おわりに

腎移植患者の感染症予防で最も重要なのは、感染症を発症してから対応するのではなく、発症し得る感染症を移植前から予測し、一次予防、スクリーニング、先制治療、早期診断を組み合わせることである。移植前にはドナー・レシピエント双方の感染症評価とワクチン接種を行い、活動性感染を治療し、HBV, HCV, HIV, HTLV-1, 結核などの潜在的リスクを明確にする。移植後には移植後日数だけでなく、免疫抑制の強度、拒絶治療、血球減少、併存疾患を含めた net state of immunosuppression を継続的に評価する^{1,2)}。

CMV 領域では、VGCV/GCV に加えてレテルモビルによる発症予防がわが国でも可能となり、骨髓抑制を回避しつつ予防を行える選択肢が広がった。さらに既存治療に難治性の CMV にはマリバビルが使用可能となり、CMV 管理は大きく変化している^{29,33,34,36)}。一方、BKPyV では確立した抗ウイルス薬がなく、定期 PCR と免疫抑制調節が依然として中心である³⁷⁾。ただし BKPyV DNA 測定が保険収載されたことは朗報であり、十分なモニタリングの実施が期待される。PJP は ST 合剤によって予防可能であるが、日本では移植外来におけるクラスターが問題となるため、施設内疫学を考慮した柔軟な予防期間設定が重要である^{43,46,47)}。

感染症予防は移植外科医・腎臓内科医だけで完結するものではない。感染症医、肝臓内科医、HIV 診療医、血液内科医、神経内科医、呼吸器内科医、薬剤師、臨床検査部門、感染制御部門等の多職種が連携し、患者自身が感染予防に参加できるよう教育することが、患者生命と移植腎を守るうえで不可欠である。

文 献

- 1) Fishman, J. A.: Infection in solid-organ transplant recipients. *N Engl J Med.* **357**: 2601-2614, 2007.
- 2) Fishman, J. A.: Infection in Organ Transplantation. *Am J Transplant.* **17**: 856-879, 2017.

- 3) Kidney Disease: Improving Global Outcomes Transplant Work Group: KDIGO clinical practice guideline for the care of kidney transplant recipient. *Am J Transplant.* **9 Suppl 3**: S1-S155, 2009.
- 4) Chadban, S. J. et al.: KDIGO Clinical Practice Guideline on the Evaluation and Management of Candidates for Kidney Transplantation. *Transplantation.* **104**: S11-S103, 2020.
- 5) Malinis, M. and Boucher, H. W.: Screening of donor and candidate prior to solid organ transplantation: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33**: e13548, 2019.
- 6) Wolfe, C. R. and Ison, M. G.: Donor-derived infections: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33**: e13547, 2019.
- 7) Fischer, S. A. and Avery, R. K.: Screening of donor and recipient prior to solid organ transplantation. *Am J Transplant.* **9 Suppl 4**: S7-S18, 2009.
- 8) Abbo, L. M. and Grossi, P. A.: Surgical site infections: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33**: e13589, 2019.
- 9) Bratzler, D. W. et al.: Clinical practice guidelines for antimicrobial prophylaxis in surgery. *Am J Health Syst Pharm.* **70**: 195-283, 2013.
- 10) Goldman, J. D. and Julian, K.: Urinary tract infections in solid organ transplant recipients: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33**: e13507, 2019.
- 11) Pouch, S. M. and Patel, G.: Multidrug-resistant Gram-negative bacterial infections in solid organ transplant recipients: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33**: e13594, 2019.
- 12) Kaul, D. R. and Sharma, T. S.: Human T-cell lymphotropic virus in solid-organ transplant recipients: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33**: e13575, 2019.
- 13) Yamauchi, J. et al.: Risk of Human T-Cell Leukemia Virus Type 1 Infection in Kidney Trans-

