

## تعیین الگوی مقاومت آنتی بیوتیکی جدایه‌های بالینی *Pseudomonas aeruginosa* در آن‌ها و ردیابی ژن *AmpC* در آن‌ها

مهسا جمشیدی گهر<sup>۱</sup>، ناهید رحیمی فرد<sup>۲</sup>، سید رضا حسینی دوست<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه میکروبیشناسی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران  
<sup>۲</sup> دانشیار، سازمان غذا و دارو، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، تهران، ایران  
<sup>۳</sup> استاد، گروه میکروب شناسی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

### چکیده

**سابقه و هدف:** علیرغم پیشرفت‌های ایجاد شده در امر مراقبت بیمارستانی و معرفی طیف گسترده‌ای از عوامل ضد میکروبی، باکتری سودوموناس آئروژینوزا همچنان از عوامل شایع ایجاد کننده عفونت در بیماران بستری در بخش‌های مختلف بیمارستان است. با توجه به مقاومت روزافزون این باکتری به داروهای ضدباکتریایی، اهمیت مقاومت آن دوچندان می‌شود. آنزیم *AMP-C* بتالاکتامازی، از جمله سفالوسپورین‌هایی است که بر روی کروموزوم باکتری کد می‌شود. در بسیاری از باکتری‌ها، القای آنزیم‌های *AMP-C* می‌تواند در سطح بالا توسط جهش‌های فراوان صورت گیرد. در این مقاله ردیابی ژن *AMP-C* در ایزوله‌های بالینی سودوموناس آئروژینوزا گزارش شد. روش بررسی: در این مطالعه، ۸۰ ایزوله سودوموناس آئروژینوزا از نمونه‌های بالینی زخم، پس از تایید هویت ایزوله‌ها با تست‌های بیوشیمیایی، حساسیت آنتی‌بیوتیکی آن‌ها با روش استاندارد دیسک دیفیوژن نسبت به ۱۵ آنتی‌بیوتیک تعیین شد و در پایان حضور ژن *AMP-C* با استفاده از پرایمرهای اختصاصی ردیابی شد.

**یافته‌ها:** سویه‌های سودوموناس آئروژینوزا بیشترین مقاومت را به نسبت به سفالوتین (۱۰۰ درصد)، داکسی‌سایکلین (۱۰۰ درصد)، سفکسیم (۱۰۰ درصد)، آموکسی‌سیلین (۱۰۰ درصد)، آمپی‌سیلین (۱۰۰ درصد)، آمیکاسین (۱۰۰ درصد) و تری متوپریم (۱۰۰ درصد) نشان دادند. بیشترین حساسیت سویه‌های سودوموناس آئروژینوزا به ترتیب به آنتی‌بیوتیک‌های کولیسیتین (۶۷/۵ درصد)، جنتامایسین (۳۲/۵ درصد)، پیپراسیلین (۳۰ درصد)، سیپروفلوکساسین (۲۸/۷ درصد)، ایمپینم (۱۸/۷ درصد)، سفنازیدیم (۱۳/۷ درصد)، سفتری‌اکسون (۱۱/۲ درصد) و سفوتاکسیم (۱۰ درصد) بود. ژن *AMP-C* در پنج درصد ایزوله‌ها ردیابی شد.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج این مطالعه، در بسیاری از سویه‌های سودوموناس آئروژینوزای مورد بررسی، حضور همه ژن‌های عامل مقاومت در یک ایزوله مشاهده نشد. بنابراین، می‌توان امید داشت که آنزیم‌های بتالاکتامازی با حداکثر توان در بیشتر ایزوله‌ها کد نمی‌شوند.

**واژگان کلیدی:** ژن *AMP-C*، مقاومت آنتی‌بیوتیکی، *Pseudomonas aeruginosa*، ایزوله بالینی.

### مقدمه

زندگی می‌کند. انواع محیط‌ها مثل بیمارستان، وسایل پزشکی، پرستاران و سایر پرسنل بیمارستان به آسانی با *P. aeruginosa* کلونیزه می‌شوند (۱، ۲). *P. aeruginosa* در محیط کشت یا بدن انسان رنگ‌دانه‌های مختلفی مثل پیوسی‌انین تولید می‌کند که احتمالاً در روند بیماری‌زایی آن موثر هستند (۳). *P. aeruginosa* دارای انواع مختلفی از فاکتورهای خارج سلولی است که در بیماری‌زایی آن نقش دارند. تولید توکسین،

*Pseudomonas aeruginosa* باسیل گرم منفی، هوازی، غیر تخمیری، بدون اسپور و دارای تاژک و کاتالاز و اکسیداز مثبت است. این باکتری به وفور در بخش‌های مختلف اکوسیستم

آدرس نویسنده مسئول: تهران، گروه میکروب شناسی، علوم پزشکی تهران دانشگاه آزاد اسلامی، تهران،

سید رضا حسینی دوست (email: rhdoust@gmail.com)

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۱۱/۲۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۲/۱۷

