

## ***Frequency of Aminoglycoside-Resistance Genes in Methicillin Resistant Staphylococcus Aureus Isolated from Clinical Specimens***

Farhad Seyedi Marghaki<sup>1</sup>,  
Hossein Hosseini Nave<sup>2</sup>,  
Davood Kalantar-Neyestanaki<sup>2</sup>,  
Fereshteh Safaari<sup>2</sup>,  
Yasser Fasihi<sup>1</sup>,  
Mohammad Moradi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> MSc in Medical Microbiology, Department of Microbiology, School of Medicine, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Microbiology, School of Medicine, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

(Received February 25, 2016, Accepted April 30, 2017)

### ***Abstract***

**Background and purpose:** Aminoglycosides are broad-spectrum antibiotics that are often used in combination with other antibiotics for the treatment of severe *S. aureus* infections. This research aimed at investigating the phenotypic and genotypic evaluation of aminoglycoside resistance in clinical isolates of MRSA in Kerman, Iran.

**Materials and methods:** During a one year period, a total of 57 MRSA isolates was collected from 130 isolates of *S. aureus*. MRSA isolates were tested for susceptibility to 13 antimicrobial agents using disc diffusion method. Then, the presence of aminoglycoside modifying enzymes (AMEs) was evaluated by multiplex polymerase chain reaction.

**Results:** In the MRSA isolates, high resistance rates were observed for tetracycline, erythromycin, kanamycin and gentamicin. In fact, 73.7% and 68.4% of the isolates were found to be resistant to kanamycin and gentamicin, respectively. *aac(6')-Ie-aph(2'')*, *aph(3')-III*, *ant(4')-Ia*, and *aph(2'')-Id* genes were detected in 40.3%, 15.7%, 12.2%, and 3.5% of the aminoglycosides-resistant isolates, respectively.

**Conclusion:** The prevalence of aminoglycosides resistance among MRSA isolates is rising, therefore, identification of resistance genes in order to achieve the exact pattern of resistance is helpful in preventing the spread of resistant strains.

**Keywords:** methicillin- resistant *staphylococcus aureus*, aminoglycoside resistance, aminoglycoside modifying enzyme

## بررسی فراوانی ژن های کد کننده مقاومت به آمینوگلیکوزیدها در ایزوله های استافیلوکوک اورئوس مقاوم به متی سیلین جدا شده از نمونه های بالینی

فرهاد سیدی مرغی<sup>1</sup>  
حسین حسینی نوه<sup>2</sup>  
داود کلانتر نیستانکی<sup>2</sup>  
فرشته صفاری<sup>2</sup>  
یاسر فصیحی<sup>1</sup>  
محمد مرادی<sup>2</sup>

### چکیده

**سابقه و هدف:** آمینوگلیکوزیدها آنتی بیوتیک هایی با طیف اثر گسترده هستند که عمدتاً در درمان عفونت های شدید استافیلوکوک اورئوس به صورت ترکیبی با دیگر آنتی بیوتیک ها استفاده می شوند. مطالعه حاضر به بررسی فنوتیپی و ژنوتیپی مقاومت به آمینوگلیکوزیدها در ایزوله های بالینی استافیلوکوک اورئوس مقاوم به متی سیلین (MRSA) جمع آوری شده از شهر کرمان می پردازد.

**مواد و روش ها:** در این مطالعه توصیفی - مقطعی طی مدت یک سال از 130 ایزوله استافیلوکوک اورئوس جدا شده از نمونه های کلینیکی، 57 ایزوله (MRSA) جمع آوری شد. حساسیت این ایزوله ها نسبت به 13 آنتی بیوتیک به روش دیسک دیفیوژن تعیین گردید و در نهایت حضور ژن های کد کننده آنزیم های تغییردهنده آمینوگلیکوزیدها با روش Multiplex PCR ارزیابی شد.

**یافته ها:** در این مطالعه مقاومت بالایی نسبت به تتراسیکلین، اریترومايسين، کانامایسین و جنتامایسین در ایزوله های MRSA مشاهده گردید به طوری که به ترتیب 73/7 و 68/4 درصد از ایزوله ها به کانامایسین و جنتامایسین مقاوم بودند. ژن های  $aac(6')$  -IIIe- $aph(2'')$  از ایزوله های مقاوم به آمینوگلیکوزیدها شناسایی شدند.

