

카테터연관 요로감염

양승옥

중앙보훈병원 비뇨기과

Catheter-associated Urinary Tract Infection

Seung Ok Yang

Department of Urology, VHS Medical Center, Seoul, Korea

Catheter-associated urinary tract infection (CAUTI) is the most commonly occurring nosocomial infection worldwide, accounting for approximately 40% of all hospital acquired infections. A fair number of hospitalized patients undergo insertion of a urinary catheter at some point during their stay, and the use of indwelling urinary catheters appears to be increasing. Instrumentation of the urinary tract is always a high risk factor for CAUTI. A urinary catheter compromises the normal protective mechanisms of the urinary tract and enables bacterial colonization/biofilm formation on the catheter surface. Bacteriuria may progress toward CAUTI, which has been associated with increased morbidity, mortality, hospital cost, and duration of stay. Unfortunately, many physicians are not aware of appropriate indications for use of indwelling urethral catheters as well as accurate criteria for CAUTI. These conditions could result in superfluous catheterization, a potential source of CAUTI, leading to unnecessary use of antimicrobials for treatment of asymptomatic bacteriuria, resulting in emergence of resistant organisms. We discuss the overall view of CAUTI: definition, pathophysiology, pathogenesis, treatment, and prevention, mainly including descriptions associated with the indwelling urethral catheter.

Keywords: Catheters; Urinary tract infections

Received: 13 March, 2013

Revised: 3 April, 2013

Accepted: 3 April, 2013

Correspondence to: Seung Ok Yang
Department of Urology, VHS Medical Center, 53,
Jinhwangdo-ro 61-gil, Gangdong-gu, Seoul 134-791,
Korea

Tel: +82-2-2225-1493, Fax: +82-2-484-4604

E-mail: seungoc@hanmail.net

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Copyright © 2013, Korean Association of Urogenital Tract Infection and Inflammation. All rights reserved.
© This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

카테터를 이용한 도뇨는 환자 관리에 있어서 다소 침습적이기는 하나, 여러 상황에서 흔히 사용되는 술기이다. 입원 환자의 15-25%가 입원 중 한 번쯤은 요도카테터를 유치하고 있었으며, 정규 수술을 받거나 중환자실에 재원 중인 환자의 경우는 대부분 요도카테터를 사용해왔다.¹⁻⁴ 또한, 장기 요양시설에서

거주하는 환자의 약 5%는 지속적으로 요도카테터를 유치하고 있다.⁵ 한편, 척수손상 등에 의한 일부 신경인성 방광 환자, 수술 후 일시적인 요폐를 보이는 환자에서 카테터를 이용한 간헐적 도뇨가 널리 사용되고 있다.

카테터연관 요로감염(catheter-associated urinary tract infection)은 보건의료에 있어서 매우 중요하고 심각한 문제이다. 카테터연관 요로감염은 환자 관리에서 발생하는 모든

Table 1. Criteria for symptomatic urinary tract infection proposed by the National Healthcare Safety Network for catheter-associated urinary tract infection

At least one of the following signs or symptoms with no other recognized cause : fever ($>38^{\circ}\text{C}$), suprapubic tenderness, costovertebral angle pain or tenderness or For patient ≤ 1 year of age, one of fever ($>38^{\circ}\text{C}$ core), hypothermia ($<36^{\circ}\text{C}$ core), apnea, bradycardia, dysuria, lethargy or vomiting and Urine culture with $\geq 10^5$ CFU/ml with no more than two species of microorganisms or Urine culture with $\geq 10^3$ and $< 10^5$ CFU/ml with no more than two species and positive urinalysis (one of positive dipstick for leukocyte esterase or nitrite; pyuria [≥ 10 WBC/mm ³ or > 5 WBC/HPF unspun urine]; microorganisms in Gram stain of unspun urine)
CFU: colony-forming units, WBC: white blood cells, HPF: high power field.

감염 중에 가장 흔한 형태로서 미국에서는 전체 감염 중 약 40%에 육박하며, 전체 요로감염 중 카테터연관 요로감염이 차지하는 비율도 80%에 달한다.^{1,3,68} 이러한 카테터연관 요로감염은 이환율, 사망률, 병원비, 재원기간을 증가시키는 요인이 되고 있다.^{2,9-11} 게다가 세균뇨는 불필요한 항생제 사용을 빈번히 야기하는데, 이로 인해 종종 다약제내성(multidrug resistance)을 갖는 균주가 출현하여 다른 환자에게 전파될 수 있는 위험성도 가지고 있다.^{12,13}

본 논문에서는 카테터연관 요로감염의 정의, 병태생리 및 발병기전, 치료 그리고 현재 권장되는 예방책들을 논의하였으며, 주로 유치요도카테터(indwelling urethral catheter)에 대한 내용을 설명하고자 한다.

본 론

1. 카테터연관 요로감염의 정의

1) 카테터연관 세균뇨(Catheter-associated Bacteriuria)

카테터연관 세균뇨는 단일 카테터를 통한 소변 검체에서 1가지 이상의 균종이 10^5 colony-forming units/ml 이상 검출되는 경우를 말하는데, 1주일 넘게 방광카테터를 유치하고 있는 환자 대부분에서 카테터연관 세균뇨가 발생한다.^{8,14} 다행스럽게도 카테터연관 세균뇨를 가지고 있는 대다수의 환자들은 무증상이며, 임상적인 감염 소견도 보이지 않는다.¹⁵

2) 카테터연관 요로감염

카테터연관 요로감염의 정의는 다소 이견의 여지가 있지만, 경요도카테터 또는 치골상부카테터를 유치하고 있거나 간헐적 방광도뇨를 하는 환자에서 유의한 카테터연관 세균뇨 소견뿐만 아니라 임상적인 증상과 객관적인 감염 소견이 동반된 경우라고 할 수 있으며, 감염에 대한 다른 원인이 배제되어야 한다.⁸ 참고적으로 카테터가 유치된 상태가 아니라 하더라도 카테터 제거 후 통상적으로 72시간 이내에 발생하는 경우 상기 조건을 만족하면 카테터연관 요로감염으로 볼 수 있다.⁸ National Healthcare Safety Network가 발표한 카테

터연관 요로감염에 대한 기준을 보면 앞서 언급한 내용을 보다 상세히 기록하고 있는데, 이러한 기준 자체는 치료의 시기를 판단하기 위함이 아니라 감시(surveillance)를 하면서 경과를 지켜보기 위해 만들어진 것으로 여겨진다(Table 1).^{4,16} 신경학적 손상 때문에 간헐적 도뇨를 이용하는 환자들에게 카테터연관 요로감염이 발생할 경우 일반적인 기준에 해당하는 증상 외에도 하지강직(lower limb spasticity), 요실금, 폐쇄로 인해 원활하지 않은 도뇨, 자율신경반사부전(autonomic dysreflexia)과 같은 비전형적인 증상이 나타날 수 있기 때문에 참고해야 한다.^{8,17}

2. 카테터연관 요로감염의 병태생리 및 발병기전

1) 유치요도카테터가 요로감염에 미치는 영향

유치요도카테터는 외측으로 요도에 압력을 가하게 됨으로써 요도점막의 혈류를 저하시키고, 요도상피점막(urothelial mucosa) 파열을 조장하며, 요도주위선(periuethral glands)에서 점액이 분비되는 것을 방해한다.¹⁸ 또한, 요도카테터가 유치된 상태에서의 배뇨는 지속적으로 낮은 속도의 유류가 카테터를 타고 흐르는 것이기 때문에 정상 배뇨에서 관찰되는 감염에 대한 중요 방어기전인 요도세척효과를 상실하게 된다.¹⁸ 뿐만 아니라, 방광 안에서 카테터의 풍선 주위에 요저류가 발생함으로써 방광을 완전히 비우는 것이 불가능해지며, 특히 환자의 움직임이 있거나 카테터를 조작하는 경우 공기폐색이 유발되면서 요배출이 극도로 방해받게 된다.¹⁹

