

## Nova metoda određivanja barijernih svojstava medicinskog tekstila

**Beti Rogina-Car**, dipl.ing.

Izv.prof. dr.sc. **Ana Budimir**, dr. med.\*

Mr.sc. **Vlatka Turčić**, dr. med.\*\*

Prof. emeritus dr.sc. **Drago Katović**, dipl.ing.

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet

\*Sveučilište u Zagrebu Medicinski fakultet

\*\*Klinički bolnički centar Zagreb - Rebro

Zagreb, Hrvatska

e-mail: beti.rogina-car@ttf.hr

Prispjelo 3.7.2013.

UDK 677.044:677.016

Izvorni znanstveni rad

*U svrhu utvrđivanja svojstava mikrobne barijere razvijena je nova metoda ispitivanja medicinskih tekstilija u suhom stanju. Korištene su aerobne bakterijske spore *Geobacillus Stearothermophilus* i *Bacillus Atrophaeus*. Ispitivanja su provedena nakon 1, 10 i 20 ciklusa pranja i sterilizacije na tkanini od mješavine poliesterskih vlakana i pamuka, te tkanini od liocelnih vlakana. Rezultati ispitivanja novom metodom pokazali su da kod celuloznih medicinskih tekstilija dolazi do određene propusnosti bakterija u slučaju kontaminacije ekstremnom količinom aerobnih bakterijskih spora. Dok, materijali korišteni u realnim bolničkim uvjetima, nakon postupka pranja i sterilizacije imaju dobra svojstva mikrobne barijere. Dobiveni rezultati pokazuju da se ispitani celulozni medicinski materijali mogu koristiti kao učinkovita mikrobna barijera.*

**Ključne riječi:** celuloza, mikrobne barijere, *Geobacillus Stearothermophilus*, *Bacillus Atrophaeus*, sterilizacija

### 1. Uvod

Većina medicinskih tekstilija od prirodnih vlakana predstavljaju izvrsnu podlogu za rast bakterija i gljivica pri odgovarajućim uvjetima vlage i temperature. Na taj način povećava se mogućnost širenja bolničkih infekcija u operacijskim dvoranama [1]. Barijerna svojstva tekstilnog materijala važna su za zaštitu pacijenata i medicinskog osoblja od negativnog djelovanja mikroorganizama iz njihova okoliša. Pritom su celulozna vlakna osjetljivija na utjecaj gljivica od proteinskih vlakana, koja su sklonija bakterijskom utjecaju [2].

U početku pamuk je bio jedini dostupni materijal koji se koristio u borbi protiv infekcije rana. Omekšavao se iskuhavanjem, a njegova upotreba na pacijentima u vojnim bolnicama bila je prva klinička upotreba sterilnih kirurških zavoja [3]. U povijesti kirurgije do prekretnice dolazi 1860. godine u Sjedinjenim američkim državama početkom Građanskog rata.

Kirurška pokrivala i ogrtači promijenili su se tijekom godina pa tako i mišljenje o tekstilu kao mikrobnj barijeri. Do 1900. godine ogrtači i pokrivala bili su različiti od bolnice do bolnice. Na početku upotrebe pri-

marna namjena kirurških ogrtača bila je zaštita pacijenta od članova kirurškog tima. Odjevni predmeti za tu namjenu izrađivali su se od laganih pamučnih tkanina, za koje se smatralo da imaju u suhom stanju učinkovitu barijernu funkciju. Međutim, ovo se svojstvo gubi u mokrom stanju. Sve do 1975. godine tekstilna industrija nije imala učinkovit materijal za kirurške ogrtače i pokrivala. Pojavom, odnosno problemom sa širenjem HIV-a (human immunodeficiency virus - virus humane imunodeficijencije) nastala je dodatna potreba za zaštitom članova kirurškog tima od pacijenata, pa je učinkovitost

mikrobne barijere dobila još više na značenju. U proteklim godinama bilo je nekoliko pokušaja dobivanja univerzalno prihvatljivog postupka ispitivanja kako bi se dokazala sposobnost mikrobne barijere tekstilija u uvjetima koji simuliraju uobičajene uvjete upotrebe [4].

