

## Prevalence of *fimA*, *fimH*, *mrkA*, *ecpA*, and *mrkD* virulence genes affecting biofilm formation in clinical isolates of *K. pneumonia*

Shivaee A<sup>1</sup>, Meskini M<sup>2</sup>, Shahbazi Sh<sup>2</sup>, Hasani D<sup>3</sup>, Masjedian Jazi F<sup>4</sup>, Zargar M<sup>5\*</sup>

1- Department of Microbiology, Faculty of Medicine, Iran University of Medical Sciences, Tehran, I. R. Iran.

2- Department of Bacteriology, Pasteur Institute of Iran, Teheran, I. R. Iran.

3- Department of Microbiology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, I. R. Iran.

4- Department of Microbiology, Faculty of Medicine, Iran University of Medical Sciences, Tehran, I. R. Iran.

5- Department of Microbiology, Qom branch, Islamic Azad University, Qom, I. R. Iran.

Received: 2018/11/8 | Accepted: 2019/03/3

### Abstract:

**Background:** *Klebsiella pneumoniae* is an opportunistic microorganism causing nosocomial infection all over the world. This study aimed to investigate the prevalence of biofilm formation in *K. pneumoniae* isolated from patients and its correlation with the virulence factors.

**Materials and Methods:** Biochemical tests were used for the identification of *K. pneumonia* isolated from patients referred to Motahari and Milad hospitals in Tehran, Iran, from October 2015 to June 2016. Kirby-bauer test was performed and biofilm formation was assessed phenotypically. Finally, virulence genes were detected by the PCR method.

**Results:** The highest resistance rate was against ceftazidime and cefotaxime (67%) and the least resistance rate was against imipenem and meropenem (39%). In addition, 81% of the isolates were biofilm producers according to the results of biofilm formation assay. Also, the results of PCR showed that all 57 biofilm producer isolates harbored *fimA*, *mrkA*, *ecpA*, and *fimD* virulence genes and 92% of these isolates harbored *fimH* virulence gene. Among non-biofilm producer isolates, 36% had *fimA* gene, 29% had *ecpA* gene, and none of these isolates carried *mrkA* and *fimH* genes.

**Conclusion:** It seems that antibacterial resistance has a significant association with biofilm formation in *K. pneumoniae* isolates. Therefore, understanding resistance pattern and mechanisms leading to biofilm formation can facilitate efficient treatment of infections caused by this bacterium.

**Keywords:** *Klebsiella pneumoniae*, Multidrug-resistant, biofilms, virulence factor

**\*Corresponding Author:**

**Email:** zmohsen2002@yahoo.com

**Tel:** 0098 912 153 9288

**Fax:** 0098 253 280 0282

Conflict of Interests: No

Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences, June, 2019; Vol. 23, No 2, Pages 168-176

# شیوع ژن‌های ویرولانس *fimA* *fimH* *mrkA* *ecpA* *mrkD* در تشکیل بیوفیلم در بین ایزوله‌های کلبسیلا پنومونیه جدا شده از نمونه‌های بالینی

علی شیوابی<sup>۱</sup>، مریم مسکینی<sup>۲</sup>، شهرلش هبازی<sup>۳</sup>، دنیا حسنی<sup>۴</sup>، فرامرز مسجدیان جزی<sup>۵</sup>، محسن زرگر

## خلاصه:

سابقه و هدف: کلبسیلا پنومونیه از باکتری‌های فرست طلبی است که در سراسر جهان سبب عفونت‌های بیمارستانی می‌شود. هدف از این مطالعه بررسی شیوع جدایه‌های کلبسیلا پنومونیه تولیدکننده بیوفیلم و ارتباط آن با فاکتورهای بیماری‌زایی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: ایزوله‌های کلبسیلا پنومونیه به دست آمده از بیماران مراجعه کننده به بیمارستان‌های مطهری و میلاد تهران از مهرماه ۹۵ تا خردادماه ۹۶ با تست‌های بیوشیمیابی شناسایی شدند. میزان مقاومت ایزوله‌ها با روش کربی-بانر و توانایی تشکیل بیوفیلم با تست فوتیپی مشخص شد. در نهایت، فاکتورهای ویرولانس با روش PCR شناسایی شدند.

نتایج: بیشترین مقاومت نسبت به سفتازیدیم و سفوتاکسیم (۶۷ درصد) و کمترین مقاومت به ایمی‌بنم و مروپنم (۳۹ درصد) گزارش شد. تست فوتیپی بیوفیلم نشان داد که ۸۱ درصد از جدایه‌ها، تولیدکننده بیوفیلم بودند. همچنین نتایج PCR نشان داد که همه ۵۷ جدایه‌ی تولیدکننده بیوفیلم، دارای ژن‌های *fimH* و *fimD* و *ecpA* و *mrkA* و *mrkD* بودند و ژن در حدود ۹۲ درصد از جدایه‌ها شناسایی شد. ۳۶ درصد از جدایه‌هایی که قادر به تولید بیوفیلم نبودند، دارای ژن *fimA* و *ecpA* بودند. ژن *mrkA* و *mrkD* در هیچ یک از این جدایه‌ها یافت نشد.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که مقاومت آنتی‌بیوتیکی در بین جدایه‌های کلبسیلا پنومونیه با تولید بیوفیلم ارتباط معناداری دارد. لذا آگاهی از الگوی مقاومت و مکانیسم تشکیل بیوفیلم این ارگانیسم می‌تواند به درمان بهتر بیماران کمک شایانی کند.

واژگان کلیدی: کلبسیلا پنومونیه، MDR، بیوفیلم، فاکتورهای ویرولانس

دو ماهنامه علمی-پژوهشی فیض، دوره بیست و سوم، شماره ۲، خرداد-تیر ۹۸، صفحات ۱۶۸-۱۷۶

