

- [1] O.J. Jung, S.H. Kim, K.H. Cheong, W. Li, S.J. Saha: Bull. Korean Chem. Soc., 24, (2003), 49.  
 [2] P. Amézaga-Madrid, G.U. Nevárez-Moorillon, E. Orrantia-Borunda, M. Miki - Yoshida: FEMS Microbiol. Lett., 211, (2002), 183.  
 [3] J.A. Ibáñez, M.J. Litter, R.A. Pizarro: J. Photochem. Photobiol. A: Chem., 15, (2003), 81.  
 [4] M.M. Kosanić: J. J. Photochem. Photobiol. A: Chem., 119, (1998), 119.  
 [5] A. Fujishima, T.N. Rao, D.A. Tryk: Electrochim. Acta, 45, (2000), 4683.

- [6] C.C. Trapalis, P. Keivanidis, G. Kordas, M. Zaharescu, M. Cristian, A. Szatvanyi, M. Gartner: Thin Solid Films, 433, (2003), 186.  
 [7] M. Xu, N. Huang, Z. Xiao, Z. Lu: Supramol. Sci., 5, (1998), 449.  
 [8] M. Xu, J. Ma, J. Gu, Z. Lu: Supramol. Sci., 5, (1998), 511.  
 [9] H. Selhofer: Vacuum and thin films, August (1999) 15.  
 [10] L. Martinu, M. Latréche, W. Hajek, J. E. Sapieha, A. Argoitia, W.T. Beauchamp: SVC 43 rd Annual Technical Conference Proceedings, Denver, April 15-20, (2000), 177.

## OBSERWACJE ZAMIAN MIKROSKOPOWYCH CEWNIKÓW TYPU DOUBLE-J W ZALEŻNOŚCI OD CZASU UTRZYMYWANIA ICH W DROGACH MOCZOWYCH

LESZEK KLIMEK\*, WALDEMAR RÓŻAŃSKI\*\*,  
ZBIGNIEW JABŁONOWSKI\*\*, MAREK SOSNOWSKI\*\*, RAFAŁ KLIŚ\*\*

\*POLITECHNIKA ŁÓDZKA, INSTYTUT INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ,  
UL. STEFANOWSKIEGO 1/15 90-924 ŁÓDŹ, POLSKA

\*\*KLINIKA UROLOGII I REHABILITACJI UROLOGICZNEJ INSTYTUTU  
CHIRURGII UNIwersYTETU MEDYCZNEGO W ŁODZI,  
UNIWERSYTECKI SZPITAL KLINICZNY NR 2,  
UL. ŻEROMSKIEGO 113, 90-549 ŁÓDŹ, POLSKA

### Streszczenie

*W pracy oceniano stopień pokrywania i wypełniania kryształami i elementami organicznymi wnętrza cewników podwójnie zagiętych typu "Double-J" w zależności od czasu utrzymywania ich w górnych drogach moczowych.*

*Materiał: Ocenie makroskopowej i mikroskopowej poddano 27 cewników podwójnie zagiętych typu "Double-J". Czas utrzymywania cewnika w górnych drogach moczowych wynosił od 7 do 90 dni.*

*Metoda: Obserwację powierzchni i przekrojów cewników wykonano przy pomocy elektronowego mikroskopu skaningowego Hitachi S 3000N.*

*Wyniki: Częściowe lub całkowite pokrycie cewnika składnikami organicznymi lub krystalicznymi moczu obserwowano na wszystkich cewnikach. Proces ten następował z różnym nasileniem w zależności od rodzaju cewnika, czasu utrzymywania w drogach moczowych oraz występowania zakażenia dróg moczowych.*

*Podsumowanie: Wydaje się, że w świetle przedstawionych obserwacji bardzo ważnym jest zachowanie pełnej jałowości dróg moczowych oraz nie przekraczanie określonych przez producenta czasów maksymalnego utrzymywania cewnika podwójnie zagiętego w drogach moczowych.*