Još je Beck 1950-ih godina upozoravao kirurge da pamučni materijali koji se koriste za kirurške ogrtače nemaju učinkovitu mikrobnu barijeru. Pritom je kontrola infekcije bila suočena s mnogo neodgovorenih pitanja o tome kako procijeniti učinkovitost barijera korištenih materijala [5, 6]. Tijekom tog razdoblja, zahvaljujući kliničkim istraživanjima i napretku u tekstilnoj tehnologiji, dolazi do razvoja materijala sa zadovoljavajućim svojstvima barijerne učinkovitosti. Dolazi do razvoja višeslojnih tekstilnih materijala s poliuretanskom folijom u sredini [7-9]. O različitim metodama ispitivanja antimikrobne obrade bilo je pisano i u časopisu *Tekstil* [2].

Još je Belkin dao pregled metoda ispitivanja učinkovitosti mikrobne barijere koje se temelje na propusnosti kapljevine, od kojih su u ovom radu navedene neke značajnije [10-12]. Sterilna barijera može se definirati kao materijal smješten između sterilnog i kontaminiranog područja radi zaštite od prodora mikroorganizama kroz materijal. Primjeri takvih barijera su gumene rukavice, kirurški ogrtači, maske i omoti za čuvanje kirurških instrumenata koji su prethodno bili podvrgnuti procesu sterilizacije. Takve barijere su u širokoj upotrebi, no općeprihvaćeni kriteriji za njihovu učinkovitost jedva postoje [13-17]. Tako su Lankester B.J. i suradnici 2002. godine razvili metodu mjerenja prodora bakterija kroz kirurške ogrtače tijekom operacije. Petrijeve zdjelice ispunjene krvnim agarom pričvrste se na vanjsku stranu kirurškog ogrtača u području pazuha, prepona i peri-analnog područja. Na taj način procijenjen je prodor bakterija kroz jednokratne i

višekratne poliesterske kirurške ogrtače [11].

Prema „Mason Jar“ testu u čaši s poklopcem nalaze se mikroorganizmi u vodenom mediju prekriveni tekstilnim uzorkom. Čaša se okrene na sterilnu Petrijevu zdjelicu u trajanju od 30 min i utvrđuje broj propuštenih kolonija mikroorganizama [10].

Laufmanovim stres testom ispituje se penetracija kapljevine kroz tekstilni materijal. Uzorak se učvrsti tako da se dobije konkavni oblik ležaljke. Ispitna kapljevina s mikroorganizmima ulijeva se u ležaljku te se agar pločom uzima otisak ispod viseće ležaljke [10].

U literaturi se spominje također metoda za ispitivanje propusnosti krvi kroz kirurški ogrtač tijekom operacije. Aparatura ima dva mjehura, pri čemu donji zračni mjehur pritišće na vodeni mjehur koji simulira kirurgov trbuh, te pritišće na ispitni uzorak tkanine pri čemu dolazi do kontakta s krvlju. Propusnost se mjeri pomoću upijajućeg papira [10].

Svrha ovog istraživanja je pronalaženje odgovarajuće metode ispitivanja medicinskih tekstilija u suhom stanju u funkciji mikrobne barijere. Pregledom dostupne literature nije pronađena odgovarajuća metoda ispitivanja barijernih svojstava tekstilnog materijala u suhom.

## 2. Eksperimentalni dio

### 2.1. Nova metoda određivanja barijernih svojstava

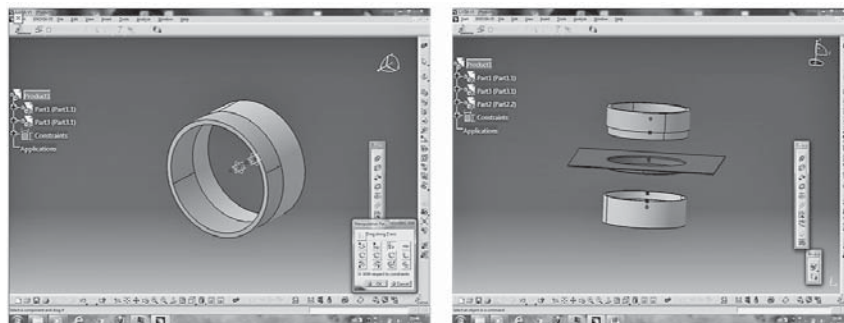
U suradnji Tekstilno-tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu s Me-

dicinskim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu i Kliničkim bolničkim centrom Zagreb - Rebro, u realnim bolničkim uvjetima razvijena je nova metoda ispitivanja mikrobne barijere medicinskih tekstilija sa svrhom njihovog vrednovanja i postavljanja specifikacije korištenih tekstilija. Za ispitivanje učinkovitosti mikrobne barijere medicinskih tekstilija konstruiran je i izveden uređaj za ispitivanje prikazan na sl.1.