## بعضی از اعضای این خانواده همچون: سالمونلا، شیگلا و تعدادی

از سویه‌های اشرشیاکلی هم می‌توانند به صورت اولیه برای انسان و حیوانات، بیماری‌زا باشند. در بین اعضای این خانواده واریانت‌های غیرمتحرک، مانند کلبسیلا نیز به چشم می‌خورد [۱]. جنس کلبسیلا شامل: ۵ گونه و دارای ۲ زیرگونه است: اما برخی نیز برای این جنس ۷ گونه قائل هستند. در این میان کلبسیلا پنومونیه از نظر بالینی اهمیت فراوان دارد. در حالی که سایر گونه‌ها حدود ۱ درصد از موارد جدا شده بالینی را در جنس کلبسیلا شامل می‌شوند. بیوفیلم در واقع مجموعه متراکم و بسیار سازمان یافته از باکتری‌ها است که به یکدیگر و به سطوح (زنده یا غیرزنده) متصل شده، به وسیله یک ماتریکس خارج سلولی از مواد بیopolymerی (EPS) که توسط خود باکتری‌ها تولید شده، احاطه شده است. EPS می‌تواند متشکل از انواع پلی‌ساقاریدها، نوکلئیک اسید، لیپیدها و پروتئین‌ها باشد و بخش اعظم بیوفیلم (۵۰-۹۰ درصد) را تشکیل می‌دهد [۲]. تشکیل بیوفیلم با اتصال باکتری‌ها به یک سطح آغاز می‌شود که معمولاً با واسطه فلاژل یا پلی‌صورت می‌گیرد. این اتصال در ابتدا سست و برگشت‌پذیر است ولی در ادامه باکتری بیان فاکتورهای حرکتی (فلاژل و پلی) را سرکوب نموده، به جای آن‌ها فاکتورهای انصالی را بیان می‌کند، در نتیجه اتصال محکم و برگشت‌پذیر ایجاد می‌شود [۳] پلی در همه اعضای پاتوتایپ-

## مقدمه

خانواده انترباکتریا به باکتری‌های گرم منفی، میله‌ای شکل، هوایی یا بی‌هوای اختیاری و غیر هاگزا می‌باشند. گونه‌های متحرک این خانواده تاژکهای اطرافی دارند. این اجرام بیشتر در روده مهربه-داران به عنوان فلور طبیعی، فرست طلب یا پاتوژن حضور دارند. برخی از گونه‌های این خانواده پاتوژن روده‌ای نبوده، بلکه میکروارگانیسم‌های فرست طلبی هستند که قادرند در دستگاه‌های ادراری، تنفسی، گردش خون و اعصاب میزان‌های مختلف به خصوص در شرایط تضعیف سیستم ایمنی، عفونت‌زایی نمایند.

۱. کارشناسی ارشد میکروب‌شناسی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

۲. دانشجویی دکتری باکتری‌شناسی پزشکی، گروه میکروب‌شناسی، انتستیوپاستور ایران، تهران، ایران

۳. کارشناسی ارشد میکروب‌بیولوژی، گروه زیست‌شناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۴. استادیار، گروه میکروب‌شناسی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

۵. استادیار، گروه میکروب‌شناسی، واحد قم، دانشگاه آزاد اسلامی، قم، ایران

\*نشانی نویسه‌ده مسئول\*

گروه میکروب‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قم، ایران

تلفن: ۰۹۱۲۱۵۳۹۲۸۸ - موزنیس: ۰۲۵۳۳۸۰۰۲۸۲

پست الکترونیک: zmohsen2002@yahoo.com

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۸/۱۷ - تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۸/۱۲

(مطهری و میلاد)، به مدت ششماه در بین سالهای ۱۳۹۵-۹۶ جمع‌آوری شده بودند، انجام شد. تعداد ۱۰۶ نمونه ادراری، ۹۰ نمونه سوتگی، ۲۵ نمونه خلط و ۲۲ نمونه خون بود. از همه نمونه‌های جمع‌آوری شده ۷۰ جدایه کلبسیلا بودند که با استفاده از تست‌های بیوشیمیایی TSI، SIM، MR-VP، سیمون سیترات و لیزین دکربوکسیلاز به عنوان گونه‌ی کلبسیلا پنومونیه شناسایی شدند.

#### تعیین حساسیت آنتی‌بیوتیکی

پس از تعیین هویت هر یک از ایزوله‌ها، برای تعیین الگوی حساسیت و یا مقاومت آنتی‌بیوتیکی مطابق دستورالعمل CLSI ۲۰۱۶، دیسک‌های آنتی‌بیوتیکی سفوكسیتین ( $\mu\text{g}$ ،  $30\text{ }\mu\text{g}$ ،  $10\text{ }\mu\text{g}$ )، ایمپین ( $10\text{ }\mu\text{g}$ )، سفوتاکسیم ( $30\text{ }\mu\text{g}$ )، سفتازیدیم ( $30\text{ }\mu\text{g}$ )، سفپیم ( $30\text{ }\mu\text{g}$ )، سپروفلوکساسین ( $10\text{ }\mu\text{g}$ ) و آمیکاسین ( $10\text{ }\mu\text{g}$ ) انتخاب و از شرکت Mast Co انگلستان خریداری شدند. برای تعیین حساسیت ایزوله‌ها نسبت به آنتی‌بیوتیک، از انتشار دیسک به روش کربی-بائیر استفاده شد. به این منظور سوسپانسیونی از ایزوله‌ها با کدورت نیم مک فارلند تهیه شد [۷]. به وسیله سوآپ از سوسپانسیون بر روی محیط جامد مولرهیتون آگار به صورت چمنی کشت داده شد، سپس دیسک‌های آنتی‌بیوتیک بر روی محیط جامد قرار داده شد، سپس پلیت‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای  $37^\circ\text{C}$  در مرحله بعدی با اندازه‌گیری قطر هاله عدم رشد و مقایسه آن با جدول CLSI ۲۰۱۶، ایزوله‌های مورد نظر تحت عنوان ATCC 25922 و کلبسیلا پنومونیه ATCC 700603 به عنوان کنترل منفی و مثبت استفاده شد. جدایه‌هایی که به حداقل سه خانواده از کلاس آنتی‌بیوتیک‌های رایج از خود مقاومت نشان دادند، به عنوان جدایه‌های دارای مقاومت چندگانه (MDR) شناخته شدند [۸].

#### واکنش زنجیره‌ای پلیمراز

۵ جفت پرایمر برای تشخیص ژن‌های *mrkA*, *mrkD*, *fimH*, *fimA*, *ecpA* از مقالات استخراج شد که توالی پرایمرهای مورد استفاده در جدول شماره ۱ آمده است. برای انجام PCR، ابتدا DNA باکتری به روش boiling استخراج شد. واکنش PCR با حجم نهایی  $25\text{ }\mu\text{l}$  با مقدار زیر آمده شد:  $1\text{ }\mu\text{l}$  از PCR Master Mix x۲ (شرکت Amplicon)،  $1\text{ }\mu\text{l}$  از پرایمر Forward Reverse DNA،  $1\text{ }\mu\text{l}$  از پرایمر الگو  $1\text{ }\mu\text{l}$  و  $8/5\text{ }\mu\text{l}$  آب مقطر دیونیزه استریل.