카테터연관 요로감염을 일으키는 대다수의 세균들은 회음부에 상재하는 세균총이지만, 의료기관 종사자의 손으로부터 감염되는 경우도 결코 무시할 수 없다.²⁰ 카테터가 유치되어 있을 때 세균이 요로로 침입하여 들어오는 경로는 크게 2가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 관외경로(extraluminal route)로서, 처음에 카테터를 삽입할 때 세균이 함께 들어오거나 뒤늦게 회음부에 있던 세균이 카테터의 외벽을 타고 올라오는 경우를 말한다.²¹ 두 번째는 관내경로(intraluminal route)로서, 이에 해당하는 세균 침입은 집뇨주머니(collection bag)나 폐쇄배출체계(closed drainage system)의 손상된 틈으로부터 오염된

소변이 방광으로 역류할 때 발생하게 된다.²¹ 원칙적으로 관내 경로의 감염을 피하려면 카테터세트의 배출도관과 집뇨주머니를 요도 삽입 전에 연결해 놓아야 하며, 삽입되어 있는 동안 분리해서는 안 된다.¹⁵ 따라서 검체용 소변이 필요한 경우 카테터의 일방향채취포트(one-way sampling port)로부터 채취하는 것이 바람직하다.¹⁵ Tambyah 등²¹이 유치요도카테터 환자를 대상으로 시행한 전향적 연구에서 카테터를 삽입한 후 매일 집뇨주머니와 채취포트로부터 동시에 소변 검체를 채취하여 정량적 배양검사를 실시함으로써 세균의 침입 경로를 살펴보고자 하였다. 이 때 집뇨주머니에서 채취한 소변 검체보다 채취포트에서 얻은 소변 검체에 더 많은 수의 세균이 검출되는 경우는 관외경로를 통한 감염으로 간주하였고, 반대의 경우는 관내경로를 통한 감염으로 간주하였다.²¹ 그 결과 카테터연관 요로감염이 진단된 환자의 66%가 관외경로를 통한 감염으로 밝혀졌는데, 그 중 18%는 24시간 이내, 48%는 24시간 이후에 발생하였다.²¹ 나머지 34%는 관내경로를 통한 감염으로 밝혀져 결론적으로 관외경로, 그 중에서도 카테터를 삽입한지 24시간 경과 후에 발생하는 카테터연관 요로감염이 두드러지는 것으로 나타났다.²¹

2) 원인균

요도카테터는 유치된 기간에 따라 30일 미만인 경우를 단기 유치, 30일 이상인 경우를 장기간유치 또는 만성유치라고 간주하는데,¹⁶ 요도카테터를 단기간유치하고 있는 경우 초기 감염은 보통 단일 세균에 의하며 가장 흔한 균은 *Escherichia coli*와 다른 Enterobacteriaceae이다.^{22,23} 이 외에도 *Pseudomonas aeruginosa*, enterococci, *Klebsiella*, *Candida* 등이 호발하는 것으로 알려져 있다.^{21,23} 카테터를 만성적으로 유치하고 있는 경우에는 언제 소변을 채취하더라도 평균적으로 3-5개의 균종이 검출되며, 그 종류에는 다양한 Enterobacteriaceae와 다른 그람음성균, 그람양성균, 진균 등이 있다.⁸

그람양성균 중에서 coagulase(-) staphylococci나 enterococci는 흔히 검출되기는 하지만, 증상을 유발시키는 감염으로 이환되는 경우는 많지 않다.¹⁶ 또한, group B streptococci나 *Staphylococcus aureus*는 상대적으로 흔치 않다.¹⁶ 그람양성 구균과 진균은 대부분 관외경로를 통해 감염되는데 반해, 그람음성균은 관외경로와 관내경로를 모두 이용하며 각 경로에 따른 감염 비율은 비슷하다.²¹

카테터연관 요로감염을 일으키는 원인균 분리는 항생제 내성이 높아짐에 따라 다른 양상으로 나타나는데, 주로 요로감염을 포함한 이전 감염으로 인해 반복적으로 항생제 치료를 받은 기왕력과 관련성이 높다.¹⁶ Vancomycin에 내성을 갖는 enterococci와 광범위한 β -lactamase를 생산하는 Enterobacteriaceae가 소변 검체에서 가장 빈번히 배양되는 환경은 급성 병동이나 장기 요양시설의 환자가 유치요도카테터를 가지고

있는 경우이다.¹⁶

3) 균막형성(Biofilm Formation)

균막형성은 카테터연관 요로감염의 발병에 있어 매우 중요한 문제이다. 방광에 카테터가 유치된 후부터 전해질, 유기분자, 숙주단백질로 구성된 막이 카테터 벽에 생성되는데, 이는 각종 세균에 의한 섬모부착(fimbrial attachment)의 표적이 된다.^{24,25} 부유 상태의 세균들은 섬모의 작용과 소수성상호작용(hydrophobic interaction)을 이용하여 카테터 벽에 부착하게 되고, 연이은 세균증식과 세포외 기질성분의 분비를 통해 기본적인 균막을 형성한다.²⁶ 그리고 세균들의 세포-세포간 신호 전달 체계인 퀴럼센싱(quorum sensing)을 통해 복잡한 구조와 채널통로를 갖는 성숙한 형태의 균막을 이루면서 항상성(homeostasis)을 유지한다.²⁶ 그런 뒤에는 균막에 숨어 있던 세균들과 균막 일부가 떨어져 나가 다른 곳으로 퍼져나갈 수 있게 된다.²⁷ 결국 균막형성은 세균이 전단력(shear force)을 회피하게 만들고, 항생제 작용에 대한 내성을 갖도록 하며, 포식작용(phagocytosis)을 모면하게 함으로써 세균에게 커다란 생존 이익을 준다고 봐야 한다.²⁷

요소분해효소(urease)를 생산하는 세균에는 *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris*, *Proteus rettgeri*, *Klebsiella pneumoniae*, *Morganella morganii*, *Providencia stuartii* 등이 있는데, 이들은 요소를 가수분해시켜 암모늄이온을 생성함으로써 핵형성을 일으키는 높은 pH를 야기시킨다.^{14,28,29} 소변의 높은 pH로 인해 감염성결정이 쉽게 침착함에 따라 균막은 결정화되어 딱딱한 가피를 형성하게 되고 방광감염석이 만들어져 결국 카테터 폐쇄를 일으키기도 한다.²⁸