کروموزومی قابل القا روی پلاسمید آشکار شدند و به سایر باکتری‌های فاقد آنها نظیر سودوموناس آئروژینوزا، کلبسیلا، اشرشیاکلی و یا گونه‌های سالمونلا انتقال یافتند (۱۸). با توجه به اهمیت ظهور آنزیم‌های بتالاکتامازی نوع AmpC، همچنین گردش ژن‌های عامل این آنزیم در سودوموناس آئروژینوزا که باعث شکل‌گیری سویه‌های جدید در این باکتری شده است، ضرورت مطالعه در این زمینه بیشتر حس می‌شود. در مطالعه حاضر، آخرین وضعیت الگوی مقاومت آنتی‌بیوتیکی در ایزوله‌های بالینی *P. aeruginosa* و فراوانی AmpC بررسی و با سایر یافته‌های مطالعاتی مقایسه و تحلیل شد.

### مواد و روشها

در مطالعه توصیفی-تحلیلی حاضر که از نوع مقطعی است، ایزوله‌های *P. aeruginosa* جمع‌آوری شده از بیمارستان سوانح سوختگی مطهری استان تهران ارزیابی شدند. جامعه مورد بررسی کلیه سویه‌های *P. aeruginosa* به دست آمده از بیماران بستری در بیمارستان سوانح سوختگی مطهری استان تهران بود که از اسفند ۱۳۹۵ تا اردیبهشت ۱۳۹۶ جمع‌آوری شده بودند.

تعداد ۸۰ ایزوله *P. aeruginosa* از نمونه‌های بالینی زخم از آزمایشگاه‌های بیمارستان مطهری جمع‌آوری شد. ایزوله‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه باکتری‌شناسی در محیط کشت مک‌کانکی آگار کشت داده شدند و کلنی‌های ایزوله شده به روش‌های بیوشیمیایی مانند اکسیداز، OF و رشد در ۴۲ درجه سانتی‌گراد تعیین هویت شدند. تعیین حساسیت باکتری به آنتی‌بیوتیک‌ها مطابق استاندارد CLSI انجام شد. نوع محیط کشت، در اندازه‌های عدم رشد و میزان نفوذ آنتی‌بیوتیک نقش به‌سزایی دارد.

پس از مرحله کشت، دیسک‌های آنتی‌بیوتیکی محصول شرکت Rosco، شامل آنتی‌بیوتیک‌های ایمپنم (۱۰ میکروگرم)، جنتامایسین (۱۰ میکروگرم)، آمیکاسین (۳۰ میکروگرم)، سیپروفلوکساسین (۵ میکروگرم)، سفتریاکسون (۳۰ میکروگرم)، آمپی‌سیلین (۱۰ میکروگرم)، سفوتاکسیم (۳۰ میکروگرم)، سفنازیدیم (۳۰ میکروگرم)، پپراسیلین (۱۰۰ میکروگرم)، سفالوتین (۳۰ میکروگرم)، داکسی‌سایکلین (۳۰ میکروگرم)، سفکسیم (۵ میکروگرم)، تری‌متوپریم (۵ میکروگرم)، کولیسیتین (۱۰ میکروگرم) و سفتریاکسون (۳۰ میکروگرم) بر روی محیط به صورت دایره‌ای با رعایت

آنزیم‌های متنوع، پروتئازها و دارا بودن پیل‌ی، فلاژل و لیپوپولی ساکارید و تولید کپسولی از جنس آلژینات از جمله عوامل مهم بیماری‌زایی این ارگانسیم محسوب می‌شوند (۴). *P. aeruginosa* یکی از گونه‌های مهم *Pseudomonas* است که در غالب یک پاتوژن فرصت طلب در اندام و اعضاء مختلف انسان، در گروه‌های گوناگون سنی و جنسی عفونت ایجاد می‌کنند. در بعضی از بخش‌های بیمارستانی همچون بخش سوانح سوختگی و بخش آی سی یو *P. aeruginosa* مهم‌ترین عامل عفونی است (۵). مشکل عمده عفونت‌های *Pseudomonas* مقاومت آنتی‌بیوتیکی آنها است. گزارش‌ها از روند رو به گسترش مقاومت‌های دارویی حکایت می‌کنند که مانع بزرگی بر سر پیشگیری و درمان عفونت‌های ناشی از *Pseudomonas* محسوب می‌شوند (۶،۷).

*P. aeruginosa* به طور ذاتی به پنی‌سیلین‌های طیف باریک، نسل اول و دوم سفالوسپورین‌ها، تری‌متوپریم و سولفونامیدها مقاوم است (۸). مقاومت سویه‌های *P. aeruginosa* به ترکیبات بتالاکتام که از گذشته شروع شده است، امروزه با سرعت باور نکردنی رو به افزایش است (۹). الگوی مقاومت دارویی در گونه‌هایی که در دوره‌های زمانی متفاوت بررسی می‌شوند و همین طور جدایه‌های منابع مختلف مثل ایزوله‌های آب، فاضلاب، خاک و ..... و حتی مناطق مختلف جغرافیایی و کشورها و شهرهای گوناگون نوسان‌هایی را نشان داده است (۱۰).