های اشرشیاکلی حضور دارد و توسط اپران *ecpRABCDE* کد می‌شود، این پیلی در رابطه بین باکتری‌های درون بیوفیلم و اتصال سلولی نقش کلیدی دارد. همچنین پیلی *TlpA* که در تجمع درون-سلولی جدایه‌ها نقش دارد؛ حساس به مانوز بوده و توسط اپران *fim* کددھی می‌شود. این پیلی دارای یک زیر واحد اصلی به نام *fimA* و یک زیر واحد فرعی به نام *H* است [۴]. پیلی *TlpB* در بسیاری از باکتری‌های روده‌ای بهخصوص کلبسیلا پنومونیه وجود دارد که در اتصال کلبسیلا پنومونیه به سلول‌های اپی‌تیلیال تراکتال، سلول‌های توبولار کلیه، پروتئین‌های ماتریکس خارج سلولی، غشای پایه بافت ششی و تشکیل بیوفیلم نقش دارند. این نوع پیلی مقاوم به مانوز بوده و توسط اپران *mrk* کددھی می‌شود، کلاستر ژنی *mrk* روی کروموزوم یا پلاسمید باکتری واقع شده است که دارای زیر واحد اصلی *A* و زیر واحد فرعی *D* است [۵]. تولید بیوفیلم بهخصوص در وسائل پزشکی و ارتباطی با افزایش انتقال افقی ژن‌های مقاومت آنتی‌بیوتیکی زنگ خطری برای کنترل این عفونت است. توانایی ایجاد بیوفیلم جدایه‌ها، منجر به افزایش مقاومت به مواد آنتی‌بیوتیکی به بیش از صد برابر می‌شود. در نتیجه شکست درمانی، افزایش هزینه درمان و افزایش مرگ‌ومیر در بیماران را به همراه خواهد داشت. از جهت دیگر ارتباط سویه‌های تولیدکننده بیوفیلم و فاکتورهای ویرولانس آن‌ها می‌تواند راهی برای مقابله و ممانعت از تولید بیوفیلم و عفونت‌های بیمارستانی باشد. کلبسیلا پنومونیه می‌تواند منجر به عفونت‌های شدید بیمارستانی شود، عفونت‌های بیمارستانی ناشی از کلبسیلا بار سنگین اقتصادی را بر جامعه و زندگی فرد بیمار خواهد داشت و از این‌رو وجود برنامه‌های جدید برای کنترل این عفونت مورد نیاز است [۶]. اگرچه کلبسیلا پنومونیه یک باکتری فرصت‌طلب مهم است؛ اما در کشور عزیزان ایران مطالعه جامعی مبنی بر شیوع جدایه‌های کلبسیلا پنومونیه تولیدکننده بیوفیلم و بررسی ارتباطش با فاکتورهای ویرولانس آن انجام نشده است. بنابراین مطالعات زیادی برای بررسی ویژگی‌های جدایه‌های کلبسیلا پنومونیه شایع بیمارستانی و فاکتورهای ویرولانس آن‌ها مورد نیاز است. از این‌رو هدف از این مطالعه بررسی ویژگی‌های جدایه‌های کلبسیلا پنومونیه جدا شده از نمونه‌های بالینی مختلف بر اساس مقاومت آنتی‌بیوتیکی و ارتباط شیوع فاکتورهای ویرولانس با ایجاد مقاومت در محیط می‌باشد.

#### مواد و روش‌ها

##### جمع‌آوری نمونه

این مطالعه توصیفی- مقطعي بر روی ۲۴۳ جدایه انتروباكتریاسه از نمونه‌های بالینی مختلف از بیمارستان‌های تهران

سازی  $72^{\circ}\text{C}$  به مدت ۶۰ ثانیه و دمای طویل‌سازی نهایی  $72^{\circ}\text{C}$  به مدت ۵ دقیقه بود. تعداد سیکل‌های انتخابی برای انجام واکنش PCR ۳۰ سیکل بود. همچنین برای آشکارسازی محصول از ژل آگارز ۱ درصد استفاده شد و برای شناسایی طول قطعات از مارکر  $1000\text{ bp}$  استفاده شد.

به منظور دقت و صحت انجام تست، کنترل‌های مثبت و منفی برای هر ژن لحاظ شد. سپس برنامه حرارتی زمانی زیر برای تکثیر قطعات به کار برده شد: دمای جداسازی اولیه  $95^{\circ}\text{C}$  به مدت ۵ دقیقه، دمای جداسازی  $95^{\circ}\text{C}$  به مدت ۶۰ ثانیه، دمای اتصال برای هر ژن با توجه به جدول شماره ۱ و به مدت ۶۰ ثانیه، دمای طویل-

جدول شماره ۱- توالی الیگونوکلئوتیدی پرایمرها

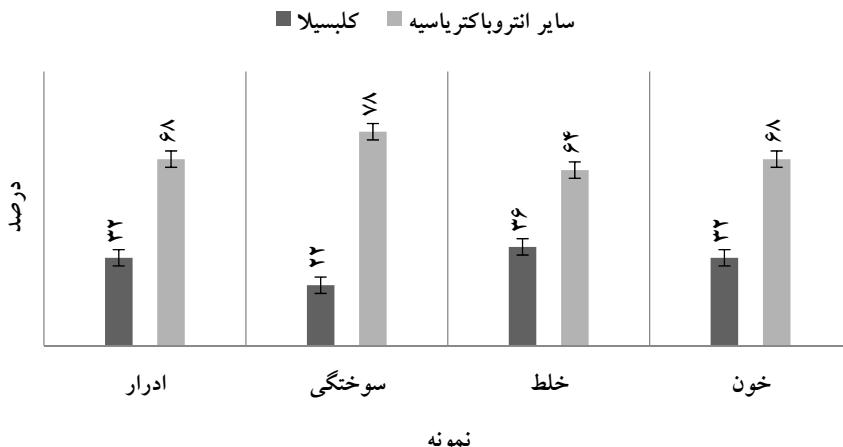
ژن	توالی پرایمر ( $5'-3'$ )	دماه اتصال $^{\circ}\text{C}$	سایز محصول (bp)	رفنس
<i>mrk A</i>	F- CGG TAA AGT TAC CGA CGT ATC TTG TAC TG R- GCT GTT AAC CAC ACC GGT GGT AAC	63	496	[۵]
<i>mrk D</i>	F- CTG AC G CTT TTT ATT GGC TTA ATG GCG R- GCA GAA TTT CC G GTC TTT TCG TTT AGT AG	63	757	[۶]
<i>fim H</i>	F- CGCCCTGGTCCCTTGCCCTGCA R- CTGCACGTTGCCGGCGGTAA	59	817	[۱۰]
<i>eepA</i>	F- AATGGGTTACCGGGACATCATGTCC R- AAGGATGAAATATGCCGACATCC	58	759	[۱۰]
<i>fimA</i>	F- CGG AC G GTA CGC TGT ATT TT R- GCT TCG GCG TTG TCT TTA TC	58	436	[۴]

(OD) چاهک‌ها در طول موج ۵۵۰ نانومتر با استفاده از دستگاه الیزا ریدر اندازه‌گیری شد. اگر OD کمتر از  $0/1$  باشد، نشان از تشکیل بیوفیلم ضعیف، اگر OD  $1-0/1$  باشد، نشان از تشکیل بیوفیلم متوسط و اگر OD بیشتر از ۱ باشد، نشان از تشکیل قوی است. همچنین از سویه‌ی *Pseudomonas aeruginosa* PAO1 به عنوان کنترل مثبت برای سنجش بیوفیلم استفاده شد. [۱۲]. کلیه تحلیل‌ها و نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۵ انجام و استخراج شده است. برای بررسی ارتباط بین نوع ژن‌ها و تولید کردن بیوفیلم از آزمون دقیق فیشر استفاده شد.