- plantation. *N Engl J Med.* **380**: 296–298, 2019.
- 14) Nagamine, Y. et al.: Human T lymphotropic virus type-1-associated myelopathy manifesting shortly after living-donor renal transplantation. *Intern Med.* **54**: 75–78, 2015.
 - 15) Tajima, Y. et al.: Two cases of human T-lymphotropic virus type I-associated myelopathy/tropical spastic paraparesis caused by living-donor renal transplantation. *Case Rep Neurol Med.* **2016**: 4203079, 2016.
 - 16) Cook, L. B. et al.: Rapid dissemination of human T-lymphotropic virus type 1 during primary infection in transplant recipients. *Retrovirology.* **13**: 3, 2016.
 - 17) Subramanian, A. K. and Theodoropoulos, N. M.: Mycobacterium tuberculosis infections in solid organ transplantation: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33**: e13513, 2019.
 - 18) Singh, N. and Paterson, D. L.: Mycobacterium tuberculosis infection in solid-organ transplant recipients: impact and implications for management. *Clin Infect Dis.* **27**: 1266–1277, 1998.
 - 19) Aguado, J. M. et al.: Tuberculosis in solid-organ transplant recipients: consensus statement of the Group for the Study of Infection in Transplant Recipients. *Clin Infect Dis.* **48**: 1276–1284, 2009.
 - 20) La Hoz, R. M. and Morris, M. I.: Intestinal parasites including Strongyloides in solid organ transplantation: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33**: e13618, 2019.
 - 21) Roxby, A. C. et al.: Strongyloidiasis in transplant patients. *Clin Infect Dis.* **49**: 1411–1423, 2009.
 - 22) Danziger-Isakov, L. and Kumar, D.: Vaccination of solid organ transplant candidates and recipients: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33**: e13563, 2019.
 - 23) Rubin, L. G. et al.: 2013 IDSA clinical practice guideline for vaccination of the immunocompromised host. *Clin Infect Dis.* **58**: e44–e100, 2014.
 - 24) Vink, P. et al.: Immunogenicity and safety of the adjuvanted recombinant zoster vaccine in chronically immunosuppressed adults following renal transplant: a phase 3 randomized clinical trial. *Clin Infect Dis.* **70**: 181–190, 2020.
 - 25) Kotton, C. N. et al.: The Fourth International Consensus Guidelines on the Management of Cytomegalovirus in Solid Organ Transplantation. *Transplantation.* **109**: 1066–1110, 2025.
 - 26) Razonable, R. R. and Humar, A.: Cytomegalovirus in solid organ transplant recipients: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33**: e13512, 2019.
 - 27) Razonable, R. R. and Humar, A.: Cytomegalovirus in solid organ transplantation. *Am J Transplant.* **13** Suppl 4: 93–106, 2013.
 - 28) Ljungman, P. et al.: Definitions of cytomegalovirus infection and disease in transplant patients for use in clinical trials. *Clin Infect Dis.* **64**: 87–91, 2017.
 - 29) Limaye, A. P. et al.: Letermovir vs valganciclovir for prophylaxis of cytomegalovirus in high-risk kidney transplant recipients: a randomized clinical trial. *JAMA.* **330**: 33–42, 2023.
 - 30) Humar, A. et al.: The efficacy and safety of 200 days valganciclovir cytomegalovirus prophylaxis in high-risk kidney transplant recipients. *Am J Transplant.* **10**: 1228–1237, 2010.
 - 31) Khoury, J. A. et al.: Prophylactic versus preemptive oral valganciclovir for the management of cytomegalovirus infection in adult renal transplant recipients. *Am J Transplant.* **6**: 2134–2143, 2006.
 - 32) Reischig, T. et al.: A randomized trial of valganciclovir prophylaxis versus preemptive therapy in kidney transplant recipients. *J Am Soc Nephrol.* **34**: 920–934, 2023.
 - 33) 独立行政法人医薬品医療機器総合機構: プレバイミス錠 240 mg・顆粒 (レテルモビル) 電子化された添付文書. 2025 年 10 月改訂.
 - 34) Avery, R. K. et al.: Maribavir for refractory cytomegalovirus infections with or without resistance post-transplant: results from a phase 3 randomized clinical trial. *Clin Infect Dis.* **75**: 690–701, 2022.
 - 35) Chemaly, R. F. et al.: Definitions of resistant and refractory cytomegalovirus infection and dis-