بتالاکتام‌های نوع AmpC در اواخر دهه ۱۹۷۰ ظاهر و مورد مطالعه قرار گرفتند. این آنزیم‌ها، سفالوسپورین‌های وسیع‌الطیف مانند سفنازیدیم، سفتریاکسون، سفپیم و مونوباکتام‌هایی مانند آرترونام و سفامایسین‌ها را هیدرولیز می‌کنند، اما توسط مهارکننده‌های معمولی مانند کلارولانات مهار نمی‌شوند (۱۱،۱۲). در اواخر دهه ۱۹۸۰، این ژن‌های کروموزومی قابل القا، بر روی پلاسمیدها ظاهر شده و به باکتری‌هایی که فاقد این ژن‌ها بودند منتقل شدند. مطالعه بر روی بتالاکتام‌های نوع AmpC از اواخر دهه ۱۹۷۰ شروع شد (۱۳،۱۴). آنزیم‌های AmpC که اغلب قابل القا توسط بتالاکتام‌ها هستند، به وسیله ژن‌های کروموزومی کد شده و در بسیاری از باسیل‌های گرم منفی نیز وجود دارند. آنزیم AmpC نسبت به مهار با اسیدکلوانیک مقاوم است و از نظر بیولوژیکی می‌تواند نسبت به سفامایسین و اکسی‌آمینوبتالاکتام نیز مقاومت پیدا کند (۱۵). بیشتر آنزیم‌های AmpC، سفالوسپورین‌ها هستند، ولی تا حدی توانایی هیدرولیز سایر بتالاکتام‌ها نظیر پنی‌سیلین‌ها را نیز دارند (۱۶،۱۷). در اواخر دهه ۱۹۸۰، ژن‌های

جدول ۱. توالی پرایمرهای مورد استفاده جهت تعیین حضور ژن AMP-C

طول محصول	Sequence	پرایمر	ژن هدف
24mer	GGTGCTGAAGGACCAGGCACAGAT	AMP-C -F	AMP-C
	CGTTGCTCGGGTTGGAATAGAGGC	AMP-C -R	

آرژوژینوزای حساس و سودوموناس آرژوژینوزای استاندارد هم انجام شد. در انتها میکروپلیت‌ها درون انکوباتور و دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و بعد از ۲۴ ساعت نتایج قرائت شدند. نتایج از سمت چاهک با بیشترین غلظت آنتی بیوتیکی به سمت چاهک با کمترین غلظت خوانده شد. آخرین چاهک شفاف نشان‌دهنده MIC است.

قبل از انجام تست PCR، لازم است که ژنوم سوش‌های باکتریایی مورد نظر به روش استاندارد استخراج شود. جهت استخراج DNA از ایزوله‌های بالینی از روش جوشاندن استفاده شد. ابتدایک لوپ از سلول‌های هر تک کلنی نمونه، داخل ویال اپندورف ۱/۵ میلی لیتری حاوی ۵۰۰ میکرولیتر آب مقطر استریل با استفاده از میکسر حل شد. سپس ویال به مدت ۱۰ الی ۱۵ دقیقه داخل بن ماری جوش قرار داده شد، به طوری که سطح آب جوش دو سوم ویال را در بر گرفت. سپس ویال‌ها به مدت ۶ دقیقه در دور ۱۳۰۰۰ rpm در میکروسانتریفیوژ، سانتریفیوژ شدند. محلول رویی برای انجام واکنش PCR به اپندورف استریل منتقل شد.

پرایمرهای مورد نیاز از شرکت تکاپوزیست تهیه شد. جهت تکثیر از ژن Ampc، از یک جفت پرایمر که سکانس آنها در جدول ۱ ذکر شده است، استفاده شد (۱۴).

برای انجام این واکنش، طبق دستورالعمل PCR، به ازای هر نمونه یک حجم ۲۵ میکرولیتری از مواد مختلف تهیه شد و ۲ میکرولیتر نمونه DNA تخلیص شده مورد نظر به آن اضافه شد. به این صورت که در شرایط کاملاً آسپتیک و زیر هود، برای هر نمونه، مواد به ترتیب و مطابق مقادیر ذکر شده در جدول ۲ به میکروتیوب‌ها اضافه (هر جفت پرایمر به صورت مستقل اضافه و PCR شد) و سپس توسط شیکر مخصوص PCR به مدت چند ثانیه در دور پایین شیک شدند تا به خوبی با هم مخلوط شوند (آنزیم Taq در مرحله آخر اضافه شد)؛ سپس ۲ μl از DNA تخلیص شده به محتویات درون میکروتیوب‌ها که قبلاً شماره نمونه‌ها روی درپوش آنها نوشته شده بود، اضافه شد و دوباره کل محتویات اپندورف شیک شد. در این مرحله ۲ μl روغن مخصوص روی سطح مخلوط ریخته شد تا از بخار شدن نمونه‌ها پس از عمل PCR جلوگیری کند (بعد از اضافه کردن روغن، عمل شیک نباید انجام شود تا

فاصله مناسب و استاندارد از یکدیگر (۱۲ میلی متر) و با فاصله از لبه پلیت قرارداد شده. دیسک‌های ذخیره در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد و دیسک‌های مصرفی در یخچال در ۴- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. دیسک‌های مورد نظر را ۱ تا ۲ ساعت قبل از انجام آزمایش از یخچال بیرون آورده تا به دمای اتاق برسند و پس از مصرف بلافاصله به یخچال برگردانده شدند.