#### نتایج

تعداد ۲۴۳ جدایه انترباکتریاسه از بیمارستان‌های مطهری و میلاد از مهرماه ۹۵ تا خردادماه ۹۶ در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. طیف سنی افراد مراجعه‌کننده بین ۱۵-۴۵ سال متغیر بود. همچنین از نظر جنسیتی ۶۵ درصد از مراجعه‌کنندگان را زنان و ۳۵ درصد را مردان تشکیل می‌دادند. از ۱۰۶ نمونه ادراری ۳۴ نمونه کلپسیلا پنومونیه، از ۹۰ نمونه سوختگی ۲۰ نمونه کلپسیلا پنومونیه، از ۲۵ نمونه خلط ۹ نمونه کلپسیلا پنومونیه و از ۲۲ نمونه خون ۷ نمونه کلپسیلا پنومونیه بود. درصد جدایه‌های کلپسیلا پنومونیه و سایر انترباکتریاسیه‌های شناسایی شده در نمونه‌های جمع‌آوری شده در نمودار شماره ۱ گزارش شده است.

سنجهش میزان تولید بیوفیلم به وسیله اندازه‌گیری جذب نوری MPT برای سنجش میزان بیوفیلم از روش میکروتیتر پلیت و رنگ‌آمیزی با کریستال ویوله  $0/1$  درصد استفاده شد [۱۱]. ابتدا هر یک از سویه‌ها در لوله‌های حاوی ۵ میلی‌لیتر محیط TSB کشت داده و ۲۴ ساعت در دمای  $37^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی‌گراد گرم‌گذاری شدند. در مرحله بعدی، به منظور یکسانسازی دورت سوسپانسیون‌های میکروبی، رقیق‌سازی در محیط TSB تازه انجام شد (تهیه سوسپانسیون با کدورت معادل  $0/5$  مک فارلند). سپس میزان  $150\text{ }\mu\text{l}$  میکرولیتر از سوسپانسیون میکروبی در هر یک از چاهک‌های میکروپلیت‌های  $96$  خانه‌ای ریخته و  $24$  ساعت در دمای  $37^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی‌گراد در گرم‌خانه قرار داده شد. سپس محلول رویی خارج و چاهک‌ها به آرامی  $3$  مرتبه توسط  $200\text{ }\mu\text{l}$  میکرولیتر از سرم فیزیولوژی شسته شد. میکروپلیت به صورت وارونه در دمای  $65^{\circ}\text{C}$  درجه قرار داده شد تا خشک شود. جهت فیکس بهتر بیوفیلم، از  $15\text{ }\mu\text{l}$  درصد به میزان  $100\text{ }\mu\text{l}$  میکرولیتر استفاده شد. پس از  $15$  دقیقه کل خارج و میکروپلیت در هوا خشک شد. به تمام خانه‌ها  $100\text{ }\mu\text{l}$  میکرولیتر رنگ کریستال ویوله  $1/5$  درصد اضافه کرده، پس از  $20$  دقیقه پلیت با آب شستشو شد تا رنگ اضافی از چاهک‌ها خارج شود.  $150\text{ }\mu\text{l}$  میکرولیتر از استیک اسید  $33\text{ }\mu\text{l}$  درصد به چاهک‌ها اضافه شد تا رنگ‌های باند شده به بیوفیلم به سطح میکروپلیت آزاد شوند. به منظور سنجش میزان تولید بیوفیلم، جذب نوری

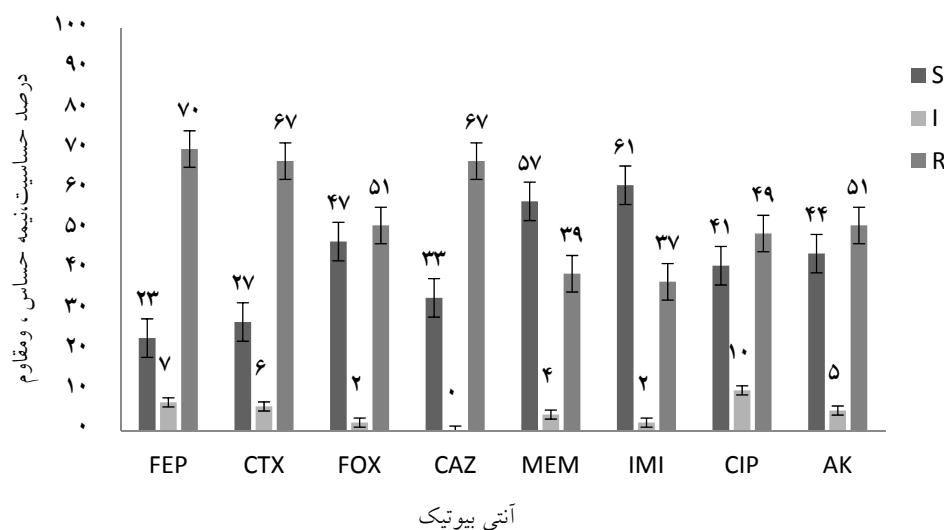


نمودار شماره ۱- درصد جدایه‌های کلبسیلا و سایر انتروباکتریاسیه در نمونه‌های بالینی جمع‌آوری شده

سپیم (۷۰ درصد)، سفوتاکسیم (۶۷ درصد) و سفتازیدیم (۶۷ درصد)، همچنین بیشترین حساسیت نسبت به آنتی‌بیوتیک‌های ایمپنیم (۶۱ درصد)، مروپنام (۵۷ درصد) و سفوکسیتین (۴۷ درصد) بود. نمودار شماره ۲ درصد حساسیت، نیمه حساسیت و مقاومت هریک از ایزوله‌ها را به تفکیک آنتی‌بیوتیک نشان می‌دهد.