## MICROSCOPIC INVESTIGATION OF DOUBLE-J CATHETERS DEPENDING ON THE LENGTH OF THEIR PRESENCE IN THE URINARY TRACT

LESZEK KLIMEK\*, WALDEMAR RÓŻAŃSKI\*\*,  
ZBIGNIEW JABŁONOWSKI\*\*, MAREK SOSNOWSKI\*\*, RAFAŁ KLIŚ\*\*

\*TECHNICAL UNIVERSITY OF ŁÓDŹ INSTITUTE OF MATERIALS  
ENGINEERING, STEFANOWSKIEGO 1/15, 90-924 ŁÓDŹ, POLAND

\*\*DEPARTMENT OF UROLOGY AND UROLOGICAL REHABILITATION,  
INSTITUTE OF SURGERY, MEDICAL UNIVERSITY OF ŁÓDŹ, UNIVERSITY  
CLINICAL HOSPITAL No. 2,  
ŻEROMSKIEGO 113, 90-549 ŁÓDŹ, POLAND

### Summary

*Aim: The study assesses the degree to which urinary crystals and organic urinary components adhere to Double-J catheters depending on the length of their maintenance in the upper urinary tract.*

*Materials: 27 Double-J catheters were subjected to macroscopic and microscopic evaluation. The time of their presence in the urinary tract ranged from 7 to 90 days.*

*Method: The observation of the surface and section of the catheters was carried out using a scanning electron microscope Hitachi S 3000N.*

*Results: Each of the evaluated catheters was partially or completely covered by organic or mineral urinary components. The speed of the process depended on the type of the catheter, the length of its presence in the urinary tract and the incidence of urinary infection. Conclusion: It seems that in light of the illustrated observations, it is essential to maintain complete sterility of the urinary tract and not to exceed the maximum time of keeping a Double-J catheter inside a patient's urinary tract set by the manufacturer.*

*Key words: Urinary tract, Double-J catheter, crystals and non-crystal urinary components.*

**[Engineering of Biomaterials, 43-44, (2005), 36-39]**

**Słowa kluczowe:** Drogi moczowe, cewnik podwójnie zagięty, kryształy i składniki niekryształiczne moczu.

[Inżynieria Biomateriałów, 43-44, (2005),36-39]

## Wprowadzenie

Cewniki podwójnie zagięte skutecznie zabezpieczają odpływ moczu z górnych dróg moczowych i od lat sześćdziesiątych są ważnym narzędziem w rękach urologów [1, 2]. Pierwszy opisał zastosowanie tego typu cewnika w 1967 roku Zinskind i wsp. [3]. W latach siedemdziesiątych wprowadzono nowoczesne biomateriały do produkcji cewników podwójnie zagiętych, dzięki czemu ten typ cewnika stał się powszechnie stosowanym urządzeniem w urologii. Od wielu lat jest powszechnie zalecanym sposobem leczenia przeszkody w nieoperacyjnych guzach utrudniających odpływ moczu z górnych dróg moczowych, oraz jako leczenie uzupełniające podczas kruszenia kamieni zlokalizowanych w układzie kielichowo-miedniczkowym lub w moczowodzie na drodze ESWL, PCNL, URSL [4]. Powszechnie stosowane są w zabiegach rekonstrukcyjnych moczowodów. Wskazaniem do założenia cewnika do moczowodu są jego nabyte zwężenia: w wyniku rozległych zabiegów (urologicznych, chirurgicznych, ginekologicznych, ortopedycznych, stosowanie energii promienistej w obrębie miednicy). Można stosować go również w zabiegach rekonstrukcyjnych moczowodu. Cewnik podwójnie zagięty zakładamy wówczas gdy mamy do czynienia z blizną zaciskającą moczowodu lub ze zwiększeniem tkanki pozaozornowej oraz we wszelkiego rodzaju przeszkodach połączeń miedniczkowo-moczowodowych lub moczowodowo-pęcherzowych. Stosowanie cewników podwójnie zagiętych obarczone jest pewnymi komplikacjami takimi jak: zarastanie światła cewnika przez elementy organiczne i krystaliczne obecne w moczu, oraz możliwością rozwoju zakażenia w drogach moczowych. Powikłania te wymagają wczesnego usunięcia, lub regularnej wymiany co kilka tygodni założonego wcześniej do moczowodu cewnika. Czas utrzymywania cewnika w drogach moczowych zależy od rodzaju choroby z powodu, której został wprowadzony do dróg moczowych. Ważnym czynnikiem wpływającym na czas utrzymywania cewnika w drogach moczowych jest rodzaj materiału z jakiego został zbudowany, lub jakim został pokryty cewnik. Do najczęściej stosowanych, cewników należą: cewniki poliuretanowe, silikonowe, cewniki pokrywane hydrożelem oraz cewniki lateksowe [5].