پلیت‌ها در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۸ تا ۲۳ ساعت گرم‌گذاری شدند. پس از دوره انکوباسیون، در زیر چراغ قطر هاله عدم رشد با خط کش اندازه‌گیری شد و با مقایسه آن با جداول استاندارد CLSI تحت عناوین حساس (Sensitive)، نیمه حساس (Intermediate) و یا مقاوم (Resistant) گزارش شد. جهت کنترل از سویه استاندارد سودوموناس آرژوژینوزا ATCC27853 استفاده شد.

از روش میکروپلیت برای بررسی حداقل غلظت مهارکنندگی MIC میکروارگانیزم‌های موجود در مطالعه استفاده شد. این تست برای آن دسته از باکتری‌ها انجام می‌شود که نسبت به آنتی بیوتیک مورد نظر حساس هستند و هاله عدم رشد مشاهده می‌شود. در این روش ابتدا ۱۰۰ میکرولیتر از محیط کشت تریپتیک سوی آگار TSB در هر یک از خانه‌ها ریخته شد، سپس برای آنتی بیوتیک ابتدا در خانه اول هر ردیف افقی ۱۰۰ میکرولیتر از غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر ریخته شد و بعد از مخلوط کردن با محیط TSB، ۱۰۰ میکرولیتر از خانه اول برداشته شد و در Well بعدی ریخته شد و بعد از مخلوط کردن با محیط کشت TSB، ۱۰۰ میکرولیتر برداشت شد و به Well بعدی ریخته شد و این کار را تا خانه هشتم از ردیف افقی ادامه یافت و از Well آخر ۱۰۰ میکرولیتر دور ریخته شد. در نهایت ۲۰ میکرولیتر از سوسپانسیون میکروبی به هر یک از Well‌های هر ردیف اضافه شد. به این ترتیب در هر ردیف یک نوع میکروب وجود داشت و در هر Well به ترتیب غلظت‌های ۱۲۵، ۲۵۰، ۶۲/۵، ۳۱/۲۵، ۱۵/۶۲، ۷/۸۱، ۳/۹، ۱/۹۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر حاصل شد.

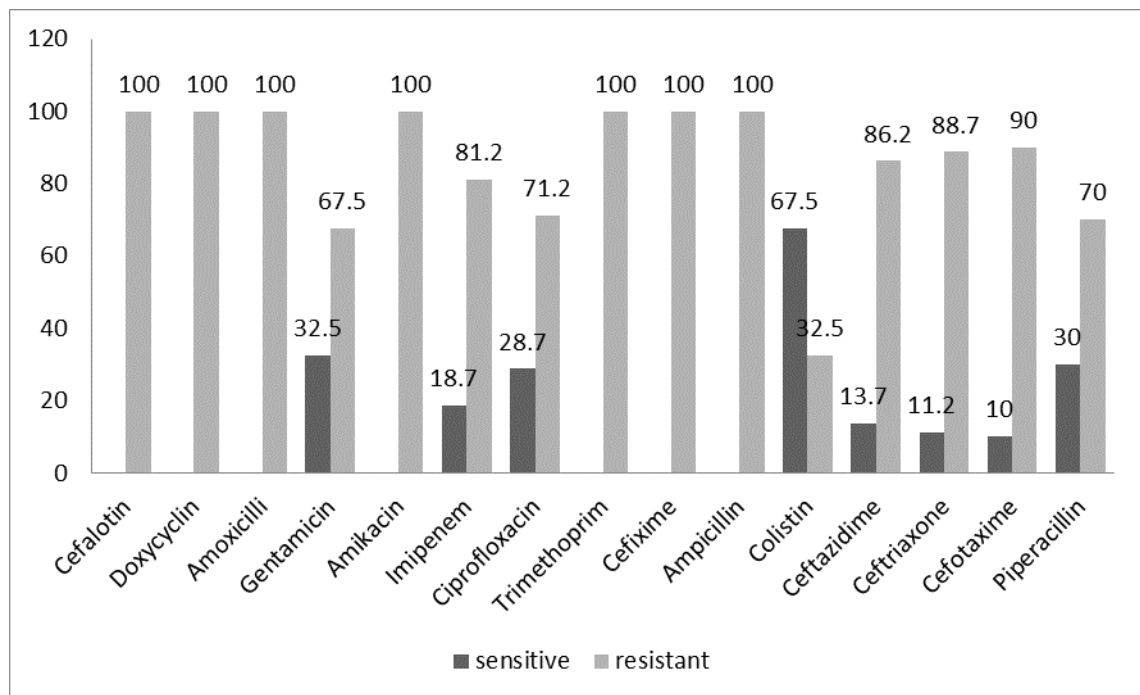
این کار برای هر ۸ آنتی بیوتیک ایمپینم، کولیستین، سفنازیدیم، سیپروفلوکساسین، جنتامایسین، سفتریاکسون، سفوتاکسیم، و پیپراسیلین و هر ۱۷۰ میکروب سودوموناس