## نتایج آنتی‌بیوگرام

نتایج حاصل از آنتی‌بیوگرام به روش کربی- بائر بر روی ۷۰ جدایه کلبسیلا پنومونیه نشان داد که ۶۲ جدایه به عنوان جدایه‌های دارای مقاومت آنتی‌بیوتیکی چندگانه (MDR) شناسایی شدند. از این میان بیشترین مقاومت نسبت به آنتی‌بیوتیک‌های



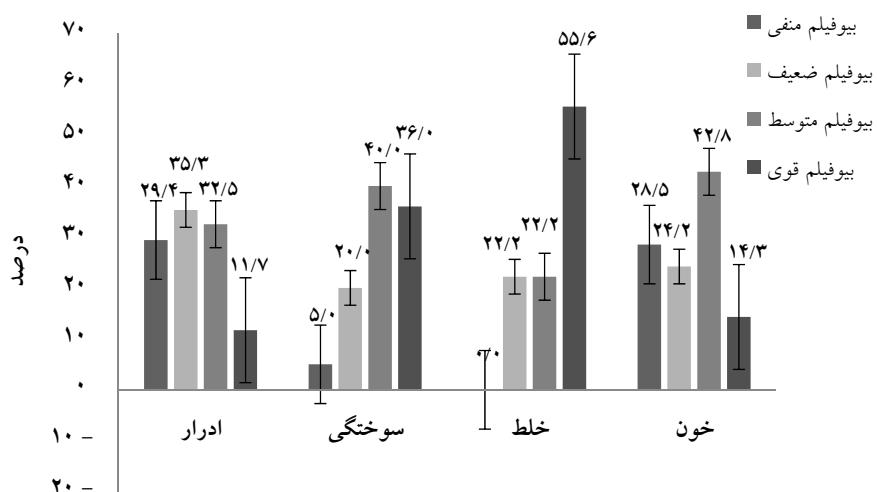
نمودار شماره ۲- درصد حساسیت آنتی‌بیوتیکی در جدایه‌های کلبسیلا پنومونیه

\*FEP: cefepime, CTX: cefotaxime, FOX: ceftazidime, CAZ: ceftazidime, MEM: meropenem, IMI: imipenem, CIP: ciprofloxacin, AK: amikacin S: Sensitive I: Intermediate R: Resistant

مریبوط به نمونه‌های خون و سوختگی، بیشترین میزان تشکیل بیوفیلم ضعیف و همچنین عدم تشکیل بیوفیلم مریبوط به نمونه‌های ادرار و خون بود. جزئیات بیشتر در نمودار شماره ۳ آمده است.

## نتایج تست بیوفیلم

از ۷۰ جدایه کلبسیلا پنومونیه، ۵۷ جدایه قادر به تشکیل بیوفیلم بودند. بیشترین میزان تشکیل بیوفیلم قوی مریبوط به نمونه‌های خلط و سپس سوختگی، بیشترین میزان تشکیل بیوفیلم متوسط



نمودار شماره ۳- توزیع میزان تشکیل بیوفیلم در نمونه‌های بالینی جمع‌آوری شده

#### نتایج آنالیز آماری

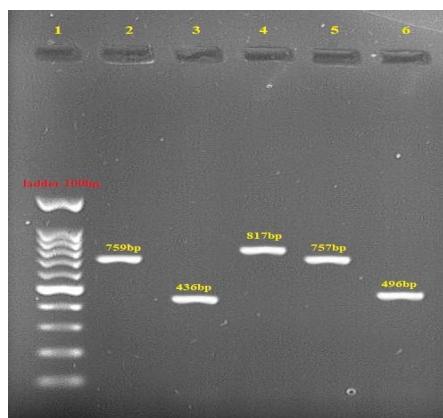
کلیه تحلیل‌ها و نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۵ انجام شد. برای بررسی ارتباط بین نوع ژن‌ها و تولید کردن بیوفیلم از آزمون دقیق فیشر استفاده شد که نتایج آن در جدول شماره ۲ آمده است.

جدول شماره ۲- نتایج آزمون فیشر برای بررسی ارتباط بین ژن‌های مورد مطالعه و تولید بیوفیلم

نتایج	کل	biofilm		mrkA
		بیوفیلم تولید نمی‌کند (درصد)	بیوفیلم تولید کند (درصد)	
P<0.001	۵۷(100)	۰	۵۷(100)	مشتی
	۱۳(100)	۱۳(100)	۰	منفی
P<0.001	۵۱(100)	۰	۵۱(100)	مشتی
	۱۹(100)	۱۳(۴۶۸)	۶(۳۱)	منفی
P<0.001	۵۳(100)	۰	۵۳(100)	مشتی
	۱۶(100)	۱۳(۳۸۱)	۳(۸/۱۸)	منفی
P<0.001	۶۲(100)	۵(1/۸)	۵۷(۹/۹۱)	مشتی
	۸(100)	۸(100)	۰	منفی
P<0.001	۶۰(100)	۳(۵)	۵۷(۰/۹۵)	مشتی
	۱۰(100)	۱۰(100)	۰	منفی

با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که بین تولید بیوفیلم با هر یک از ژن‌های (mrkA, mrkD, fimH, fimA, ecpA) از نظر آماری ارتباط معناداری وجود دارد ( $P<0.05$ ). به این معنی که حضور هر یک از ژن‌ها در تولید بیوفیلم اثرگذار می‌باشد. برای بررسی ارتباط بین مقاومت چندگانه با تولید بیوفیلم نیز از آزمون دقیق فیشر استفاده شد که نتایج آن در جدول شماره ۳ آمده است.

فراوانی ژن‌های کدکننده فاکتورهای ویرولانس به روش PCR از بین ۷۰ جدایه کلپسیلا پنومونیه، ۶۰ جدایه دارای ژن *fimA*, ۶۱ جدایه دارای ژن *ecpA*, ۵۷ جدایه دارای ژن *mrkA* بودند؛ لازم به ذکر است که همه جدایه‌های تولیدکننده بیوفیلم، دارای سه ژن *mrkA*, *fimA* و *ecpA* بودند. اما در میان سویه‌های تولیدکننده بیوفیلم ۵۰ جدایه دارای ژن *fimH* بودند که از بین آن‌ها ۷ جدایه قادر این ژن بودند. همچنین در میان سویه‌های تولیدکننده بیوفیلم ۵۰ جدایه دارای ژن *mrkD* بودند که از بین آن‌ها ۷ جدایه قادر این ژن بودند. تمامی سویه‌هایی که قادر به تولید بیوفیلم نبودند، قادر دو ژن *fimH* و *mrkD* بودند. ژل الکتروفورز مربوط به ژن‌های کدکننده فاکتورهای ویرولانس در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.