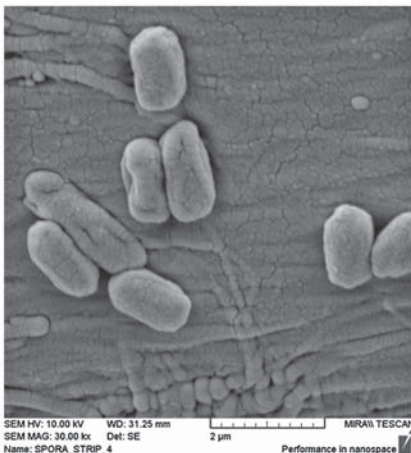
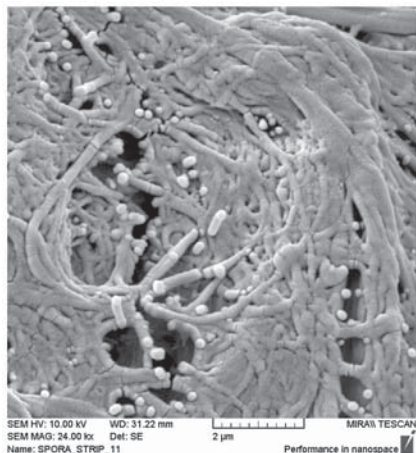
Uređaj se sastoji od dva prstenasta dijela promjera 10 cm. Služi za učvršćivanje ispitivanog tekstilnog uzorka dimenzija 22 x 22 cm. Oprani uzorak učvrsti se u uređaj za ispitivanje učinkovitosti mikrobne barijere te se pakira u vrećice za sterilizaciju. Sterilizira se u parnom sterilizatoru na 134 °C kroz 5 min. Nakon sterilizacije otvara se vrećica s ispitivanim uzorkom te se na uzorak pažljivo s gornje strane (lica) nanose bakterijske spore, bez mogućnosti kontaminacije donje strane (naličja).

U svrhu ispitivanja nove metode, u ovom radu korištene su bakterijske spore roda *Bacillus* (*Geobacillus Stearothermophilus* i *Bacillus Atrophaeus*) kao jedini oblik mikroorganizama u suhom obliku, čija je primarna namjena za biološku kontrolu sterilizacije. Posebnost ovoga rada je upravo u tome što su korišteni mikroorganizmi u suhom obliku, dok su se za slična ispitivanja koristile suspenzije različitih vrsta mikroorganizama. SEM slike bakterijskih spora prikazane su na sl.2.

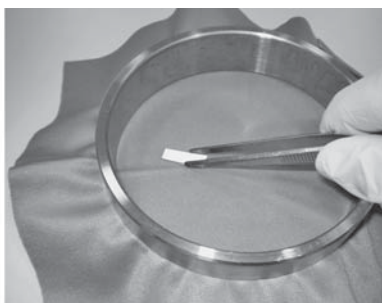
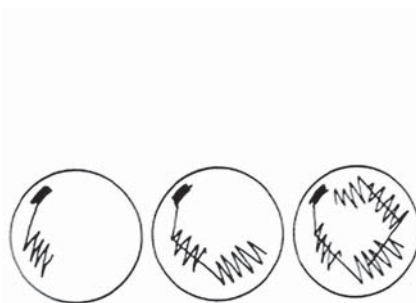
Na ispitno polje tekstilnog uzorka sterilnom pincetom nanese su bak-



Sl.1 Uređaj za ispitivanje učinkovitosti mikrobne barijere medicinskih tekstilija



Sl.2 Bakterijske spore *Geobacillus Stearothermophilus* i *Bacillus Atrophaeus* snimljene na skenirajućem elektronskom mikroskopu (SEM) MIRA\LMU Tescan (Republika Češka)

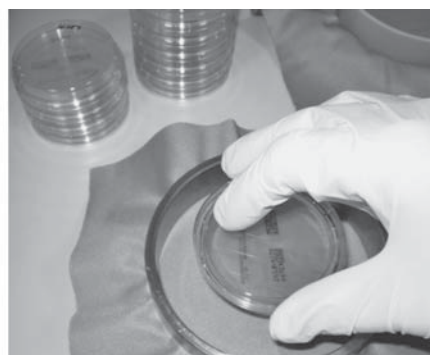
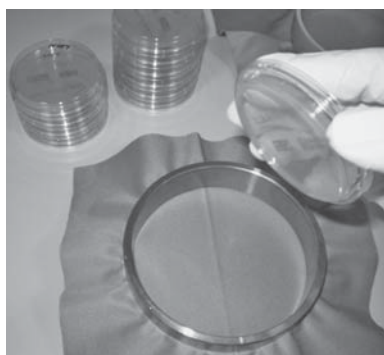