جدول ۲. مواد مورد استفاده برای تهیه Master mix

مقدار مواد برای یک نمونه	اجزای واکنش PCR
۲۰/۲۵ میکرولیتر	آب grade PCR
۰/۵ میکرولیتر	MgCl <sub>2</sub>
۰/۵ میکرولیتر	dNTP
۲/۵ میکرولیتر (10X)	DNA polymerase reaction buffer
۲/۵ میکرولیتر	Taq DNA Polymerase
۰/۵ میکرولیتر	پرایمر Forward
۰/۵ میکرولیتر	پرایمر Reverse
۲ میکرولیتر	DNA الگو
۲۵ میکرولیتر	حجم نهایی بدون DNA الگو

جدول ۳. به مراحل چرخه حرارتی برای ژن AMPC

Primary denaturation	۳۰ step cycles			Final extention
۹۴ درجه سانتی‌گراد ۵ دقیقه	Denaturation ۹۴ درجه سانتی‌گراد ۳۰ ثانیه	Annealing ۶۵ درجه سانتی‌گراد ۳۰ ثانیه	Extention ۷۲ درجه سانتی‌گراد ۳۰ ثانیه	۷۲ درجه سانتی‌گراد ۱۰ دقیقه

نمودار ۱. درصد مقاومت و حساسیت آنتی‌بیوتیک‌های موثر بر *P. aeruginosa*

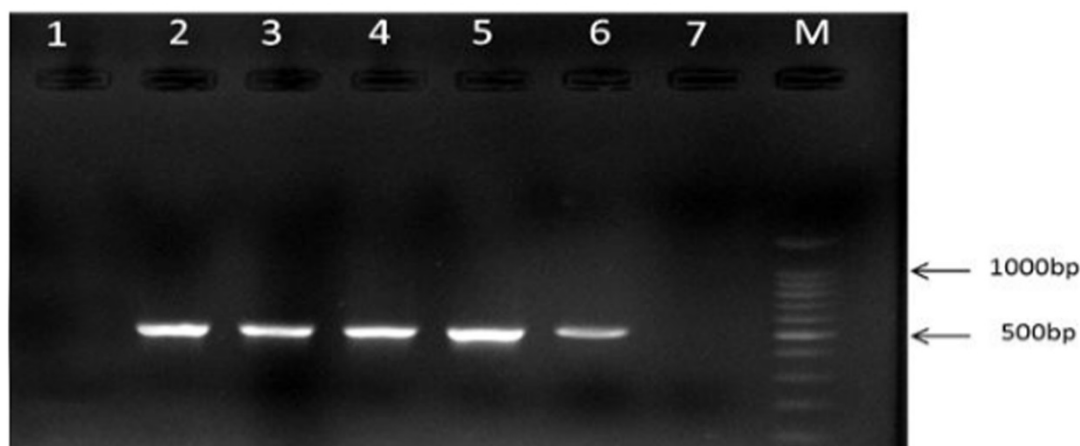
ژنوم PCR شده روی ژل آگازر لود و الکتروفورز شدند و از لحاظ دارا بودن ژن AMPC مورد بررسی قرار گرفتند.

### یافته‌ها

نمونه برداری از ۸۰ بیمار دارای زخم سوختگی مراجعه کننده به بیمارستان انجام پذیرفت.

روغن با حجم مورد نظر مخلوط نشود و روی سطح بماند). سپس ایندورفها درون دستگاه PCR قرار داده شدند (۱۴).

طبق برنامه جدول ۳ که برای سیکل‌های حرارتی ژن‌ها روی دستگاه ترموسایکلر تنظیم شد، عمل PCR انجام شد. پس از به اتمام رسیدن PCR، نمونه‌ها تا زمان الکتروفورز در یخچال ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (۱۴). در این مرحله نمونه



شکل ۱. الکتروفورز محصول PCR ژن AmpC بر روی ژل آگارز ۱ درصد

**جدول ۴.** الگوی مقاومت آنتی بیوتیکی ایزوله های دارای ژن

*P. aeruginosa* در AmpC

AMPC (+)	غلظت			آنتی بیوتیک
	5	12	29	
R	R	R	R	۳۰ μg Cefalotin
R	R	R	R	۳۰ μg Doxycyclin
R	R	R	R	۲۵ μg Amoxicilli
R	R	R	R	۱۰ μg Gentamicin
R	R	R	R	۳۰ μg Amikacin
R	R	R	R	۱۰ μg Imipenem
S	R	S	R	۵ μg Ciprofloxacin
R	R	R	R	۵ μg Trimethoprim
R	R	R	R	۵ μg Cefixime
R	R	R	R	۱۰ μg Ampicillin
S	S	R	R	۱۰ μg Colistin
R	S	S	R	۳۰ μg Ceftazidime
R	R	R	R	۳۰ μg Ceftriaxone
R	R	R	R	۳۰ μg Cefotaxime
S	R	R	S	۱۰۰ μg Piperacillin