شکل شماره ۱- شناسایی ژن‌های ویرولانس با روش PCR. این صفحه ایجادکننده (Ladder) 100bp را نشان می‌دهد. مارکرها (Lane 1-6) از چهار ژن مختلف تشکیل شده‌اند: ۱: ژن *mrkD*, ۲: ژن *fimA*, ۳: ژن *fimH*, ۴: ژن *mrkA* و ۵: ژن *ecpA*. چاهک شماره ۱: ژن *mrkD*, چاهک شماره ۲: ژن *fimH*, چاهک شماره ۳: ژن *mrkA*, چاهک شماره ۴: ژن *fimA* و چاهک شماره ۶: ژن *ecpA* می‌باشند.

جدول شماره ۳- نتایج آزمون فیشر برای بررسی ارتباط بین مقاومت چندگانه با تولید بیوفیلم

نتیجه	کل	Biofilm		مشت	MDR
		بیوفیلم تولید نمی کند (درصد)	بیوفیلم تولید می کند (درصد)		
		۹(۱۴/۵)	۵۳(۵/۸۵)		
$P=0.034$	۶۲(۱۰۰)	۴(۵۰)	۴(۵۰)	۴(۵۰)	۴(۵۰)
	۸(۱۰۰)				

Singla و همکاران در سال ۲۰۱۳ نشان داد که مقاومت به آنتی-بیوتیک‌های سپرروفلوکسازین و آمیکاسین در جدایه‌های تولید-کننده بیوفیلم کلیسیلا پنومونیه افزایش خواهد یافت [۱۸]. همچنین Bellifa و همکاران بیان کردند که مقاومت جدایه‌های تولید-کننده بیوفیلم کلیسیلا پنومونیه نسبت به آنتی-بیوتیک‌های جنتامایسین، سفوتاکسیم و سپرروفلوکسازین، ۱۰-۱۲ بار بیشتر از جدایه‌هایی که تولید بیوفیلم نمی‌کنند، از خود مقاومت نشان می‌دهند [۱۹]. Subramanian درصد جدایه‌های تولید-کننده بیوفیلم از ۱۰۰ نمونه ادراری با علامت عفونت ادراری به ترتیب ۸۳ درصد، ۹۳ درصد، ۷۳ درصد و ۸۰ درصد به نالیدیسیک اسید، آمپیسیلین، سفوتاکسیم و کوتیریماکسازول مقاوم بودند که نتایج آنان در مقایسه با جدایه‌هایی که قادر به تولید بیوفیلم نبودند از درصد بالاتری برخوردار بود [۲۰]. با بررسی نتایج این مطالعه با سایر مطالعات می‌توان نشان داد که جدایه‌های تولید-کننده بیوفیلم دارای مقاومت آنتی-بیوتیکی بالاتری نسبت به جدایه‌های غیر تولید-کننده بیوفیلم هستند. شاید تفاوت میزان مقاومت نسبت به آنتی-بیوتیک‌ها در بین مطالعات گذشته به دلیل تفاوت در غلظت اولیه باکتری و یا بیان فاکتورهای اتصالی اولیه باکتری در تولید بیوفیلم و یا منبع نمونه‌ها باشد. در این مطالعه از بین ۷۰ جدایه کلیسیلا پنومونیه، ۵۶ جدایه قابل تولید بیوفیلم بودند و تنها ۱۴ جدایه توانایی تشکیل بیوفیلم را نداشتند. Yang و همکاران در سال ۲۰۰۸ با مطالعات آزمایشگاهی نشان دادند که حدود ۸۰ درصد از جدایه‌های کلیسیلا پنومونیه جدا شده از نمونه‌های ادراری، زخم، خلط و خون قادر به تشکیل بیوفیلم هستند [۲۱]. همچنین Niveditha و همکاران در سال ۲۰۱۲ نشان دادند که حدود ۶۳ درصد از جدایه‌های کلیسیلا پنومونیه جدا شده از ادرار افراد مبتلا به عفونت ادراری قادر به تولید بیوفیلم هستند [۲۲] که این نتایج، تأیید-کننده نتایج بدست-آمده در تحقیق حاضر می‌باشد. در این مطالعه نشان داده شد که جدایه‌های به دست-آمده از نمونه‌های سوختگی و خلط دارای قدرت تشکیل بیوفیلم قوی‌تری نسبت به جدایه‌های به دست-آمده از نمونه‌های خون و ادرار بودند، این مشاهده با مطالعه‌ی Naparstek در سال ۲۰۱۴ مطابقت داشت، در بررسی ایشان

نتایج آزمون دقیق فیشر نشان داد که مقاومت چندگانه با تولید کردن بیوفیلم از نظر آماری معنادار می‌باشد ( $P<0.05$ ).

### بحث

کلیسیلا پنومونیه شایع‌ترین عامل پنومونی باکتریایی کسب شده از اجتماع در بین باکتری‌های گرم منفی است. فاکتورهای ویرولانس متنوعی در شدت عفونت کلیسیلا پنومونیه نقش دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به پلی‌ساکارید کپسولی، پلی‌تیپ ۱ و پلی‌تیپ ۳، فاکتورهای مرتبط با کلونیزاسیون و تشکیل بیوفیلم اشاره کرد. توانایی ایجاد بیوفیلم جدایه‌ها، منجر به افزایش مقاومت به مواد آنتی‌بیوتیکی می‌شود. در نتیجه شکست درمانی، افزایش هزینه درمان و افزایش مرگ‌و‌میر در بیماران را به همراه خواهد داشت [۱۳,۶]. در مطالعه حاضر بیشترین نمونه جمع-آوری شده، به ترتیب از ادرار، سوختگی، خلط و خون در مطالعات مختلفی، از جمله langstraat و همکاران در سال ۲۰۰۱، Jagnow و همکاران در سال ۲۰۰۳، Ma-Ic و همکاران در سال ۲۰۰۵ تطابق داشت [۱۴-۱۶]. از مجموع ۷۰ جدایه کلیسیلا پنومونیه ۶۲ جدایه به عنوان جدایه‌های دارای مقاومت آنتی‌بیوتیکی چندگانه (MDR) شناسایی شدند. از این میان بیشترین مقاومت نسبت به آنتی‌بیوتیک‌های سفپیم (۷۰ درصد)، سفوتاکسیم (۶۷ درصد) و سفتازیدیم (۶۷ درصد)، همچنین بیشترین حساسیت نسبت به آنتی‌بیوتیک‌های ایمپین (۶۱ درصد)، مروپن (۵۷ درصد) و سفوکسیتین (۴۷ درصد) بود. جدایه‌های تولید-کننده بیوفیلم بیشترین مقاومت به آنتی‌بیوتیک‌ها را از خود نشان دادند، در حالی که جدایه‌هایی که قادر به تولید بیوفیلم نبودند، نسبت به آنتی-بیوتیک‌ها بیشترین حساسیت را از خود نشان دادند؛ اما در مطالعات دیگر مانند مطالعه Cernohorská و همکاران در سال ۲۰۰۴ مشاهده شد که حساسیت آنتی‌بیوتیکی جدایه‌های تولید-کننده بیوفیلم کلیسیلا پنومونیه نسبت به آنتی‌بیوتیک‌های سفپیم، سفتازیدیم، مروپن، سپرروفلوکسازین و آمیکاسین کاهش می‌باید [۱۷] که با نتایج مطالعه ما مطابقت نداشت که این می‌تواند به علت انتخاب نمونه‌های مختلف در دو مطالعه باشد. نتایج مطالعه