Do dróg moczowych zakładamy różne rodzaje cewników w zależności od przyczyny i czasu jaki będzie stent pozostawał w organizmie. Obserwujemy wówczas reakcje organizmu na cewnik. W zależności od czasu utrzymywania cewnika w drogach moczowych następuje uszkodzenie nabłonka urotelialnego w miejscach największego narażenia na mechaniczne drażnienie przez cewnik. Długotrwałe utrzymywanie cewnika powoduje przerost nabłonka urotelialnego, a wraz z upływem czasu nadmierne jego złuszczenie i wydzielanie znacznych ilości śluzu. Proces ten w krótkim czasie powoduje zarastanie otworów bocznych cewnika a w ostateczności kanału centralnego cewnika [6].

Przy zachowaniu pełnej drożności cewnika przy wzroście ciśnienia w pęcherzu spotykamy się ze zjawiskiem odpływu wstecznego moczu do nerki. Fakt ten może być przyczyną szerzenia się zakażenia dróg moczowych drogą wstępującą. Przy bardzo gwałtownym narastaniu zakażenia układu moczowego konieczne jest stosowanie antybiotyków zgodne z wynikami posiewu moczu, a w ostateczności usunięcie cewnika podwójnie zagiętego i zastąpienie go innym sposobem odprowadzenia moczu (założenie prze-

## Introduction

37

Double-J catheters are an effective way of protecting the outflow of urine from the upper urinary tract and since the 1960s have been an important tool in the hands of urologists [1, 2]. The first one to describe the use of this type of catheter was Zinskind et al. in 1967 [3]. In the 1970s modern biomaterials were used in the production of double-J catheters, allowing this type of catheter to become a popular tool in urology. For many years it has been a widely recommended way of treating obstructions in inoperable tumours blocking the outflow of urine from the upper urinary tract and as a supplementary treatment in crushing urinary stones located in the renal calyx or in ureter by ways of ESWL, PCNL or URSL [4]. They are widely used in reconstruction treatment of ureters. Insertion of a catheter is recommended in cases of acquired ureteral strictures caused by extensive treatment (urological, surgical, gynecological, orthopedic, usage of radiant energy in the vicinity of the pelvis). It can also be used in reconstruction treatment of ureters. A double-J catheter is inserted when dealing with a contracting scar of the ureter or fibrosis of extraperitoneal tissue and all sorts of obstructions blocking the renal-ureter or ureter-bladder junctions. The usage of double-J catheters is laden with certain complications, such as blocking the lumen of the catheter by organic and mineral components or the possibility of the development of an infection in the urinary tract. These complications require an early removal or regular replacement of the inserted catheter. The length of keeping a catheter in the urinary tract depends on the type of illness which caused the insertion. An important factor influencing the length of insertion is the type of material used to construct or coat the catheter. Among the most widely used catheters are polyurethane, silicon, hydrogel-coated and latex catheters [5].

Different types of catheters are used depending on the cause and the length of the period during which the stent will remain in the system. The system reacts to the catheters in different ways. Depending on the period of its presence in the urinary tract, the catheter can cause damage to the urothelial epithelium through mechanical irritation. A lengthy presence of the catheter causes hypertrophy of the urothelium and with time excessive exfoliation and secretion of large amounts of mucus. This process shortly causes the encrustation of the side lumens and, finally, the main lumen of the catheter [6].

When maintaining full patency of the catheter, we can observe the phenomenon of urinary reflux into the kidney when the pressure in the bladder is high. This can be the cause of a rapid spread of ascending urinary infection. In cases of a very rapid spread of a urinary infection, it is necessary to administer antibiotics according to the results of urine culture, and in extreme cases to remove the double-J catheter and replace it with another way of urinary diversion (renal-dermal fistula). The problem of urinary tract infection taking place during the presence of a double-J catheter in its lumen is especially difficult in cases of infection by urease-positive bacteria. In such cases, the catheter quickly becomes colonized by microorganisms and encrusted by minerals [7,8]. Another problem that can be encountered is the limitation of peristaltic movement of the ureteral wall caused by the presence of the catheter in its lumen. This problem is especially important when voiding crushed remains of calculi from the kidney or ureter after such procedures as ESWL, PCNL or URSL. The presence of a catheter in the renal pelvis and ureter may cause attenuation of renal perfusion and reduce the production of urine [6].