Sl.3 Slikovni prikaz nanošenja bakterijskih spora na ispitno polje uzorka

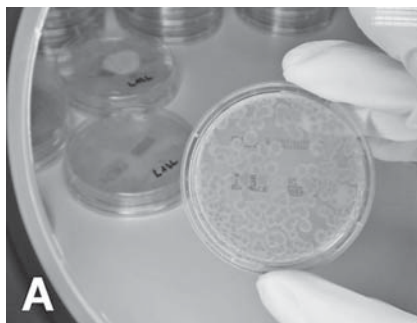
terijske spore po točno određenom redosljedku pokretima: lijevo-desno, gore-dolje i pod kutom od 45° (sl.3). Nakon toga štapić biološkog indikatora se okrene te se ponovi postupak istim redosljedkom. Na taj je način simulirano ekstremno kontaminiranje tekstilnog uzorka.

Nakon inkubacije od 24 sata uzimaju se otisci CT3P agar otisnom pločicom s uzorka kako slijedi - najprije se otisak uzme s naličja, a potom se uzorak okrene i uzima se otisak s lica (sl.4).

Slijedi inkubacija 72 sata u termostatu na temperaturi od 35 °C. Potom se očitava broj bakterijskih kolonija dobivenih s lica i naličja. Brojanje bakterijskih kolonija na CT3P agar otisnim pločicama provodi se na način uobičajen u mikrobiološkom laboratoriju (sl.5).



Sl.4 Uzimanje otiska CT3P agar otisnom pločicom s uzorka



Sl.5 Bakterijske kolonije na CT3P agar otisnim pločicama; A – lice; B – naličje

## 2.2. Kontrola djelotvornosti metode

Za kontrolu djelotvornosti nove metode, u ovom radu ispitani su medicinski tekstilni materijali poliester-skog vlakna/pamuk i liocelnog vlakna tvrtke Lenzing oznake Tencel® koji bi se mogli primjenjivati za pakiranje u sterilizaciji u svrhu mikrobnih barijere. Svojstva materijala prikazana su u tab.1.

Barijerna svojstva navedenih tekstilnih materijala istražena su novom metodom nakon 1, 10 i 20 ciklusa pranja i sterilizacije. Postupci pranja i sterilizacije provedeni su u realnim bolničkim uvjetima u specijaliziranoj praonici Kliničkog bolničkog centra Zagreb – Rebno kemo-termičkim postupkom. Postupak pranja zeleno obojenog materijala iz PES/pamuk provedeno je na 70 °C, a bijelog materijala iz liocelnih vlakana na 85 °C. Sterilizacija je provedena na 134 °C u trajanju 5 min.



Tab.1 Svojstva tekstilnih materijala

Uzorak	Površinska masa (g/m <sup>2</sup> )	Debljina tkanine (mm)	Finoća pređe (tex)		Vez tkanine	Gustoća (niti/cm)	
			osnova	potka		osnova	potka
Poliester/pamuk 50/50	178,6	0,28	osnova	28,60	platno	osnova	34
			potka	42,28		potka	25
Liocelno vlakno	193,7	0,32	osnova	22,83	keper K 2/1	osnova	50
			potka	31,30		potka	27

### 3. Rezultati s raspravom

Tijekom ispitivanja djelotvornosti ove nove metode mjerenja mikrobne barijere tekstila u suhom, pristupilo se i praktičkim ispitivanjima na tekstilnim uzorcima koji se najčešće koriste u klinikama. To su medicinski tekstilni materijali za čuvanje sterilnih instrumenata, kirurški ogrtači i pokrivala za odvajanje sterilnog područja od nesterilnog. Rezultati ispitivanja tekstilnih materijala u svrhu mikrobne barijere nakon ekstremne kontaminacije bakterijskim sporama *Geobacillus Stearothermophilus* i *Bacillus Atrophaeus* prikazani su u tab.2.