و همکارانش در سال ۲۰۱۴ انجام شد، بیان کردند که از ۵۰ جدایه کلپسیلا پنومونیه به دست آمده از نمونه‌های بالینی مختلف، ۱۰۰ درصد جدایه‌ها قادر به تولید بیوفیلم بودند و به ترتیب ۱۰۰ درصد، ۸۴ درصد و ۹۸ درصد از جدایه‌ها، دارای ژن‌های فاکتور کلونیزاسیون *A*, *ecpA* و *fimH* هستند [۲۵]. همان‌طور که مشخص است نتایج تحقیق حاضر، با نتایج بدست آمده از مطالعه‌ی آنان بسیار نزدیک به هم می‌باشد که می‌تواند تأیید کننده‌ی نتایج حاصل از این مطالعه باشد.

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج نشان داده شده در این تحقیق و سایر مطالعات قبلی انجام شده در این زمینه، می‌توان نتیجه گرفت که مقاومت به آنتی‌بیوتیک‌های سفالسپورین با طیف گسترده در بین جدایه‌های کلپسیلا پنومونیه رو به افزایش است. یکی از دلایل این مقاومت روزافزون می‌تواند تشکیل بیوفیلم باشد. تشکیل بیوفیلم در جدایه‌ها موجب عدم دسترسی آنتی‌بیوتیک به باکتری می‌شود. در نتیجه افزایش مقاومت آنتی‌بیوتیکی موجب طولانی‌تر و مشکل‌تر شدن درمان عفونت می‌شود و علاوه بر این هزینه اقتصادی زیادی را بر بیمار و جامعه تحمل می‌کند. همچنین به نظر می‌رسد افزایش تولید بیوفیلم با پیدایش مقاومت به چند دارو ارتباط دارد که این خود گویای اهمیت بررسی وجود بیوفیلم در سویه‌های مقاوم را آشکار می‌سازد. از این رو پیشنهاد می‌شود در ایران برای آگاهی از الگوی مقاومت و مکانیسم تشکیل بیوفیلم این ارگانیسم مطالعه بیشتری صورت گیرد. همچنین استراتژی‌هایی برای ممانعت و کنترل شیوع و نظارت مناسب بر باکتری‌های ایجاد کننده عفونت‌های بیمارستانی به منظور ریشه‌کنی تشکیل بیوفیلم، و در نتیجه درمان مناسب و کاهش هزینه‌های بیمارستانی صورت گیرد.

### تشکر و قدردانی

نویسنده‌گان این مقاله بر خود واجب می‌دانند از تمام استادان و بزرگوارانی که بدون هیچ چشم‌داشتنی ما را در عرصه‌ی تحقیقات یاری رساندند، تشکر و قدردانی کنند.

### References:

- [1] Hennequin C, Robin F, Cabrolier N, Bonnet R, Forestier C. Characterization of a DHA-1-producing *Klebsiella pneumoniae* strain involved in an outbreak and role of the AmpR regulator in virulence. *Antimicrob Agents Chemother* 2012; 56(1): 288-94.

نشان داده شده است که جدایه‌های به دست آمده از نمونه‌های بالینی مانند: نمونه‌ی مجرای تنفسی، مغز استخوان و بافت‌های عفونی مانند: نمونه‌های حاصل از سوختگی نسبت به نمونه‌های ادرار و خون دارای توانایی تشکیل بیوفیلم بیشتری هستند [۲۳]. در مطالعه‌ی ما، جدایه‌های تولید کننده بیوفیلم مقاومت بالایی نسبت به آنتی‌بیوتیک‌های سفالسپورین از خود نشان دادند. ۵۳ سویه از ۵۷ سویه‌ای که قادر به تولید بیوفیلم بودند (۸۹/۴۷ درصد)، دارای مقاومت چندگانه (MDR) نسبت به مواد آنتی‌بیوتیکی هستند. همچنین آنالیز آماری انجام شده بر روی این نتایج معنادار بودن ارتباط بین وجود بیوفیلم و مقاومت چندگانه نسبت به آنتی‌بیوتیک-ها را نشان می‌دهد ( $P < 0.05$ ). Campos و همکاران در سال ۲۰۱۵ از نیویورک گزارش دادند که جدایه‌های تولید کننده بیوفیلم قوی در مقایسه با جدایه‌های تولید کننده بیوفیلم ضعیف، مقاومت بالایی نسبت به آنتی‌بیوتیک‌های بتالاکتان و تایجی سیکلین از خود نشان می‌دهند که نتایج مطالعه‌ی ما با نتایج آنان همسو بود [۶]. در برخی دیگر از مطالعات نیز نشان داده‌اند که بین تشکیل بیوفیلم و جدایه‌های دارای مقاومت چندگانه به آنتی‌بیوتیک‌ها ارتباط معنی-داری وجود دارد [۲۴، ۲۱]. نتایج PCR حاصل از این مطالعه نشان داد که همه ۵۷ جدایه‌ی تولید کننده بیوفیلم، دارای ژن‌های *fimA* در ۹۲ درصد از *fimD* و *ecpA*, *mrkA*, *ecpA*, *mrkA*, *ecpA*, *mrkA* و *ecpA* بودند و ژن *fimH* در ۳۶ درصد از جدایه‌هایی که قادر به تولید بیوفیلم نبودند، دارای ژن *fimA* و *ecpA* در هیچ‌یک از این جدایه‌ها یافت نشد. همچنین نتایج آزمون دقیق فیشر نشان داد که حضور ژن‌های *ecpA*, *mrkD*, *fimA*, *mrkA*, *fimH*, *mrkA* و *ecpA* با تولید بیوفیلم از نظر آماری معنادار می‌باشد ( $P < 0.05$ ). در مطالعه‌ای که توسط Alcántar-Curiel و همکارانش انجام شد، نشان دادند که در بین ۶۹ جدایه کلپسیلا پنومونیه، ۵۵ جدایه قادر به تولید بیوفیلم بودند و تمامی جدایه‌ها دارای ژن *mrkA* در ۵۷ درصد دارای ژن *mrkD* و ۶۹ درصد از ۶۹ جدایه دارای ژن *ecp* بودند [۴]. همان‌طور که ذکر شد در مطالعه حاضر، تمامی سویه‌هایی که قادر به تولید بیوفیلم بودند، ژن *mrkA* داشتند که این نتایج هم‌راستا با نتایج Cordova تحقیق مذکور می‌باشد. در مطالعه‌ی دیگری که توسط