toki skórno-nerkowej). Problem zakażenia dróg moczowych podczas obecności w ich świetle cewnika podwójnie zagiętego jest szczególnie trudny w przypadku zakażenia bakteriami ureazododatnimi. W takiej sytuacji następuje bardzo szybka kolonizacja cewnika przez drobnoustroje oraz stopniowe pokrywanie cewnika i wypełnianie jego kanału centralnego kamieniami [7, 8]. Innym problemem, z jakim możemy się spotkać to ograniczenie perystaltyki ściany moczowodu spowodowane obecnością cewnika w jego świetle. Problem ten nabiera znaczenia w przypadkach wydalania pokruszonych fragmentów kamieni z nerki lub moczowodu po takich zabiegach jak ESWL, PCNL czy URSL. Obecność cewnika w miedniczce i moczowodzie może powodować osłabienie ukrwienia nerki i zmniejszenie produkcji moczu [6].

#### Cel pracy

Celem pracy była ocena szybkości i częstości zarastania kanału centralnego i otworów bocznych cewnika podwójnie zagiętego elementami organicznymi lub krystalicznym w zależności od rodzaju choroby i czasu utrzymywania ich w drogach moczowych.

### Materiał i metoda

Ocenie makroskopowej i mikroskopowej poddano 27 cewników podwójnie zagiętych po ich usunięciu z górnych dróg moczowych. Dwadzieścia pięć cewników było zbudowanych z poliuretanu, a dwa były cewnikami silikonowym. Czas utrzymywania cewnika w drogach moczowych wynosił od 7 do 90 dni. W 23 przypadkach cewnik założono u chorych leczonych z powodu kamicy dróg moczowych. W 2 przypadkach założono cewnik u chorych leczonych z powodu nowotworu dróg moczowych. Dwa razy zakładano cewnik podwójnie zagięty do moczowodu uszkodzonego podczas zabiegu usuwania guza jelita podczas zabiegu chirurgicznego.

Obserwację powierzchni i przekrojów cewników wykonano przy pomocy elektronowego mikroskopu skaningowego Hitachi S 3000N, firmy Hitachi. W celu poprawienia jakości obserwowanych obrazów cewniki napyłono warstwą złota Au-4N (99,99% Au). Obserwacje mikroskopowe przeprowadzono przy napięciu przyspieszającym mikroskopu - 15kV. Stosowany zakres powiększeń obserwacji wynosił od 30 do 200 razy.

### Wyniki

Na RYS. 1-6 przedstawiono mikroskopowe obrazy badanych cewników.

#### Własne doświadczenia

Analizując przypadki założenia cewników podwójnie zagiętych w Klinice Urologii i Rehabilitacji Urologicznej w Łodzi spotkaliśmy się ze wszystkimi wyżej opisanymi trudnościami i powikłaniami. W przypadku chorych z nowotworami powodującymi nacieki z zewnątrz na ścianę moczowodu i zwężenie jego światła, stosując cewniki silikonowe utrzymywane do 3 miesięcy spotykaliśmy na ich powierzchni odkładające się drobne kryształy (RYS. 1). Jednak takie obrazy uzyskiwano tylko w przypadku zachowania pełnej jałowości dróg moczowych. W przypadku wystąpienia zakażenia dróg moczowych i jednoczesnego utrzymywania cewnika w ich świetle, na cewniku pojawiały się twory włókniste powodujące stopniowe zarastanie otworów bocznych cewnika (RYS. 2), a następnie kanału centralnego cewnika. Dodatkowym elementem wpływającym na zarastanie

#### Aim of the study

The aim of the study was to evaluate the speed and frequency of encrustation of the main and side lumens of a double-J catheter by organic or mineral components depending on the type of illness and period of the catheter's presence inside the urinary tract.

### Materials and methods

Macroscopic and microscopic observation was applied to 27 catheters after they were removed from the patients' upper urinary tracts. 25 catheters were made of polyurethane and 2 were made of silicon. The catheters were kept in place for 7 to 90 days. In 23 cases the catheter was inserted due to ureterolithiasis. In 2 cases the cause was urinary tract neoplasm. Twice the catheter was inserted into a urinary tract that was damaged during a surgery to remove a tumour from the colon.