3. 카테터연관 요로감염의 치료

1) 증상이 없는 카테터연관 세균뇨의 치료

무증상의 카테터연관 세균뇨에 항생제 치료를 하는 것은 증상 발생을 포함하여 이환을 호전에 도움을 주지 않고, 연이은 감염에 내성균이 지속적으로 나타날 우려가 크기 때문에 일반적으로 권고되지 않는다.³⁰ 한 임상 연구에서는 요도카테터를 유치하고 있으면서 무증상의 세균뇨 소견을 보이는 중환자실 환자들에 대해 카테터 교체와 3일간의 항생제 치료를 시행받게 하였는데, 아무런 처치도 받지 않은 대조군과 비교했을 때 요로성패혈증을 포함한 임상 결과에서 별 차이를 보이지 않았다.³¹ 또한, 장기간 카테터를 유치하고 있는 환자에서 이에 대해 항생제 치료를 하는 것은 무증상 세균뇨의 재발뿐만 아니라 증상이 있는 요로감염의 발생도 줄여주지 못하며, 연속적으로 소변을 배양하면서 살펴본 바에 의하면 항생제에 대한 내성균만 점차 증가한 것으로 알려져 있다.⁸ 간헐적 도뇨를 하는 환자의 무증상 세균뇨 역시 항생제 치료가 임상적인

이득이 별로 없고 내성균 출현 빈도만 증가시키기 때문에 추천되지 않는다.³⁰

요도카테터를 유치하고 있으면서 무증상의 칸디다뇨를 보이는 환자에서도 항진균제 치료를 하는 것은 장기적으로 진균뇨를 없애는 데 효과적이지 않아 임상적인 결과를 호전시키는데 도움을 주지 못할 것으로 판단된다. Sobel 등³²이 무증상의 칸디다뇨 환자를 대상으로 시행한 이중맹검 연구에서 요도카테터를 유치하고 있는 환자들만 분석해보면, 매일 fluconazole 200 mg과 위약을 각각 14일간 복용시킨 후 바로 시행한 소변배양검사에서는 fluconazole군의 칸디다 제거율이 52%, 위약군이 25%로 항진균제 사용이 지지되는 듯이 보이지만($p < 0.01$), 약을 중지한 뒤 2주가 경과한 시점에서는 fluconazole군의 칸디다 제거율이 61%, 위약군이 56%로 나타나 항진균제 효과가 장기적으로는 유효하지 않은 것으로 분석됐다($p = 0.66$).

2) 증상이 있는 카테터연관 요로감염의 치료

증상을 동반하는 카테터연관 요로감염의 항생제 치료 원칙은 기본적인 요로감염에서의 항생제 치료 원칙과 크게 다르지 않다. 일차적으로 항생제에 대한 원인균의 감수성과 환자의 임상 경과, 순응도, 신기능이 고려되어야 하고, 선택한 항생제가 소변으로 다량 배출되어 높은 요중 농도를 유지해야만 하며, 이전에 투여받은 항생제와 그에 대한 내성 발생에 대해서도 파악하고 있어야 한다.¹⁶ 고열, 오심이나 구토, 혈액동학적 불안정성과 같은 증상을 동반한 카테터연관 요로감염 환자는 우선적으로 비경구용 광범위항생제 치료를 시작하여야 한다.¹⁶ 항생제 요법은 소변배양검사 결과가 나오면 재평가되어야 하는데, 항생제에 대한 초기 반응은 보통 48-72시간에 확인해 볼 수 있다.¹⁶ 요도카테터를 제거한 후 발생한 요로감염의 치료는 유치카테터가 없는 일반 환자의 요로감염 치료와 같다고 간주하면 된다.¹⁶

카테터연관 세균뇨 환자에서 경한 증상을 보이거나 요로감염의 기원이 불확실한 경우 항생제 치료는 소변배양검사 결과가 나올 때까지 유보하여 정확한 항생제를 처방하는 것이 바람직하다.¹⁶ Raz 등³³에 의하면 장기 요양시설에서 만성적으로 카테터를 유치하고 있는 환자가 임상적으로 요로감염이 추정될 때, 항생제 치료 전 카테터 교체를 한 경우 그렇지 않은 경우보다 복합적인 세균뇨가 감소하고, 고열이 내리는 시간이 단축되었으며, 임상적인 재발도 감소하여 전반적으로 요로감염 치료에서 유리한 것으로 나타났다. 또한, 소변배양검사 결과에 따라 적절한 항생제 치료가 시작되면 단시간 내에 기대한 치료효과를 확인할 수 있으므로 다소 애매한 카테터연관 요로감염 환자에서는 카테터를 교체한 후 배양검사 결과를 기다려보는 것도 고려해 볼 만하다.

카테터연관 요로감염에서 항생제 치료의 표준기간은 아직 명확히 정해진 바가 없지만, 일반적으로 카테터가 유치된 상태

에서의 항생제 사용은 내성균의 발생을 제한하기 위해 7일간의 치료가 권장된다.⁸ Peterson 등³⁴의 연구에 따르면, 카테터를 유치 중인 환자의 합병요로감염(complicated urinary infection) 치료에서 levofloxacin 750 mg을 1일 1회 5일간 투여한 경우와 ciprofloxacin 250 mg을 1일 2회 10일간 투여한 경우 임상적인 결과에 유의한 차이를 보이지 않았다. 한편, Dow 등³⁵의 연구에서는 간헐적 도뇨를 이용해 배뇨하는 척수 손상 환자의 요로감염에 ciprofloxacin 250 mg을 1회 2회 3일간 투여한 환자군과 14일간 투여한 환자군을 비교하였는데, 3일만 투여한 환자군에서 치료 후 증상 재발률이 유의하게 더 높았다. 이와 같이 항생제의 종류, 약제의 용량, 사용일수에 따라 치료 효과 및 예후의 차이를 보이므로 환자의 임상양상, 관련 검사소견, 항생제에 대한 반응 등을 감안하여 각 환자에 맞게 치료 일정을 정해야 할 것이라 생각된다.

4. 카테터연관 요로감염의 예방

카테터연관 요로감염을 예방하기 위한 여러 가지 방법들이 지속적으로 제안되고 있다. 그 중에서는 이미 환자 관리에 사용되고 있는 것들도 있지만, 아직 한창 연구 중에 있는 것들도 있다. 한 가지 유의해야 할 것은 이와 관련한 많은 보고들이 증상을 동반한 요로감염보다는 무증상 세균뇨에 대해 연구하여 발표한 결과라는 점이다.⁸

1) 카테터의 유치 결정과 유지 여부에 대한 평가

요도카테터를 유치하고 있는 환자의 21-50%는 카테터 유치에 대한 적절한 적응증에 해당하지 않고, 총 유치날짜의 33-50%는 불필요하게 카테터 유치를 지속하는 것으로 평가된다.^{28,36,37} 또한, 카테터연관 요로감염의 17-69%는 적절한 감염 예방 대책을 사용했다면 예방할 수 있었을 것이라 예측된다.^{38,39} 여러 관련 진료지침을 통해 일관되게 주장하고 있는 가장 효과적인 권고사항은 카테터 사용을 피하거나 가능한 빨리 제거하는 것이다.⁴⁰ 실제로 카테터를 일찍 제거할수록 세균뇨의 발생 가능성은 낮아진다.⁴¹

Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC)에서 인정한 유치요도카테터의 적절한 적응증을 보면 이에 해당하는 경우가 상당히 제한적이라는 것을 알 수 있다(Table 2).⁴ 이와 같은 사항을 체크리스트의 형태로 만들어 사용한다면 불필요한 카테터 사용을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

카테터연관 요로감염의 예방을 위한 상기체계(reminder system)의 효과에 대해서 어느 정도 연구가 진행되어 왔다. 상기체계는 환자에게 카테터를 거치시킨 후 일정 시간이 지나 카테터의 필요성을 재검토하게 함으로써 카테터 유치 기간을 제한하고자 하는 것이 그 목표이다. 상기체계의 방법으로 우선 임상의사나 담당 간호사가 카테터 유지 여부를 매일

Table 2. Appropriate indications for indwelling urethral catheter use identified by the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee

Acute urinary retention or bladder outlet obstruction
Need for accurate measurements of urinary output in critically ill patients
Perioperative use for selected surgical procedures:
- Urologic surgery or other surgery on contiguous structures of the genitourinary tract
- Anticipated prolonged duration of surgery
- Patients anticipated to receive large-volume infusions or diuretics during surgery
- Need for intraoperative monitoring of urinary output
To assist in healing of open sacral or perineal wounds in incontinent patients
Prolonged immobilization (spine injury, multiple traumatic injuries such as pelvic fractures)
To improve comfort for end-of-life care if needed

직접 상의하게끔 하거나 사전에 정해놓은 양식대로 카테터 ‘중지 처방’을 미리 발행해주는 것을 들 수 있다.^{16,40} 이러한 방법이 카테터의 사용을 줄이고 세균뇨의 발생을 감소시키는 데 효과가 있는 것으로 알려져 있지만,⁴² 증상을 동반한 요로감염 자체에 대한 이득에 관해서는 명확히 입증된 바가 없다.^{8,43} 상기체계의 다른 방법으로는 환자 진료 기록에 상기스티커를 붙여놓는 것, 자동으로 카테터 중지 처방이 되도록 컴퓨터에 입력하는 것, 관련 사항을 호출기 시스템을 통해 통보받는 것을 들 수 있는데, 일부 연구에서는 이러한 방법들이 카테터연관 요로감염의 발생률도 낮추는 것으로 보고하고 있다.⁴⁴⁻⁴⁶

2) 다른 도뇨법으로의 대체

유치요도카테터를 이용한 방광도뇨법을 피하고 다음과 같은 방법들로 대체하는 것도 고려해 봐야 한다.

(1) 콘돔카테터

남자에서는 외부 콘돔카테터를 사용해 볼 수 있는데, 만성적인 유치카테터에 비해 요로감염의 빈도를 낮출 수 있는 것으로 알려져 있다.⁴ Saint 등⁴⁷의 연구에 따르면, 콘돔카테터를 사용한 환자의 임상 결과가 유치카테터를 사용한 경우보다 환자의 편안함은 물론 세균뇨, 증상을 동반한 요로감염, 관련 사망률에서 모두 우위에 있는 것으로 나타났다. 대부분의 현재 진료 지침들은 가능하다면 콘돔카테터로 전환할 것을 강력히 권장하고 있다.^{3,4,8,48,49}

(2) 간헐적 도뇨

간헐적 도뇨와 유치카테터에 의한 도뇨를 비교한 대부분의 연구들은 간헐적 도뇨가 요로감염의 발생을 보다 줄일 수 있다는 데 의견을 모으고 있다.¹⁶ Hakvoort 등^{50,51}이 발표한 2개의 연구를 살펴보면, 부인과 수술 후 간헐적 도뇨를 시행한 경우 요도카테터를 유지한 경우보다 환자의 선호도 증가, 도뇨를 시행한 기간의 단축, 무증상 세균뇨와 요로감염의 감소를 보였다.

(3) 치골상부카테터를 이용한 도뇨

치골상부카테터가 요도카테터보다 세균뇨의 빈도를 감소시킨다는 보고가 있고 이와 관련하여 요로감염에서도 이득이 있을 것으로 여겨지며, 환자에게 더욱 편안함을 줄 수 있다는 점에서 치골상부카테터를 이용한 도뇨법이 다소 바람직해

보이기도 한다.^{16,40} 그러나, 치골상부카테터의 거치는 외과적인 기술이 필요하며 이로 인해 수반되는 합병증을 무시할 수 없고, 치골상부카테터를 교체하는 일도 요도카테터만큼 간단하지는 않아 전문인력이 요구되기 때문에 결코 쉽게 택할 수 있는 대체 도뇨법이 아니다. 일부 연구에서는 치골상부카테터와 요도카테터를 통한 도뇨에서 요로감염 발생률의 차이가 없는 것으로 보고하기도 했다.^{52,53} 결과적으로 아직까지는 도뇨가 필요한 환자에서 요도카테터보다 치골상부카테터의 사용이 더 권장된다고 말하기는 어렵다고 할 수 있다.⁸

3) 카테터 관리

손 위생은 카테터연관 요로감염 뿐만 아니라 모든 원내감염의 예방에서 가장 중요한 개념이다.⁵⁴ 한 연구에서는 수술실에서 요도카테터를 삽입하되 일부는 무균법(sterile technique)으로, 나머지는 청결법(clean/non-sterile technique)으로 시행하였는데, 두 군 간의 세균뇨 발생률에 유의한 차이가 없었다.⁵⁵ 한편, 다른 연구에서는 수술실에서 요도카테터를 삽입하는 경우와 병동 또는 응급실에서 삽입하는 경우를 비교하였는데, 수술실에서 삽입한 경우 세균뇨의 빈도가 더 낮았다.²¹ 비록 앞선 연구에서 카테터 삽입 시 엄격한 무균술기가 굳이 필요하지 않다는 결과가 도출되었지만, 병원 환경에서는 장소에 따라 상재하는 세균이 다양하기 때문에 세균을 직접 전달시킬 수 있는 의료진의 손 위생은 더욱 철저해야 한다. 현재 각종 지침에서도 병원에 존재하는 내성균 획득의 위험 때문에 카테터의 무균 삽입 술기를 강력히 권장하고 있다.^{3,4,8,48,49}

앞서 언급했다시피 카테터의 폐쇄배출체계를 유지하는 것은 카테터연관 요로감염의 예방과 매우 밀접한 관계가 있다.⁴⁸ Platt 등⁵⁶이 입원 환자를 대상으로 시행한 연구에 따르면, 카테터세트의 배출도관과 집뇨주머니를 미리 연결하지 않고 요도카테터를 삽입한 환자는 미리 연결한 후 삽입한 환자보다 세균뇨가 발생할 확률이 2.7배 높은 것으로 조사되었다(95% confidence interval [CI] 1.3-5.4; $p < 0.01$). 폐쇄배출체계의 파괴는 카테터를 집뇨주머니 높이의 아래쪽에 두거나 방광 높이의 위쪽에 위치시키는 것과 같은 정도로 세균뇨 발생 위험을 증가시킨다는 보고도 있다.^{57,58} 만일 폐쇄배출체계가 깨지게 되면 카테터를 포함한 모든 관련 기구들을 무균 상태의

것으로 교체해주는 것이 바람직하다.⁴

대부분의 진료지침에서는 일정 기간마다 필수적으로 카테터를 교체해야 한다는 의견에 동의하지 않고 있다. 그러나 폐쇄배출체계가 깨지게 되는 경우뿐만 아니라 카테터가 막혔을 때, 배양검사를 위한 소변 채취 전에, 증상을 동반하는 요로감염의 항생제 치료 전에 카테터를 교체해야 한다는 의견이 지지를 얻고 있다.^{3,4,8,48,49}

방광세척은 원래 소변 배출을 원활하게 하기 위해 시행되었는데, 1980년대부터는 카테터연관 요로감염을 예방할 목적으로 항균제나 살균제를 포함하여 방광을 세척하게 되었다.¹⁵ 하지만 항균제나 살균제로 세척하는 이러한 시도들이 요로감염을 줄이는 데 효과적이라는 증거가 미약했으며, 폐쇄배출체계를 와해시킨다는 점에서 지지받지 못했다.^{59,61} 이러한 방광 세척에 대한 일부 연구에서는 수술 후 단기간 요도카테터를 유지하는 경우 세균뇨의 발생을 낮춘다고 보고하였으나 지속적인 항생물질의 노출은 되려 내성균에 의한 감염을 조장하고 과도한 방광 자극을 유발하는 것으로 알려져 있다.^{62,64} 참고로 방광을 식염수로 세척하는 행위도 전립선이나 방광 수술 후에 발생하는 출혈과 같이 카테터 폐쇄를 일으키는 경우를 제외하고는 권장되지 않고 있다.⁴