**جدول ۵.** نتایج حاصل از PCR و الکتروفورز ژن AMPC در ۸۰

ایزوله *P. aeruginosa*

ژن	تعداد نمونه ها	درصد
دارای ژن AMPC	۴	۵
فاقد ژن AMPC	۷۶	۹۵

**بحث**

امروزه، تولید بتالاکتامازها توسط پاتوژن های گرم منفی، یکی از مهم ترین عوامل مقاومت به آنتی بیوتیک های بتالاکتام است. بتالاکتامازها، آنزیم های باکتریایی هستند که قادرند آنتی

نتایج آنتی بیوگرام ایزوله ها نسبت به آنتی بیوتیک های مختلف در جدول ۴ ملاحظه می شود. همان طور که در جدول ۴ مشاهده می شود سویه های سودوموناس آئروژینوزا بیشترین مقاومت را به نسبت به سفالوتین (۱۰۰ درصد)، داکسی سایکلین (۱۰۰ درصد)، سفکسیم (۱۰۰ درصد)، آموکسی سیلین (۱۰۰ درصد)، آمپی سیلین (۱۰۰ درصد)، آمیکاسین (۱۰۰ درصد) و تری متوپریم (۱۰۰ درصد) نشان دادند. بیشترین حساسیت سویه های سودوموناس آئروژینوزا به ترتیب به آنتی بیوتیک های کولیسستین (۶۷/۵ درصد)، جنتامایسین (۳۲/۵ درصد)، پیپراسیلین (۳۰ درصد)، سیپروفلوکساسین (۲۸/۷ درصد)، ایمی پنم (۱۸/۷ درصد)، سفنازیدیم (۱۳/۷ درصد)، سفتریاکسون (۱۱/۲ درصد) و سفوتاکسیم (۱۰ درصد) بود. ایزوله ها نسبت به هیچ آنتی بیوتیکی مقاومت حدواسط (Intermediate) نداشتند (نمودار ۱). ردیابی ژن AMP-C در ایزوله های بالینی در شکل ۱ دیده می شود. مطابق جدول ۵، پنج درصد جدایه ها بالینی از نظر دارا بودن ژن AMP-C مثبت بودند.

شکل ۱ نتایج PCR چند نمونه مثبت و منفی از نظر ژن AMPC را روی ژل نشان می دهد. نمونه ها درون چاهک ها به این صورت لود شده اند: چاهک MDNA مارکر 1000bp (DNA Ladder)، چاهک ۶ نمونه AMPC مثبت به عنوان شاهد (500bp)، چاهک ۷ نمونه AMPC منفی به عنوان شاهد، چاهک ۱ نمونه AMPC DNA منفی تخلیص شده از ایزوله ها، چاهک های ۲، ۳، ۴ و ۵ نمونه های AMPC DNA مثبت تخلیص شده از ایزوله ها.

شد (۲۵). بیشتر آنزیم‌های AmpC، سفالوسپورینازها هستند، ولی تا حدی توانایی هیدرولیز سایر بتالاکتام‌ها نظیر پنی‌سیلین‌ها را نیز دارند (۲۶).

در بررسی فراوانی آنزیم‌های متالوبتالاکتاماز در ایزوله‌های *P.aeruginosa* از زخم‌های سوختگی در بیمارستان سوانح سوختگی یزد در سال ۱۳۹۱، ۲۹/۵ درصد دارای آنزیم متالوبتالاکتاماز بودند (۲۷). در مطالعه احدی و همکارانش در سال ۱۳۹۱ که روی ۱۰۰ نمونه سودوموناس آئروژینوزای جدا شده از نمونه‌های بالینی بیماران بستری در بیمارستان‌های استان اصفهان انجام شد، میزان مقاومت سویه‌ها به آنتی‌بیوتیک‌های سیپروفلوکساسین ۵۶ درصد، جنتامایسین ۵۹ درصد، ایمپنم ۵۵ درصد، سفپیم ۵۵ درصد، سفزازیدیم ۵۷ درصد، سفتریاکسون ۶۰ درصد، سفوتاکسیم ۶۲ درصد و پیراسیلین ۴۸ درصد بود (۲۸)، در حالی که در مطالعه ما مقاومت به تمامی آنتی‌بیوتیک‌ها بالاتر بود.

در مطالعه حاضر ۵ درصد از سویه‌های سودوموناس آئروژینوزا دارای ژن AmpC بودند. مقاومت به آنتی‌بیوتیک‌ها یک مشکل جدی در بیمارستان‌های سوختگی و بخش مراقبت‌های ویژه است که استفاده از آنتی‌بیوتیک‌های با طیف محدود و انجام آنتی‌بیوگرام قبل از استفاده از آنتی‌بیوتیک توصیه می‌شود. با توجه به نتایج این مطالعه، در بسیاری از سویه‌های سودوموناس آئروژینوزای مورد بررسی، حضور همه ژن‌های عامل مقاومت در یک ایزوله مشاهده نشد؛ بنابراین، می‌توان امید داشت که آنزیم‌های بتالاکتامازی با حداکثر توان در بیشتر ایزوله‌ها کد نمی‌شوند. با همه این موارد باید سعی شود تا از مصرف بی‌رویه آنتی‌بیوتیک‌ها جلوگیری و آنتی‌بیوتیک‌های وسیع‌الطیف بدون معاینه دقیق و بررسی‌های آزمایشگاهی حساس تجویز نشوند تا بتوان شاهد کاهش و کنترل مقاومت بود.