The surfaces and cross-section of the catheters was observed using a scanning electron microscope Hitachi S 3000N. To enhance the quality of the examined images, the catheters were sputtered with a layer of gold Au-4N (99,99% Au). The observations were carried out using an accelerating voltage of 15 kV. The magnification scope used was 30x to 200x.

### Results

Images of the surface examined a double-J catheter are presented in FIGs.1-6.

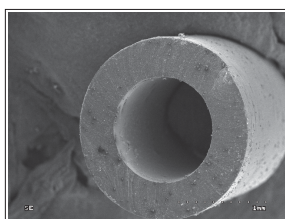
#### Experiences

When analyzing the double-J catheters in the Department of Urology and Urological Rehabilitation in Lodz, we encountered all the problems and complications described above. When using silicon catheters kept in place for up to 3 months in cases of patients with neoplasms causing external infiltration of the ureteral wall and encrustation of its lumen, we observed small crystals adhering to the surfaces of the catheters (FIG. 1). However, such images were received only when full sterility of the urinary tract was maintained. In cases where catheters were inserted into the lumens of infected urinary tracts, fibrous growth appeared on the catheters, causing gradual encrustation of the side lumens of the catheter (FIG. 2) and, finally, of its main lumen. Additional factors affecting the encrustation of the catheter lumens are excessive secretion of mucus and exfoliation of epithelium, which together cause homogenous masses to appear and block the catheter completely (FIG. 3).

When catheters were inserted in the urinary tract lumens for the purpose of facilitating the expelling of crushed urinary calculi, we observed crystals adhere to the surface of the catheter relatively early (FIG. 4). When the catheter was kept in the urinary tract for 4 to 6 weeks, it could be observed that the catheter became coated not only by crystals, but also by fibrous growth, which caused partial (FIG. 5) and ultimately complete encrustation of the catheter lumen. In extreme cases, an almost complete encrustation of the catheter by a mineral film or formation of calculus on its surface took place (FIG. 6). Thus created calculus prevents unhampered removal of the catheter from the ureter and forces a surgical intervention to remove the catheter from the urinary tract.

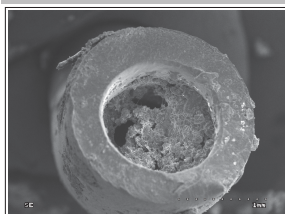
### Summary

It appears that in light of the presented observations, it is essential to maintain full sterility of the urinary tract and avoid



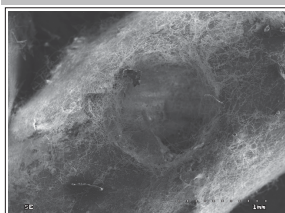
**RYS. 1.** Powierzchnia cewnika silikonowego po trzech miesiącach utrzymywania w moczowodzie.

**FIG. 1.** Surface of a silicon catheter after being kept in the ureter for 3 months.



**RYS. 3.** Bezpostaciowe masy organiczne wypełniające światło cewnika podwójnie zagiętego.

**FIG. 3.** Amorphous organic masses encrusting the lumens of a double-J catheter.



**RYS. 5.** Pokrywanie powierzchni cewnika podwójnie zagiętego tworami włóknistymi i zarastanie kanału centralnego.

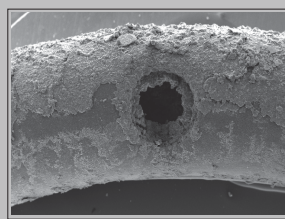
**FIG. 5.** Surface of a double-J catheter coated by fibrous growth and encrustation of the main lumen.

światła kanału cewnika i jego otworów bocznych jest nadmiar śluzu produkowanego przez drogi moczowe drażnione przez cewnik oraz złuszczone się nabłonki, co razem tworzy jednolitą masę powodującą całkowitą niedrożność cewnika (RYS. 3).