Iz literature je poznato da tkanina od liocelnih vlakana pokazuje dobra antimikrobna svojstva što se tumači dobrom apsorpcijom vlage s površine tekstilnog materijala. Rast bakterija na tkanini od liocelnih vlakana u slučajevima bez ikakve naknadne obrade i do 2000 puta manji od rasta bakterija na tkaninama od umjetnih vlakana. Redoslijed sklonosti rastu bakterija je sljedeći: poliamidno vlakno > poliestersko vlakno > polipropilensko vlakno > pamuk > liocelno vlakno [17]. Upravo to je

razlog što rezultati ispitivanja propusnosti mikrobne barijere celuloznih tekstilija nakon ekstremnih uvjeta kontaminacije bakterijskim sporama *Geobacillus Stearothermophilus* i *Bacillus Atrophaeus* pokazuju da tkanina od liocelnih vlakana ima bolju mikrobnu barijeru nego tkanina od mješavine vlakana pamuk/poliester. Rezultati ispitivanja novom metodom pokazali su da kod celuloznih medicinskih tekstilija dolazi do određene propusnosti bakterija u slučaju kontaminacije ekstremnom količinom aerobnih bakterijskih spora.

S druge strane, omjer propuštanja mikroorganizama u oba slučaja pokazuje da nakon prvog pranja i sterilizacije postoji manja mogućnost kontaminacije, dok se nakon desetog pranja i sterilizacije mogućnost kontaminacije povećava, a nakon dvadesetog pranja i sterilizacije ponovo dolazi do izrazitijeg smanjenja mogućnosti kontaminacije. Taj se trend nastavlja do 50 ciklusa pranja i sterilizacije [18]. Razlog tomu vjerojatno je to što tijekom postupaka pranja i sterilizacije dolazi do fizikalno-mehaničkih promjena dimenzija celuloznih tekstilija, te se ona skuplja

i povećava se debljina, što povećava barijerna svojstva.

### 4. Zaključak

Na temelju pregledane dostupne literature nije uočeno da je ispitivano svojstvo mikrobne barijere tekstilnog materijala u suhim uvjetima, a sve do sada prikazane metode odnose se na ispitivanje u mokrom stanju. U radu se pristupilo provedbi nove metode određivanja mikrobne barijere u suhom koje se susreće u realnim uvjetima čuvanja kirurških instrumenata nakon sterilizacije, radi sprječavanja širenja bolničkih infekcija. Iz dobivenih rezultata ispitivanja tekstilnih materijala u svrhu mikrobne barijere nakon ekstremne kontaminacije bakterijskim sporama može se zaključiti da se ovom novom predloženom metodom može odrediti barijerno svojstvo tekstilnog materijala. Također, dokazano je da se ispitivane celulozne tekstilije (PES/pamuk i Tencel®) mogu koristiti kao sustav mikrobne barijere nakon sterilizacije kao zaštita od kontaminacije mikroorganizmima.

*Zahvaljujemo se Ministarstvu znanosti, obrazovanja i sporta na dodijelje-*

Tab.2 Rezultati ispitivanja mikrobne barijere nakon ekstremne kontaminacije bakterijskim sporama *Geobacillus Stearothermophilus* i *Bacillus Atrophaeus*

Uzorak	Broj ciklusa pranja i sterilizacije	Broj bakterijskih kolonija na licu	Broj bakterijskih kolonija na naličju	Omjer
Poliester/pamuk 50/50	1	356	11	32:1
	10	275	14	20:1
	20	318	9	35:1
Liocelno vlakno	1	419	7	60:1
	10	359	8	45:1
	20	294	2	147:1