- ease in transplant recipients for use in clinical trials. *Clin Infect Dis.* **68**: 1420–1426, 2019.
- 36) 独立行政法人医薬品医療機器総合機構：リブテンシティ錠 200 mg（マリバビル）電子化された添付文書. 2025 年 9 月改訂.
 - 37) Kotton, C. N. et al.: The Second International Consensus Guidelines on the Management of BK Polyomavirus in Kidney Transplantation. *Transplantation.* **108**: 1834–1866, 2024.
 - 38) Hirsch, H. H. and Randhawa, P. S.: BK polyomavirus in solid organ transplantation: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33**: e13528, 2019.
 - 39) Nicleleit, V. et al.: The Banff Working Group classification of definitive polyomavirus nephropathy: morphologic definitions and clinical correlations. *J Am Soc Nephrol.* **29**: 680–693, 2018.
 - 40) Boan, P. et al.: Optimal use of plasma and urine BK viral loads for screening and predicting BK nephropathy. *BMC Infect Dis.* **16**: 342, 2016.
 - 41) Brennan, D. C. et al.: Incidence of BK with tacrolimus versus cyclosporine and impact of preemptive immunosuppression reduction. *Am J Transplant.* **5**: 582–594, 2005.
 - 42) Hirsch, H. H. and Randhawa, P.: BK polyomavirus in solid organ transplantation. *Am J Transplant.* **13 Suppl 4**: 179–188, 2013.
 - 43) Fishman, J. A. and Gans, H.: Pneumocystis jiroveci in solid organ transplantation: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33**: e13587, 2019.
 - 44) Martin, S. I. and Fishman, J. A.: Pneumocystis pneumonia in solid organ transplantation. *Am J Transplant.* **13 Suppl 4**: 272–279, 2013.
 - 45) Stern, A. et al.: Prophylaxis for Pneumocystis pneumonia in non-HIV immunocompromised patients. *Cochrane Database Syst Rev.* CD005590, 2014.
 - 46) Yazaki, H. et al.: Outbreak of Pneumocystis jiroveci pneumonia in renal transplant recipients: P. jiroveci is contagious to the susceptible host. *Transplantation.* **88**: 380–385, 2009.
 - 47) Goto, N. et al.: Lifelong prophylaxis with trimethoprim-sulfamethoxazole for prevention of outbreak of Pneumocystis jiroveci pneumonia in kidney transplant recipients. *Transplant Direct.* **3**: e151, 2017.
 - 48) Florescu, D. F. and Schaenman, J. M.: Adenovirus in solid organ transplant recipients: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33**: e13527, 2019.
 - 49) Ison, M. G.: Adenovirus infections in transplant recipients. *Clin Infect Dis.* **43**: 331–339, 2006.
 - 50) Lee, D. H. and Zuckerman, R. A.: Herpes simplex virus infections in solid organ transplantation: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33**: e13526, 2019.
 - 51) Pergam, S. A. and Limaye, A. P.: Varicella zoster virus in solid organ transplantation: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33**: e13622, 2019.
 - 52) Zuckerman, R. A. and Limaye, A. P.: Varicella zoster virus and herpes simplex virus in solid organ transplant patients. *Am J Transplant.* **13 Suppl 3**: 55–66, 2013.
 - 53) Allen, U. D. and Preiksaitis, J. K.: Post-transplant lymphoproliferative disorders, Epstein-Barr virus infection, and disease in solid organ transplantation: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33**: e13652, 2019.
 - 54) Allen, U. and Preiksaitis, J.: Epstein-Barr virus and posttransplant lymphoproliferative disorder in solid organ transplant recipients. *Am J Transplant.* **9 Suppl 4**: S87–S96, 2009.
 - 55) Te, H. and Doucette, K.: Viral hepatitis: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33**: e13514, 2019.
 - 56) 日本肝臓学会：B 型肝炎治療ガイドライン 第 5 版. 2026 年 6 月.
 - 57) Terrault, N. A. et al.: Update on prevention, diagnosis, and treatment of chronic hepatitis B: AASLD 2018 Hepatitis B Guidance. *Hepatology.* **67**: 1560–1599, 2018.