W przypadku cewników założonych do dróg moczowych w celu ułatwienia wydalania pokruszonych kamienia z ich światła obserwujemy stosunkowo wczesne odkładanie się kryształów na powierzchni cewnika (RYS. 4). W przypadku utrzymywania cewnika od 4 do 6 tygodni widoczne jest stopniowe pokrywanie cewnika nie tylko kryształami, ale i tworami włóknistymi powodujące częściowe (RYS. 5), a w ostateczności całkowite zamknięcie jego światła. W skrajnych przypadkach obserwujemy pokrycie prawie całego cewnika otoczką kamienną lub formowanie się kamienia na jego powierzchni (RYS. 6). Powstający w taki sposób kamień uniemożliwia swobodne usunięcie cewnika z moczowodu i zmusza do wykonania zabiegu operacyjnego w celu pozbycia się cewnika z dróg moczowych.

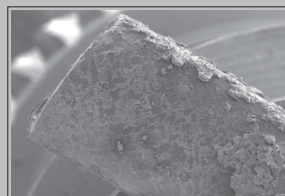
## Podsumowanie

Wydaje się, że w świetle przedstawionych obserwacji bardzo ważnym jest zachowanie pełnej jałowości dróg moczowych oraz nie przekraczanie określonych przez producenta czasów maksymalnego utrzymywania cewnika podwójnie zagiętego w drogach moczowych. Z przedstawionych badań wynika, że stosowane materiały nie zabezpieczają przed osadzaniem się na powierzchni cewników kamienia moczowego.



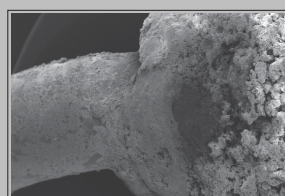
**RYS. 2.** Powierzchnia cewnika podwójnie zagiętego utrzymwanego w zakażonych drogach moczowych.

**FIG. 2.** Surface of a double-J catheter kept in an infected urinary tract.



**RYS. 4.** Stopniowe pokrywanie powierzchni cewnika przez płytki kryształowe.

**FIG. 4.** Gradual coating of the surface of a catheter by crystalline plaque.



**RYS. 6.** Całkowite pokrycie powierzchni cewnika podwójnie zagiętego kamieniem.

**FIG. 6.** Surface of a double-J catheter completely coated by calculus.

exceeding the maximum time of keeping a double-J catheter inside the urinary tract set by its manufacturer. From the presented results it appears that applied materials do not protect the surface of the catheter against the sedimentation of urinary stones.

## Piśmiennictwo

## References

- [1] Vallejo H.J., Burgos R.F.J., Maganto P. E, Martinez-Fornes T. M., de la Muelay S. Naverac P., Martin-Laborday B.F.: The double-J catheter. Clinical indications., Arch. Esp. Urol., 50, (1997), 1089-1097,
- [2] Vallejo H.J., Maganto P.E., Burgos R.F.J., de la Muelay S., Naverac P., Martin-Laborday B.F.: The double-J ureteral catheter: its historical development and current status., Arch. Esp. Urol., 52,(1992), 499-504,
- [3] Zimskind P.D, Fetter T.R, Wilkerson J.L. : Clinical use of long-term indwelling silicone rubber ureteral splints inserted cystoscopically., J. Urol., 97,(1967), 840-846,
- [4] Lesiewicz H., Miękoś E., Różański W., Pawlak Cz., Pisarski M., Majek A., Zydek C.: Dodatkowe zabiegi w leczeniu kamicy moczowej na drodze ESWL., Urologia Polska, 45, (1992), 254-259.
- [5] Desgrandchamps F, Mouliner F, Daudon M, Teillac P, Le Duc A.: An in vitro comparison of urease-induced encrustation of JJ stents in human urine., Brit. J. Urol., 79, (1997), 24-27.
- [6] Docimo S.G., Dewolf W.C.: High failure rate of indwelling ureteral stents in patients with extrinsic obstruction: experience at 2 institutions., J. Urol., 142, (1989), 277-279.
- [7] Morris N.S, Stickler D.J.: Encrustation of indwelling urethral catheters by Proteus mirabilis biofilms growing in human urine., J. Hosp. Infect., 39, (1998), 227-234.
- [8] Farsi H.M, Mosli H.A, Al-Zemaity M.F, Bahnassy A.A, Alvarez M.: Bacteruria and colonization of double-pigtail ureteral stents: long-term experience with 237 patients., J. Endourol., 9, (1995), 469-472.