*noj potpori za istraživanje 1 (5.12.1.2) čijom se pomoći financira objava rada*

#### Literatura:

- [1] Gaballa Fouda M.M.: Use of natural polysaccharides in medical textile applications. Ph D Thesis, University of Duisburg-Essen, (2005) Germany
- [2] Bischof Vukušić S., S. Flinčec Grgac, D. Katović: Antimikrobna obrada tekstilija i problematika metoda ispitivanja, *Tekstil* 56 (2007.) 1, 36-49
- [3] Stephens-Borg K.: Surgical dressings and turbulent years of cotton industry, *J Perioper Pract.* 18 (2008) 7, 305-306
- [4] Belkin N.L.: A historical review of barrier materials, *AORN J.* 76 (2002) 4, 648-653
- [5] Belkin N.L.: Aseptic barrier materials for surgical gowns and drapes, *AORN J.* 47 (1988) 2, 572-576
- [6] Belkin N.L.: Textiles as aseptic barriers: the past, present, and future, *Med. Instrum.* 14 (1980) 4, 233-236
- [7] Langenhove Van L.: Smart textiles for medicine and healthcare, Woodhead Publishing Limited, North America (2007), ISBN-13: 978-1-84569-097-7
- [8] Borkow G., J. Gabbay: Biocidal textiles can help fight nosocomial infections. *Med Hypotheses* 70 (2008) 990-994
- [9] Scott R.A.: Textiles for protection, Woodhead Publishing Limited, North America, (2005) ISBN-13: 978-1-84569-097-7
- [10] Belkin N.L.: Surgical Gowns and Drapes: Just How Necessary Are They?, *Textile Rental* 72 (2002), 66-73
- [11] Lankester B.J. et al.: Direct measurement of bacterial penetration through surgical gowns: a new method, *J Hosp Infect.* 50 (2002) 4, 281-285
- [12] American Society for Testing and Materials. F1670-98 Standard test method for resistance of materials used in protective clothing to penetration by synthetic blood. West Conshohocken (PA): ASTM; 1998
- [13] American Society for Testing and Materials F1671-97b Standard test method for resistance of materials used in protective clothing to penetration by bloodborne pathogens using phi-x174 bacteriophage penetration as a test system. West Conshohocken (PA): ASTM; 1997
- [14] Belkin N.L.: The new American Society for Testing and Materials tests: all that glitters is not gold, *Am J Infect Control* 22 (1994), 172-176
- [15] Bojić-Turčić V.: Sterilizacija i dezinfekcija u medicini, Medicinska naklada i Medicom, Zagreb, (1994.) ISBN 953-176-024-1
- [16] William C. et al.: Aseptic Barriers, *Arch Surg.* 87 (1963) 2, 288-296
- [17] Prospekti tvrtke Lenzing: The best wipes are made of Lenzing Fibers
- [18] Rogina-Car B. et al.: Do multi-use cellulosic textiles provide safe protection against the contamination of sterilized items?, *Cellulose* (2014), DOI 10.1007/s10570-014-0199-1

**SUMMARY****A new procedure for the determination of barrier properties of medical textiles**

*B. Rogina-Car, A. Budimir, V. Turčić, D. Katović*

To determine microbial barrier properties, a new method for testing medical textiles in the dry state has been developed. Aerobic bacterial spores *Geobacillus Stearothermophilus* and *Bacillus Atrophaeus* were used. Tests were carried out after 1, 10 and 20 cycles of washing and sterilizing a polyester cotton blend fabric as well as a lyocell fabric. The test results achieved using the new procedure showed that in medical cellulose textiles a certain bacterial porosity in case of a contamination of cellulose medical textiles with an extreme amount of aerobic bacterial spores occurs, while the materials used under real hospital conditions show very good qualities of the microbial barrier after washing and sterilizing. The results achieved show that the tested medical cellulose materials can be used as an effective microbial barrier.

**Key words:** cellulose, microbial barriers, *Geobacillus Stearothermophilus*, *Bacillus Atrophaeus*, sterilization

*University of Zagreb, Faculty of Textile Technology*

*e-mail: beti.rogina-car@tff.hr*

*Received July 3, 2013*

**Ein neues Verfahren zur Bestimmung der Barriereigenschaften von Medizintextilien**

Um mikrobielle Barriereigenschaften zu bestimmen, ist eine neue Methode zur Prüfung von Medizintextilien im trockenen Zustand entwickelt worden. Aerobische Bakteriensporen *Geobacillus stearothermophilus* und *Bacillus atrophaeus* wurden verwendet. Untersuchungen wurden nach 1, 10 und 20 Wasch- und Sterilisierungszyklen eines Baumwoll- und Polyester- Mischgewebes sowie eines Lyocellgewebes durchgeführt. Die Prüfungsergebnisse mittels des neuen Verfahrens zeigten, dass es in medizinischen Zellulosetextilien zu einer bestimmten Bakteriendurchlässigkeit im Falle einer Kontamination durch eine extreme Menge aerober Bakteriensporen kommt, während die unter realen Krankenhausbedingungen eingesetzten Materialien nach der Wäsche und der Sterilisierung sehr gute Eigenschaften der Mikroben-Barriere aufweisen. Die erreichten Ergebnisse zeigen, dass die getesteten medizinischen Zellulosematerialien als wirksame Mikrobenbarriere verwendet werden können.