بیوتیک‌های بتالاکتام را هیدرولیز کرده و سبب بی‌اثر شدن این ترکیبات شوند (۱۹). در مطالعه‌ای که رائفی و همکارانش بر روی ایزوله‌های سودوموناس آئروژینوزا انجام دادند، آنزیم AmpC در این ایزوله‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت که حدود ۵ درصد از همه ایزوله‌های سودوموناس آئروژینوزا دارای همه ژن‌های گروه AmpC بودند که این نتایج با یافته مطالعه حاضر همخوانی دارد (۲۰). عدم وجود شباهت در نتایج به دست آمده در این تحقیق با مطالعات دیگر را می‌توان به تغییر سویه متناسب با موقعیت جغرافیایی نسبت داد، به طوری که حتی در برخی موارد ممکن است گزارش‌های ارائه شده از بیمارستان‌های مختلف یک شهر نیز کاملاً با هم متفاوت باشند که این موضوع اهمیت وجود مطالعات مداوم و گسترده را نشان می‌دهد (۲۱). از طرفی، تعداد ارگانیسیم‌های قادر به تولید آنزیم‌های AmpC، در سویه‌های سودوموناس در حال گسترش است که این امر به عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل در درمان عفونت‌های ناشی از این باکتری مطرح است. علاوه بر این، در گزارش‌های به دست آمده از ایران، اشاره کمتری به حضور آنزیم AmpC در ایزوله‌های بالینی سودوموناس آئروژینوزا وجود دارد که همه این موارد، حاکی از نیاز به مطالعه بیشتر بر روی ژن‌های مولد بتالاکتامازهای وسیع‌الطیف نوع AmpC است (۲۲).

بتالاکتامازهای نوع AmpC در اواخر دهه ۱۹۷۰، ظاهر و مورد مطالعه قرار گرفتند. این آنزیم‌ها، سفالوسپورین‌های وسیع‌الطیف مانند سفزازیدیم، سفتریاکسون، سفپیم و مونوباکتام‌هایی مانند آزترونام و سفامایسین‌ها را هیدرولیز می‌کنند، اما توسط مهار کننده‌های معمولی مانند کلاوولانات مهار نمی‌شوند (۲۳، ۲۴). در اواخر دهه ۱۹۸۰، این ژن‌های کروموزومی قابل القاب بر روی پلاسمیدها ظاهر شده و به باکتری‌هایی که فاقد این ژن‌ها بودند منتقل شدند. مطالعه بر روی بتالاکتامازهای نوع AmpC از اواخر دهه ۱۹۷۰ شروع

## REFERENCES

1. Strateva T, Yordanov D. Pseudomonas aeruginosa – a phenomenon of bacterial resistance. J Med Microbiol 2009;58:1133-48.
2. Lambert P A. Mechanisms of antibiotic resistance in Pseudomonas aeruginosa. J R Soc Med 2002;95:22-6.
3. Reza Hosseini Doust, Mehdi Saberi, Mohamad Javad Hosseini, Ashraf Mohabati Mobarez. Surveillance of current antibiotic resistance among clinical isolates S. aureus, E. coli and P. aeruginosa collected from five Iranian cities. JPHS 2013;1:175-83.
4. Alhede M, Bjarnsholt T, Givskov M, Alhede M. Pseudomonas aeruginosa biofilms: mechanisms of immune evasion. Adv Appl Microbiol 2014;86:1-40.
5. Johnson JK, Smith G, Lee MS, Venezia RA, Stine OS, Nataro JP, et al. The Role of Patient-to-Patient Transmission in the Acquisition of Imipenem-Resistant Pseudomonas aeruginosa Colonization in the Intensive Care Unit. J Infect Dis 2009;200:900-5.