- 58) Kidney Disease : Improving Global Outcomes Hepatitis C Work Group : KDIGO 2022 Clinical Practice Guideline for the Prevention, Diagnosis, Evaluation, and Treatment of Hepatitis C in Chronic Kidney Disease. *Kidney Int.* 102 Suppl : S129-S205, 2022.
- 59) 日本肝臓学会 : C 型肝炎治療ガイドライン 第 8.4 版. 2025 年 4 月.
- 60) Durand, C. M. et al. : Direct-acting antiviral prophylaxis in kidney transplantation from hepatitis C virus-infected donors to noninfected recipients. *Ann Intern Med.* **168** : 533-540, 2018.
- 61) Goldberg, D. S. et al. : Trial of transplantation of HCV-infected kidneys into uninfected recipients. *N Engl J Med.* **376** : 2394-2395, 2017.
- 62) Reese, P. P. et al. : Twelve-month outcomes after transplant of hepatitis C-infected kidneys into uninfected recipients : a single-group trial. *Ann Intern Med.* **169** : 273-281, 2018.
- 63) Blumberg, E. A. and Rogers, C. C. : Solid organ transplantation in the HIV-infected patient : Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33** : e13499, 2019.
- 64) Stock, P. G. et al. : Outcomes of kidney transplantation in HIV-infected recipients. *N Engl J Med.* **363** : 2004-2014, 2010.
- 65) van Maarseveen, E. M. et al. : Drug-drug interactions between antiretroviral and immunosuppressive agents in HIV-infected patients after solid organ transplantation : a review. *AIDS Patient Care STDS.* **26** : 568-581, 2012.
- 66) Tricot, L. et al. : Safety and efficacy of raltegravir in HIV-infected transplant patients cotreated with immunosuppressive drugs. *Am J Transplant.* **9** : 1946-1952, 2009.
- 67) Parasuraman, R. and Julian, K. : Urinary tract infections in solid organ transplantation. *Am J Transplant.* 13 Suppl 4 : 327-336, 2013.
- 68) Origüen, J. et al. : Should asymptomatic bacteriuria be systematically treated in kidney transplant recipients? Results from a randomized controlled trial. *Am J Transplant.* **16** : 2943-2953, 2016.
- 69) Sabé, N. et al. : Antibiotic treatment versus no treatment for asymptomatic bacteriuria in kidney transplant recipients : a multicenter randomized trial. *Open Forum Infect Dis.* **6** : ofz243, 2019.
- 70) Aslam, S. and Rotstein, C. : Candida infections in solid organ transplantation : Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33** : e13623, 2019.
- 71) Husain, S. and Camargo, J. F. : Invasive Aspergillosis in solid-organ transplant recipients : Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33** : e13544, 2019.
- 72) Pappas, P. G. et al. : Clinical practice guideline for the management of candidiasis : 2016 update by the Infectious Diseases Society of America. *Clin Infect Dis.* **62** : e1-e50, 2016.
- 73) Patterson, T. F. et al. : Practice guidelines for the diagnosis and management of aspergillosis : 2016 update by the Infectious Diseases Society of America. *Clin Infect Dis.* **63** : e1-e60, 2016.
- 74) Owada, Y. et al. : A nationwide survey of hepatitis E virus infection and chronic hepatitis in heart and kidney transplant recipients in Japan. *Transplantation.* **104** : 437-444, 2020.
- 75) Kamar, N. et al. : Hepatitis E virus and chronic hepatitis in organ-transplant recipients. *N Engl J Med.* **358** : 811-817, 2008.
- 76) Manuel, O. and Estabrook, M. : RNA respiratory viral infections in solid organ transplant recipients : Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33** : e13511, 2019.
- 77) Mullane, K. M. and Dubberke, E. R. : Management of *Clostridioides difficile* infection in solid organ transplant recipients : Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33** : e13564, 2019.
- 78) Angarone, M. and Snyderman, D. R. : Diagnosis and management of diarrhea in solid-organ transplant recipients : Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant.* **33** : e13550, 2019.

PREVENTION OF INFECTIONS IN KIDNEY TRANSPLANT RECIPIENTS

RYOICHI IMAMURA AND KOJIRO OHBA

Department of Urology, Nagasaki University Graduate School of Biomedical Sciences, Nagasaki, Japan

RYOICHI IMAMURA, TOSHIKI MATSUSHIMA, SHOTA YAMADA,
HIROKI KURATA, KEN KAWADA, TSUYOSHI MATSUDA,
KENSUKE MITSUNARI AND TOMOHIRO MATSUO

Department of Urology and Renal Transplantation, Nagasaki University Hospital, Nagasaki, Japan

Abstract :

Infectious complications remain a major cause of morbidity, graft dysfunction, and death after kidney transplantation. Prevention should therefore begin before transplantation and continue throughout long-term follow-up. Pretransplant assessment includes screening of both donors and recipients, treatment of active or latent infections, and completion of indicated vaccinations. After transplantation, infection risk should be reassessed according to the net state of immunosuppression rather than postoperative time alone. Cytomegalovirus prevention is based on donor/recipient serostatus and either antiviral prophylaxis or preemptive therapy; letermovir has become an important option for high-risk kidney transplant recipients because of its limited myelotoxicity. For BK polyomavirus, periodic plasma viral-load monitoring and stepwise reduction of immunosuppression remain the cornerstone of management. Pneumocystis jirovecii pneumonia is effectively prevented with trimethoprim-sulfamethoxazole, with renewed prophylaxis considered after intensified rejection therapy or during institutional outbreaks. Prevention and surveillance are also essential for hepatitis B and C viruses, HIV, HTLV-1, tuberculosis, and urinary tract infections. This review summarizes a practical, Japan-oriented approach to infection prevention and monitoring in kidney transplant recipients. (Nishinohon J. Urol. **89**: 1-14, 2026)

key words: kidney transplantation, infection, cytomegalovirus, BK polyomavirus, Pneumocystis jirovecii pneumonia