요도입구를 소독하는 것은 이론적으로 관외경로의 세균침입을 막음으로써 요로감염을 예방할 수 있을 것처럼 보인다. 그러나 베타딘용액, 녹색비누(green soap)의 살균용액, 다중항생제연고(polyantibiotic ointment)로 요도입구를 소독하는 것은 카테터연관 요로감염을 줄여주지 못하며, 연구에 따라서는 되려 발생률을 증가시키는 것으로 나타났다.^{57,65}

요도카테터는 환자의 움직임에 따라 요로상피에 손상을 줄 수 있으며, 이는 세균의 침입과 감염발생을 용이하게 한다.¹⁵ Darouiche 등⁶⁶의 연구에 의하면, 카테터고정장치(StatLock)를 사용한 실험군에서 다른 장치(테이프, 벨크로, 비고정)를 사용한 대조군에 비해 카테터연관 요로감염이 45% 감소하였으나 통계적으로 유의하지는 않았다($p=0.16$). 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않은 것은 참가자 중 요로감염이 발생한 환자의 수가 적기 때문이라 추측되며,⁶⁶ 전반적으로 평가했을 때 카테터 고정장치는 요로감염을 줄이기 위해 권장될 만한 방법으로 여겨진다.¹⁵ 또한, 요로상피 손상을 줄이기 위한 다른 방법으로는 가능한 한 작은 내경의 카테터를 거치하는 것과 적절한 윤활제 사용이 추천된다.^{3,4,40} 하지만 살균제가 포함된 윤활제 사용은 필수적으로 권고되지 않는다.⁴

이 외에도 카테터연관 요로감염을 줄이기 위해서는 카테터가 끼이는 것을 피해야 하고, 방광 높이 아래로 집뇨주머니를 두어야 하며, 정기적으로 집뇨주머니를 비워줌으로써 방광에서 집뇨주머니로의 소변 흐름이 원활히 유지될 수 있도록 해야 한다.^{3,4,8}

4) 카테터 선택

(1) 카테터 재질

카테터 재질은 균막형성 발생률에 영향을 미칠 수 있다. 전자현미경 사진으로 보면 라텍스카테터는 실리콘카테터에 비해 표면이 매우 울퉁불퉁한데, 이러한 표면은 세균의 부착을 용이하게 만든다.⁶⁷ 카테터 표면 중에서도 각 구멍 주위와 제조과정상 생기는 줄무늬 부위가 특히 균질하지 못하다.¹⁵ 라텍스 성분은 생체 밖(in vitro)에서는 독성효과를 갖고 생체 내(in vivo)에서는 염증유발반응(proinflammatory reaction)을 일으키는데, 이로 인해 라텍스카테터를 오랫동안 유지하는 경우 용종성 방광염(polypoid cystitis)에 이환되기 쉽다.⁶⁸⁻⁷⁰ 실리콘카테터는 카테터 폐쇄의 가능성이 더 낮다고 보고되며, 이는 실리콘카테터의 내경이 더 크고 가피형성(encrustation)의 위험이 보다 낮기 때문인 것으로 여겨진다.^{4,16} 카테터의 재질에 따라 세균뇨나 요로감염의 위험도가 달라진다고 할 만한 직접적인 증거는 부족하지만,⁸ 현재 다른 재질보다는 실리콘카테터가 더 바람직한 것으로 받아들여지고 있다.^{4,15}

(2) 카테터 디자인

Sun 등⁷¹이 토끼모델을 이용하여 시행한 연구에 따르면, 삼엽형(trefoil)의 횡단면을 갖는 새로운 형태의 실리콘카테터를 유지한 경우 일반 카테터를 유지한 것에 비해 세균뇨의 빈도가 감소하였고, 요도내시경에서 점막손상이 더 적었으며, 조직병리학적으로도 더 적은 염증소견을 보였다. 카테터 거치 후 4일째 삼엽형카테터군에서는 10마리 중 3마리가 세균뇨 소견을 보인 반면, 대조군에서는 10마리 중 8마리가 세균뇨를 보였으며($p<0.05$), 이러한 차이는 8일째에도 유의하게 유지되었다.⁷¹ 삼엽형카테터의 입체형태는 카테터와 요도가 접촉하는 표면면적을 최소화시키기 때문에 마찰이나 손상이 감소하고, 요도주위선의 점액분비를 원활히 유지시킨다는 장점이 있다.¹⁵ 물론 차후에 사람을 대상으로 하는 임상 연구가 필요하긴 하지만, 동물실험 결과에 비추어 볼 때 단기간 카테터 유지에 있어 좋은 성과를 보일 것으로 기대된다.

(3) 친수성카테터(Hydrophilic Catheter)

친수성카테터는 그 특성상 환자에게 편안함을 주고, 요도 마찰을 줄임으로써 점막손상을 감소시켜주며, 세균의 부착을 방해하여 집락형성을 어렵게 만들 것이라 여겨진다. 한 연구에서 대다수의 환자들이 친수성카테터를 선호하는 것으로 나타났다지만, 카테터연관 요로감염을 예방하는 데 도움이 될 것이라는 의견에 대해서는 논란이 있다.⁷² Infectious Diseases Society of America 지침에서는 친수성카테터의 사용을 권장하지 않았지만,⁸ HICPAC 지침에서는 간헐적 도뇨를 하는 환자에서 도움이 될 수 있음을 시사했다.⁴

(4) 항균성분 코팅카테터

은이온은 세균의 필수효소를 불활성화시키고 피리미딘이 합체화(pyrimidine dimerization)를 촉진시키며 세포벽 변화

를 야기시키는 등 다양한 살균작용을 하는 물질이다.⁷³ Cochrane 연구에서 은합금(silver alloy) 코팅카테터와 무증상 세균뇨의 관계를 살펴본 조사내용을 보면, 라텍스카테터와 비교하였을 때는 세균뇨가 유의하게 감소한 것으로 나타났지만(relative risk [RR], 0.6; 95% CI, 0.5-0.8), 실리콘카테터와 비교하였을 때는 그렇지 못했다(RR, 0.9; 95% CI, 0.5-1.6).⁷⁴ Beattie와 Taylor⁷⁵가 11개 문헌에 대해 분석한 체계적 고찰에서 은합금 코팅카테터가 코팅되지 않은 일반 카테터에 비해 요로감염을 예방하는 데 유리한 측면이 있음을 확인했지만, 분석된 일부 문헌들의 질적 문제와 메타분석의 어려움을 이유로 확정적인 결과를 도출하지는 못했다. 현재 몇몇 주요 진료 지침에서는 은합금 코팅카테터가 요로감염 예방에 유용할 수 있음을 언급하고 있다.^{4,8,49}