6. Lister PD, Wolter DJ, Hanson ND. Antibacterial Resistant *Pseudomonas aeruginosa*: Clinical Impact and Complex Regulation of Chromosomally Encoded Resistance Mechanisms. *Clin Microbiol Rev* 2009;22:582-610.
7. Balasubramanian D, Schneper L, Merighi M, Smith R, Narasimhan G, Lory S, et al. The Regulatory Repertoire of *Pseudomonas aeruginosa* AmpC  $\beta$ -Lactamase Regulator AmpR Includes Virulence Genes. *Plos One* 2012;7:e34067.
8. Chen SSP. *Pseudomonas* Infection Medication. In: Steele RW, ed. Medscape. Available in: <https://emedicine.medscape.com/article/970904-overview>. [Updated: Jul 25, 2017]
9. Church D, Elsayed S, Reid O, Winston B, Lindsay R. Burn wound infections. *Clin Microbiol Rev* 2006;19:403-34.
10. Nazari Monazam A, Hosseini Doust SR, Mirnejad R. Prevalence Per and VEB beta-lactamase genes among *Acinetobacte baumannii* isolated from patients in Tehran by PCR. *Iran J Med Microbiol* 2014;8:28-35.
11. Bermudes H, Arpin C, Jude F, El Harrif Z, Bébéar C, Quentin C. Molecular epidemiology of an outbreak due to extended-spectrum beta-lactamase-producing enterobacteria in a French hospital. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 1997;16:523-9.
12. Filloux A, Ramos JL. *Pseudomonas* methods and protocols. New York: Humana Press; 2014.
13. Aghazadeh M, Hojabri Z, Mahdian R, Nahaei MR, Rahmati M, Hojabri T, et al. role of efflux pumps: MexAB-OprM and MexXY(-OprA), AmpC cephalosporinase and OprD porin in non-metallo-beta-lactamase producing *Pseudomonas aeruginosa* isolated from cystic fibrosis and burn patients. *Infection, genetics and evolution. Infect Genet Evol* 2014;24:187-92.
14. Lee JY, Ko KS. OprD mutations and inactivation, expression of efflux pumps and AmpC, and metallo-beta-lactamases in carbapenem-resistant *Pseudomonas aeruginosa* isolates from South Korea. *Int J Antimicrob Agents* 2012;40:168-72.
15. Tam VH, Schilling AN, LaRocco MT, Gentry LO, Lolans K, Quinn JP, et al. Prevalence of AmpC over-expression in bloodstream isolates of *Pseudomonas aeruginosa*. *Clin Microbiol Infect* 2007;13:413-8.
16. Soleimani N, Aganj M, Ali L, Shokoohizadeh L, Sakinc T. Frequency distribution of genes encoding aminoglycoside modifying enzymes in uropathogenic *E. coli* isolated from Iranian hospital. *BMC Res Notes* 2014;7:842.
17. Babaii Kochaksaraii M, Nasrolahi Omran A, Javid N, Shakeri F, Yazdi M, Ghaemi EA. Extended spectrum beta lactamase producing *E. coli* isolated from Gorgan, North of Iran. *Med Lab J* 2012;6:51-8.
18. Gomez MG, Carrión LG, Vilar B, Pijoán JI, Hernández JL, José Miguel Montejo Baranda. Bacteriemias por enterobacterias productoras de beta-lactamasas (BLEE, AmpC y carbapenemasas) asociación con los cuidados sanitarios y los pacientes oncológicos. *Revista Española de Quimioterapia* 2015;28:256-62.
19. Chance DL, Mawhinney TP. Carbohydrate sulfation effects on growth of *Pseudomonas aeruginosa*. *Microbiology* 2000;146:1717-25.
20. Rafiee R, Eftekhar F, Tabatabaei SA, Minaee Tehrani D. Prevalence of Extended-spectrum and Metallo BetaLactamase production in AmpC Beta-Lactamase producing *Pseudomonas aeruginosa* isolates from burns. *Jundishapur J Microbiol* 2014;7:e16436.
21. Wassef M, Behiry I, Younan M, El Guindy N, Mostafa S, Abada E. Genotypic Identification of AmpC Beta-lactamases production in gram-negative bacilli isolates. *Jundishapur J Microbiol* 2014;7:e8556.
22. Lee K, Lim YS, Yong D, Yum JH, Chong Y. Evaluation of the hodge test and imipenem- EDTA Double disk synergy test for differentiating metallo bata lactamase producing isolates of *Pseudomonas* spp and *Acinetobacter* spp. *J Clin Microbiol* 2003;41:4623-9.
23. Hackman HK, Osei Adjei G, Gordon A, Laryea E, Quaye S, Anison L, et al. Phenotypic Characterization of AmpC beta-lactamase among Cefoxitin Resistant *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* Isolates in Accra, Ghana. *J Biolo Agric Health* 2013;3:102-6.
24. Bermudes H, Arpin C, Jude F, El Harrif Z, Bébéar C, Quentin C. Molecular epidemiology of an outbreak due to extended-spectrum beta-lactamase-producing enterobacteria in a French hospital. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 1997;16:523-9.
25. Filloux A, Ramos JL. *Pseudomonas* methods and protocols. New York: Humana Press; 2014.
26. Lee JY, Ko KS. OprD mutations and inactivation, expression of efflux pumps and AmpC, and metallo-beta-lactamases in carbapenem-resistant *Pseudomonas aeruginosa* isolates from South Korea. *Int J Antimicrob Agents* 2012;40:168-72.

- 
27. Nazari A, Hosseini Doust R, Mirnejad R. Prevalence of per and V B beta-lactamase genes among *Acinetobacter baumannii* isolates from patients in Tehran by PCR. *Iran J Med Microbiol* 2014;8:28-35.
28. Ahadi A, Sharif Zadeh A, Golshani Z. Identification of antibiotic resistance patterns of *Pseudomonas aeruginosa* isolated from patients admitted with multiple resistance. *J Veterinary Lab Res* 2012;4:119-22.