- [2] Huang TW, Lam I, Chang HY, Tsai SF, Palsson BO, Charusanti P. Capsule deletion via a λ-Red knockout system perturbs biofilm formation and fimbriae expression in *Klebsiella pneumoniae* MGH 78578. *BMC Res Notes* 2014; 7(1): 13.
- [3] Hansen DS, Skov R, Benedi J, Sperling V, Kolmos HJ. *Klebsiella* typing: pulsed field gel

- electrophoresis (PFGE) in comparison with O: K<sub>12</sub>serotyping. *Clin Microbiol Infect* 2002; 8(7): 397-404.
- [4] Gerlach GF, Clegg S, Allen BL. Identification and characterization of the genes encoding the type 3 and type 1 fimbrial adhesins of *Klebsiella pneumoniae*. *J Bacteriol* 1989; 171(3): 1262-70.
- [5] Gillespie S, Hawkey PM. Principles and practice of clinical bacteriology: John Wiley & Sons; 2006.
- [6] Podschun R, Ullmann U. *Klebsiella* spp. as nosocomial pathogens: epidemiology, taxonomy, typing methods, and pathogenicity factors. *Clin Microbiol Rev* 1998; 11(4): 589-603.
- [7] Mathai D, Rhomberg PR, Biedenbach DJ, Jones RN. Evaluation of the in vitro activity of six broad-spectrum  $\beta$ -lactam antimicrobial agents tested against recent clinical isolates from India: a survey of ten medical center laboratories. *Diag Microbiol Infect Dis* 2002; 44(4): 367-77.
- [8] Akinyemi KO, Oladapo O, Okwara CE, Ibe CC, Fasure KA. Screening of crude extracts of six medicinal plants used in South-West Nigerian unorthodox medicine for anti-methicillin resistant *Staphylococcus aureus* activity. *BMC Complementary Alternative Med* 2005; 5(1): 6.
- [9] Poole K. Resistance to  $\beta$ -lactam antibiotics. *Cell Mol Life Sci* 2004; 61(17): 2200-23.
- [10] Murray PR, Rosenthal KS, Pfaller MA. Medical microbiology: Elsevier Health Sciences; 2015.
- [11] Habibipour R, Haghgou LM. Study on hydroalcoholic extract effect of pomegranate peel on *pseudomonas aeruginosa* biofilm formation. *Avicenna J Clin Med* 2015; 22(3): 195-202.
- [12] Reid G, Charbonneau-Smith R, Lam D, Kang YS, Lacerte M, Hayes K. Bacterial biofilm formation in the urinary bladder of spinal cord injured patients. *Spinal Cord* 1992; 30(10): 711.
- [13] Alcántar-Curiel MD, Blackburn D, Saldaña Z, Gayosso-Vázquez C, Iovine N, De la Cruz MA, et al. Multi-functional analysis of *Klebsiella pneumoniae* fimbrial types in adherence and biofilm formation. *Virulence* 2013; 4(2): 129-38.
- [14] Mammina C, Di Carlo P, Cipolla D, Giuffre M, Casuccio A, Di Gaetano V, et al. Surveillance of multidrug-resistant gram-negative bacilli in a neonatal intensive care unit: prominent role of cross transmission. *Am J Infection Control* 2007; 35(4): 222-30.
- [15] Singla S, Harjai K, Chhibber S. Susceptibility of different phases of biofilm of *Klebsiella pneumoniae* to three different antibiotics. *J Antibiotics* 2013; 66(2): 61.
- [16] Sahly H, Podschun R. Clinical, bacteriological, and serological aspects of *Klebsiella* infections and their spondylarthropathic sequelae. *Clin Diag Lab Immunol* 1997; 4(4): 393.
- [17] Subramanian P, Shanmugam N, Sivaraman U, Kumar S, Selvaraj S. Antibiotic resistance pattern of biofilm-forming uropathogens isolated from catheterised patients in Pondicherry, India. *Australas Med J* 2012; 5(7): 344.
- [18] Vuotto C, Longo F, Balice M, Donelli G, Varaldo P. Antibiotic resistance related to biofilm formation in *Klebsiella pneumoniae*. *Pathogens* 2014; 3(3): 743-58.
- [19] Hausler WJ, Sussman M, Topley WWC, Wilson SGS. Topley and Wilson's Microbiology and Microbial Infections: Bacterial Infections: Arnold; 1998.
- [20] Nicolau Korres AM, Aquije GMdFV, Buss DS, Ventura JA, Fernandes PMB, Fernandes AAR. Comparison of biofilm and attachment mechanisms of a phytopathological and clinical isolate of *Klebsiella pneumoniae* subsp. *pneumoniae*. *Sci World J* 2013; 2013.
- [21] Yang D, Zhang Z. Biofilm-forming *Klebsiella pneumoniae* strains have greater likelihood of producing extended-spectrum  $\beta$ -lactamases. *J Hospital Infect* 2008; 68(4): 369-71.
- [22] Wenzel RP. The mortality of hospital-acquired bloodstream infections: need for a new vital statistic? *Int J Epidemiol* 1988; 17(1): 225-7.
- [23] Černohorská L, Votava M. Determination of minimal regrowth concentration (MRC) in clinical isolates of various biofilm-forming bacteria. *Folia Microbiologica* 2004; 49(1): 75-8.
- [24] Wilke MS, Lovering AL, Strynadka NC.  $\beta$ -Lactam antibiotic resistance: a current structural perspective. *Curr Opin Microbiol* 2005; 8(5): 525-33.
- [25] Cruz-Córdova A, Esteban-Kenel V, Espinosa-Mazariego K, Ochoa SA, Moreno Espinosa S, de la Garza Elhain A, et al. Pathogenic determinants of clinical *Klebsiella pneumoniae* strains associated with their persistence in the hospital environment. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México* 2014; 71(1): 15-24.