항생제 코팅카테터의 경우에서도 카테터연관 요로감염을 감소시킨다는 명확한 증거를 확보하기는 어렵다. Cochrane 연구에 따르면 nitrofurazone 코팅카테터가 일반 카테터에 비하여 1주까지의 세균뇨 감소는 유의한 수준(RR, 0.5; 95% CI, 0.3-0.8)을 보인 반면, 1주 후부터는 별다른 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다(RR, 0.1; 95% CI, 0.0-1.3).⁷⁴ 현재 nitrofurazone 코팅카테터에 대한 연구 정보를 가지고 요로감염에 대한 영향을 설명하기에는 검증력이 다소 부족하다.⁸ 다행히도 아직까지는 nitrofurazone 코팅카테터가 항생제 내성을 증가시킨다는 보고가 없으며 단기간 카테터를 유지하는

경우 일부분 임상적 이익을 얻을 수 있을 것이라 여겨지고 있다.⁴

이 외에도 triclosan, genidine, nitrous oxide, norfloxacin, sparfloxacin, gentamicin, heparin 등을 이용한 코팅카테터 연구가 있으며, 대부분 요로감염 예방에 만족할 만한 결과를 보여주지는 못하고 있다.¹⁵

(5) 그 외의 카테터

앞서 언급한 카테터 외에도 요소분해효소 억제, 쿼럼센싱 저해, 지방소체(liposome), 중합체(polymer), 나노입자(nanoparticle), 이온영동(iontophoresis), 진동음향자극(vibroacoustic stimulation), 세균간섭(bacterial interference), 박테리오파지(bacteriophage) 등을 이용한 카테터가 초기 연구 중에 있거나 요로감염 예방효과에 대한 임상시험 중에 있다.¹⁵

5) 각종 주요 진료지침

카테터연관 요로감염을 예방하기 위한 각종 주요 진료지침들을 보면 상당부분 의견이 비슷하지만 권고사항에 따라 상이한 견해를 내세우기도 한다(Table 3).^{3, 4,8,48,49}

결 론

각종 진료 현장에서 요로카테터는 빈번하게 사용되고 있으며 이로 인한 요로감염을 완전히 피하는 것은 어려운 일이다.

Table 3. Summary of recommendations from published guidelines

Recommendation	CDC	EAU	IDSA	HICPAC	SHEA
Limitation of catheter use					
Evaluate necessity of catheterization	Y	Y	Y	Y	Y
Review ongoing need for catheter regularly	Y	Y	Y	Y	Y
Evaluate alternative methods of drainage	Y	U	Y	U	Y
Catheter insertion and selection					
Use of aseptic technique/sterile equipment	Y	Y	Y	Y	Y
Use of barrier precautions for insertion	Y	U	U	U	Y
Use smallest bore catheter possible	Y	Y	U	U	Y
Use of silver alloy catheters	ND	Y	Y	Y	N
Use of antimicrobial-impregnated catheters	ND	N	Y	Y	N
Use of hydrophilic catheters	ND	ND	N	Y	ND
Catheter maintenance					
Maintain closed drainage system	Y	Y	Y	Y	Y
Replace collecting system if break in asepsis occurs	Y	ND	ND	ND	U
Maintain drainage bag below level of bladder	Y	Y	Y	Y	Y
Avoid routine irrigation	Y	Y	Y	Y	Y
Diagnostics and antimicrobials					
Avoid routine urine cultures	Y	Y	Y	Y	Y
Avoid use of systemic antimicrobial prophylaxis	ND	Y	Y	Y	Y
Do not treat asymptomatic bacteriuria	ND	Y	Y	ND	Y
General measures					
Practice strict hand hygiene	Y	Y	ND	Y	Y
Train all persons in catheter insertion and maintenance	Y	Y	Y	Y	Y
Written protocols for catheter care	ND	Y	Y	Y	Y

CDC: US Centers for Disease Control and Prevention, EAU: European Association of Urology, IDSA: Infectious Diseases Society of America, HICPAC: Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee, SHEA: Society for Healthcare Epidemiology of America, Y: recommended, N: not recommended, U: unresolved (vary according to clinical experience and patient factors), ND: not discussed.

하지만 많은 임상 의사들이 적절한 사용 지침을 숙지하지 못함으로써 충분히 예방할 수 있었던 요로감염이 발생하게 되고 그로 인한 항생제 사용도 뒤따르게 된다. 뿐만 아니라 배양 검사에서 세균뇨 소견을 보이는 경우 상당히 많은 환자에서 불필요한 항생제가 투여되고 있어 내성균의 발생과 항생제의 한계를 염려하지 않을 수 없게 되었다. 급성 병동이나 장기 요양시설에서 카테터를 유치 중인 환자의 소변배양으로부터 '슈퍼박테리아'라고 불리는 다약제내성균이 검출되는 경우를 흔히 볼 수 있게 된 것도 걱정스러운 일이다. 카테터를 사용 중인 환자에서 카테터연관 세균뇨와 요로감염을 명백히 구분하여 잘못된 항생제 투여를 막아야 하고, 가능한 한 배양에 근거한 항생제 사용이 이뤄져야 한다. 물론, 그보다 앞서 카테터연관 요로감염이 발생하지 않도록 환자에게 요로카테터를 사용할 만한 명백한 적응증이 있는지 정확히 따져보아야 하고, 지속적인 재평가를 통해 필요하지 않은 카테터 유치는 중지시켜야 한다. 어떠한 카테터를 적용할 것인지에 대해서도 상황에 맞게 결정해야 한다.

요로카테터를 유치하고 있는 경우는 그렇지 않은 상태와 비교했을 때 요로감염의 측면에서 분명한 차이를 보인다. 카테터로 인해 우리 몸의 정상적인 보호기전들이 제대로 작동하지 않을 뿐만 아니라 카테터 자체가 세균 침입을 조장하는 매개체로서 작용하기 때문에 감염에 매우 불리한 상황이 되는 것이다. 따라서 카테터연관 요로감염을 예방하기 위해서는 관련 병태생리를 이해하고 감염의 우려가 있는 상황을 철저히 차단해야 한다. 이미 이에 관해서는 많은 진료지침이 있으므로 그것들을 참고하여 일관성 있는 예방책을 유지해야 한다.

카테터연관 요로감염을 막기 위해서는 기술적인 뒷받침도 필요하다. 내성균에 대응할 수 있는 항생제 개발도 중요하지만, 균막형성을 차단하는 카테터를 만드는 일이 궁극적인 해결책이 될 것이다. 이러한 연구에서 카테터를 평가할 때 가급적이면 무증상 세균뇨가 아니라 요로감염 자체에 대한 예방 효과를 측정하는 데 초점을 두어 실질적인 결과가 얻어지기를 기대해 본다.

REFERENCES

- Haley RW, Hooton TM, Culver DH, Stanley RC, Emori TG, Hardison CD, et al. Nosocomial infections in U.S. hospitals, 1975-1976: estimated frequency by selected characteristics of patients. *Am J Med* 1981;70:947-59.
- Platt R, Polk BF, Murdock B, Rosner B. Mortality associated with nosocomial urinary-tract infection. *N Engl J Med* 1982;307:637-42.
- Lo E, Nicolle L, Classen D, Arias KM, Podgorny K, Anderson DJ, et al. Strategies to prevent catheter-associated urinary tract infections in acute care hospitals. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2008;29(Suppl 1):S41-50.
- Agarwal RK, Gould CV, Kuntz G, Pegues DA, Umscheid CA; Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee. Guideline for prevention of catheter-associated urinary tract infections 2009 [Internet]. Atlanta (GA): Centers for Disease Control and Prevention; 2009 [cited 2013 Feb 14]. Available at: <http://stacks.cdc.gov/view/cdc/11561/>.
- Smith PW, Bennett G, Bradley S, Drinka P, Lautenbach E, Marx J, et al; SHEA; APIC. SHEA/APIC guideline: infection prevention and control in the long-term care facility, July 2008. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2008;29:785-814.
- National Nosocomial Infections Surveillance System. National Nosocomial Infections Surveillance (NNIS) System Report, data summary from January 1992 through June 2004, issued October 2004. *Am J Infect Control* 2004;32:470-85.
- Tambyah PA. Catheter-associated urinary tract infections: diagnosis and prophylaxis. *Int J Antimicrob Agents* 2004;24(Suppl 1):S44-8.
- Hooton TM, Bradley SF, Cardenas DD, et al; Infectious Diseases Society of America. Diagnosis, prevention, and treatment of catheter-associated urinary tract infection in adults: 2009 International Clinical Practice Guidelines from the Infectious Diseases Society of America. *Clin Infect Dis* 2010;50:625-63.
- Saint S. Clinical and economic consequences of nosocomial catheter-related bacteriuria. *Am J Infect Control* 2000;28:68-75.
- Givens CD, Wenzel RP. Catheter-associated urinary tract infections in surgical patients: a controlled study on the excess morbidity and costs. *J Urol* 1980;124:646-8.
- Tambyah PA, Knasinski V, Maki DG. The direct costs of nosocomial catheter-associated urinary tract infection in the era of managed care. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2002;23:27-31.
- Schaberg DR, Weinstein RA, Stamm WE. Epidemics of nosocomial urinary tract infection caused by multiply resistant gram-negative bacilli: epidemiology and control. *J Infect Dis* 1976;133:363-6.
- Yoon HJ, Choi JY, Park YS, Kim CO, Kim JM, Yong DE, et al. Outbreaks of *Serratia marcescens* bacteriuria in a neurosurgical intensive care unit of a tertiary care teaching hospital: a clinical, epidemiologic, and laboratory perspective. *Am J Infect Control* 2005;33:595-601.
- Warren JW, Tenney JH, Hoopes JM, Muncie HL, Anthony WC. A prospective microbiologic study of bacteriuria in patients with chronic indwelling urethral catheters. *J Infect Dis* 1982;146:719-23.
- Siddiq DM, Darouiche RO. New strategies to prevent catheter-associated urinary tract infections. *Nat Rev Urol* 2012;9:305-14.
- Nicolle LE. Urinary catheter-associated infections. *Infect Dis Clin North Am* 2012;26:13-27.
- The prevention and management of urinary tract infections

- among people with spinal cord injuries. National Institute on Disability and Rehabilitation Research Consensus Statement. January 27-29, 1992. *J Am Paraplegia Soc* 1992;15:194-204.
18. Kunin CM. Can we build a better urinary catheter? *N Engl J Med* 1988;319:365-6.
 19. Garcia MM, Gulati S, Liepmann D, Stackhouse GB, Greene K, Stoller ML. Traditional Foley drainage systems--do they drain the bladder? *J Urol* 2007;177:203-7.
 20. Stamm WE. Catheter-associated urinary tract infections: epidemiology, pathogenesis, and prevention. *Am J Med* 1991;91:65S-71S.
 21. Tambyah PA, Halvorson KT, Maki DG. A prospective study of pathogenesis of catheter-associated urinary tract infections. *Mayo Clin Proc* 1999;74:131-6.
 22. Tambyah PA, Maki DG. Catheter-associated urinary tract infection is rarely symptomatic: a prospective study of 1,497 catheterized patients. *Arch Intern Med* 2000;160:678-82.
 23. Srinivasan A, Karchmer T, Richards A, Song X, Perl TM. A prospective trial of a novel, silicone-based, silver-coated foley catheter for the prevention of nosocomial urinary tract infections. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2006;27:38-43.
 24. Donlan RM, Costerton JW. Biofilms: survival mechanisms of clinically relevant microorganisms. *Clin Microbiol Rev* 2002;15:167-93.
 25. Ong CL, Ulett GC, Mabbett AN, Beatson SA, Webb RI, Monaghan W, et al. Identification of type 3 fimbriae in uropathogenic *Escherichia coli* reveals a role in biofilm formation. *J Bacteriol* 2008;190:1054-63.
 26. Davies DG, Parsek MR, Pearson JP, Igilewski BH, Costerton JW, Greenberg EP. The involvement of cell-to-cell signals in the development of a bacterial biofilm. *Science* 1998;280:295-8.
 27. Costerton JW, Lewandowski Z, Caldwell DE, Korber DR, Lappin-Scott HM. Microbial biofilms. *Annu Rev Microbiol* 1995;49:711-45.
 28. Stickler D, Morris N, Moreno MC, Sabbuba N. Studies on the formation of crystalline bacterial biofilms on urethral catheters. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 1998;17:649-52.
 29. Nicolle LE. Catheter-related urinary tract infection. *Drugs Aging* 2005;22:627-39.
 30. Nicolle LE, Bradley S, Colgan R, Rice JC, Schaeffer A, Hooton TM; Infectious Diseases Society of America; American Society of Nephrology; American Geriatric Society. Infectious Diseases Society of America guidelines for the diagnosis and treatment of asymptomatic bacteriuria in adults. *Clin Infect Dis* 2005;40:643-54.
 31. Leone M, Perrin AS, Granier I, Visintini P, Blasco V, Antonini F, et al. A randomized trial of catheter change and short course of antibiotics for asymptomatic bacteriuria in catheterized ICU patients. *Intensive Care Med* 2007;33:726-9.
 32. Sobel JD, Kauffman CA, McKinsey D, Zervos M, Vazquez JA, Karchmer AW, et al. Candiduria: a randomized, double-blind study of treatment with fluconazole and placebo. *Clin Infect Dis* 2000;30:19-24.
 33. Raz R, Schiller D, Nicolle LE. Chronic indwelling catheter replacement before antimicrobial therapy for symptomatic urinary tract infection. *J Urol* 2000;164:1254-8.
 34. Peterson J, Kaul S, Khashab M, Fisher AC, Kahn JB. A double-blind, randomized comparison of levofloxacin 750 mg once-daily for five days with ciprofloxacin 400/500 mg twice-daily for 10 days for the treatment of complicated urinary tract infections and acute pyelonephritis. *Urology* 2008;71:17-22.
 35. Dow G, Rao P, Harding G, Brunka J, Kennedy J, Alfa M, et al. A prospective, randomized trial of 3 or 14 days of ciprofloxacin treatment for acute urinary tract infection in patients with spinal cord injury. *Clin Infect Dis* 2004;39:658-64.
 36. Jain P, Parada JP, David A, Smith LG. Overuse of the indwelling urinary tract catheter in hospitalized medical patients. *Arch Intern Med* 1995;155:1425-9.
 37. Munasinghe RL, Yazdani H, Siddique M, Hafeez W. Appropriateness of use of indwelling urinary catheters in patients admitted to the medical service. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2001;22:647-9.
 38. Reed D, Kemmerly SA. Infection control and prevention: a review of hospital-acquired infections and the economic implications. *Ochsner J* 2009;9:27-31.
 39. Rebmann T, Greene LR. Preventing catheter-associated urinary tract infections: an executive summary of the Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology, Inc, Elimination Guide. *Am J Infect Control* 2010;38:644-6.
 40. Tambyah PA, Oon J. Catheter-associated urinary tract infection. *Curr Opin Infect Dis* 2012;25:365-70.
 41. Griffiths R, Fernandez R. Strategies for the removal of short-term indwelling urethral catheters in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2007;(2):CD004011.
 42. Meddings J, Rogers MA, Macy M, Saint S. Systematic review and meta-analysis: reminder systems to reduce catheter-associated urinary tract infections and urinary catheter use in hospitalized patients. *Clin Infect Dis* 2010;51:550-60.
 43. Loeb M, Hunt D, O'Halloran K, Carusone SC, Dafoe N, Walter SD. Stop orders to reduce inappropriate urinary catheterization in hospitalized patients: a randomized controlled trial. *J Gen Intern Med* 2008;23:816-20.
 44. Bruminhent J, Keegan M, Lakhani A, Roberts IM, Passalacqua J. Effectiveness of a simple intervention for prevention of catheter-associated urinary tract infections in a community teaching hospital. *Am J Infect Control* 2010;38:689-93.
 45. Cornia PB, Amory JK, Fraser S, Saint S, Lipsky BA. Computer-based order entry decreases duration of indwelling urinary catheterization in hospitalized patients. *Am J Med* 2003;114:404-7.
 46. Blodgett TJ. Reminder systems to reduce the duration of indwelling urinary catheters: a narrative review. *Urol Nurs* 2009;29:369-78.

47. Saint S, Kaufman SR, Rogers MA, Baker PD, Ossenkop K, Lipsky BA. Condom versus indwelling urinary catheters: a randomized trial. *J Am Geriatr Soc* 2006;54:1055-61.
48. Marra AR, Sampaio Camargo TZ, Gonçalves P, Sogayar AM, Moura DF Jr, Guastelli LR, et al. Preventing catheter-associated urinary tract infection in the zero-tolerance era. *Am J Infect Control* 2011;39:817-22.
49. Tenke P, Kovacs B, Bjerklund Johansen TE, Matsumoto T, Tambyah PA, Naber KG. European and Asian guidelines on management and prevention of catheter-associated urinary tract infections. *Int J Antimicrob Agents* 2008;31(Suppl 1):S68-78.
50. Hakvoort RA, Nieuwkerk PT, Burger MP, Emanuel MH, Roovers JP. Patient preferences for clean intermittent catheterisation and transurethral indwelling catheterisation for treatment of abnormal post-void residual bladder volume after vaginal prolapse surgery. *BJOG* 2011;118:1324-8.
51. Hakvoort RA, Thijs SD, Bouwmeester FW, Broekman AM, Ruhe IM, Vernooij MM, et al. Comparing clean intermittent catheterisation and transurethral indwelling catheterisation for incomplete voiding after vaginal prolapse surgery: a multicentre randomised trial. *BJOG* 2011;118:1055-60.
52. Stekking E, van der Linden PJ. A comparison of suprapubic and transurethral catheterization on postoperative urinary retention after vaginal prolapse repair: a randomized controlled trial. *Gynecol Obstet Invest* 2011;72:109-16.
53. Dixon L, Dolan LM, Brown K, Hilton P. RCT of urethral versus suprapubic catheterization. *Br J Nurs* 2010;19:S7-13.
54. Boyce JM, Pittet D; Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee. Society for Healthcare Epidemiology of America. Association for Professionals in Infection Control. Infectious Diseases Society of America. Hand Hygiene Task Force. Guideline for hand hygiene in health-care settings: recommendations of the healthcare infection control practices advisory committee and the HICPAC/SHEA/APIC/idsa hand hygiene task force. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2002;23(12 Suppl):S3-40.
55. Carapeti EA, Andrews SM, Bentley PG. Randomised study of sterile versus non-sterile urethral catheterisation. *Ann R Coll Surg Engl* 1996;78:59-60.
56. Platt R, Polk BF, Murdock B, Rosner B. Reduction of mortality associated with nosocomial urinary tract infection. *Lancet* 1983;1:893-7.
57. Classen DC, Larsen RA, Burke JP, Stevens LE. Prevention of catheter-associated bacteriuria: clinical trial of methods to block three known pathways of infection. *Am J Infect Control* 1991;19:136-42.
58. Maki DG, Tambyah PA. Engineering out the risk for infection with urinary catheters. *Emerg Infect Dis* 2001;7:342-7.
59. Dudley MN, Barriere SL. Antimicrobial irrigations in the prevention and treatment of catheter-related urinary tract infections. *Am J Hosp Pharm* 1981;38:59-65.
60. Warren JW, Platt R, Thomas RJ, Rosner B, Kass EH. Antibiotic irrigation and catheter-associated urinary-tract infections. *N Engl J Med* 1978;299:570-3.
61. Davies AJ, Desai HN, Turton S, Dyas A. Does instillation of chlorhexidine into the bladder of catheterized geriatric patients help reduce bacteriuria? *J Hosp Infect* 1987;9:72-5.
62. Ball AJ, Carr TW, Gillespie WA, Kelly M, Simpson RA, Smith PJ. Bladder irrigation with chlorhexidine for the prevention of urinary infection after transurethral operations: a prospective controlled study. *J Urol* 1987;138:491-4.
63. Richter S, Kotliroff O, Nissenkorn I. Single preoperative bladder instillation of povidone-iodine for the prevention of postprostatectomy bacteriuria and wound infection. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1991;12:579-82.
64. Elliott TS, Reid L, Rao GG, Rigby RC, Woodhouse K. Bladder irrigation or irritation? *Br J Urol* 1989;64:391-4.
65. Burke JP, Garibaldi RA, Britt MR, Jacobson JA, Conti M, Alling DW. Prevention of catheter-associated urinary tract infections. Efficacy of daily meatal care regimens. *Am J Med* 1981;70:655-8.
66. Darouiche RO, Goetz L, Kaldis T, Cerra-Stewart C, AlSharif A, Priebe M. Impact of StatLock securing device on symptomatic catheter-related urinary tract infection: a prospective, randomized, multicenter clinical trial. *Am J Infect Control* 2006;34:555-60.
67. Stickler D, Young R, Jones G, Sabbuba N, Morris N. Why are Foley catheters so vulnerable to encrustation and blockage by crystalline bacterial biofilm? *Urol Res* 2003;31:306-11.
68. Ruutu M, Alfthan O, Talja M, Andersson LC. Cytotoxicity of latex urinary catheters. *Br J Urol* 1985;57:82-7.
69. Edwards LE, Lock R, Powell C, Jones P. Post-catheterisation urethral strictures. A clinical and experimental study. *Br J Urol* 1983;55:53-6.
70. Goble NM, Clarke T, Hammonds JC. Histological changes in the urinary bladder secondary to urethral catheterisation. *Br J Urol* 1989;63:354-7.
71. Sun Y, Zeng Q, Zhang Z, Xu C, Wang Y, He J. Decreased urethral mucosal damage and delayed bacterial colonization during short-term urethral catheterization using a novel trefoil urethral catheter profile in rabbits. *J Urol* 2011;186:1497-501.
72. Bull E, Chilton CP, Gould CA, Sutton TM. Single-blind, randomised, parallel group study of the Bard Biocath catheter and a silicone elastomer coated catheter. *Br J Urol* 1991;68:394-9.
73. Matsumura Y, Yoshikata K, Kunisaki S, Tsuchido T. Mode of bactericidal action of silver zeolite and its comparison with that of silver nitrate. *Appl Environ Microbiol* 2003;69:4278-81.
74. Schumm K, Lam TB. Types of urethral catheters for management of short-term voiding problems in hospitalised adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2008;(2):CD004013.
75. Beattie M, Taylor J. Silver alloy vs. uncoated urinary catheters: a systematic review of the literature. *J Clin Nurs* 2011;20:2098-108.