**استنتاج:** شیوع مقاومت به آمینوگلیکوزیدها در میان ایزوله های MRSA در حال افزایش است. بنابراین شناسایی ژن های مقاومت به منظور دستیابی به الگوی دقیق مقاومت در جلوگیری از انتشار سویه های مقاوم کمک شایانی می نماید.

**واژه های کلیدی:** استافیلوکوکوس اورئوس مقاوم به متی سیلین، مقاومت به آمینوگلیکوزیدها، آنزیم های تغییردهنده آمینوگلیکوزیدها

### مقدمه

بیماری ها از عفونت های خفیف پوستی تا عفونت های پیچیده و شدید مثل اندوکاردیت، پنومونی و استئومیلیت را ایجاد می کند (1). امروزه ایزوله های MRSA گسترش

استافیلوکوک اورئوس مقاوم به متی سیلین (MRSA) یکی از مهم ترین عوامل ایجاد کننده عفونت های بیمارستانی است که طیف گسترده ای از

Email: m\_moradie@yahoo.co.uk

**مؤلف مسئول:** محمد مرادی - گروه میکروب شناسی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران

1. کارشناس ارشد میکروب شناسی پزشکی، گروه میکروب شناسی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران

2. استادیار، گروه میکروب شناسی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران

© تاریخ دریافت: 1395/11/25 تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: 1395/11/25 تاریخ تصویب: 1396/3/8

## مواد و روش ها

در این مطالعه توصیفی -مقطعی، مجموع 130 ایزوله استافیلوکوک اورئوس طی تاریخ فروردین 1394 تا فروردین 1395 از بیماران بستری شده و غیر بستری شهر کرمان جمع آوری شدند. ایزوله‌ها بر اساس آزمون‌های افتراقی شامل رنگ آمیزی گرم، آزمون کاتالاز، تولید کوآگولاز، DNase و تخمیر مانیتول تعیین هویت شدند و به‌عنوان ایزوله‌های استافیلوکوک اورئوس برای انجام آزمون‌های بعدی مورد استفاده قرار گرفتند (6). سپس ژنوم ایزوله‌ها با استفاده از روش استاندارد جوشاندن استخراج شد (7). تائید نهایی ایزوله‌های استافیلوکوک اورئوس با استفاده از روش PCR برای ژن nuc و تعیین ایزوله‌های MRSA با انجام تست فنوتیپی با دیسک سفو کسیتین بر اساس دستورالعمل موسسه استاندارد بالینی و آزمایشگاه (CLSI) انجام شد (8، 9). حساسیت ضد میکروبی ایزوله‌های MRSA با استفاده از روش انتشار از دیسک (Disc diffusion) برای دیسک‌های آنتی‌بیوتیکی آمیکاسین، جنتامایسین، توبرامایسین، کانامایسین، نتیل‌مایسین، تری متوپریم-سولفامتو کسازول، لینزولید، کلیندامایسین، اریترومایسین، تتراسایکلین، سیپروفلوکساسین و ونکومایسین بر اساس توصیه‌نامه (CLSI) مشخص شد (9). ایزوله‌هایی که با انجام آنتی بیوگرام نسبت به آمینوگلیکوزیدها مقاوم بودند برای شناسایی ژن‌های  $aph(2'')$ -Ib،  $aph(2'')$ -Ic،  $aph(2'')$ -Id و  $ant(4')$ -Ia و  $aph(3')$ -III،  $aac(6')$ -Ie- $aph(2'')$ ، که از شایع‌ترین ژن‌های مقاومت به آمینوگلیکوزیدها می‌باشند انتخاب شدند. شناسایی این ژن‌ها با روش PCR Multiplex انجام گرفت (7، 10).

جهانی پیدا کرده و نه تنها در بیمارستان‌ها بلکه در جامعه نیز افزایش پیدا کرده‌اند. از طرفی این ایزوله‌ها مقاومت‌های چندگانه‌ای نسبت به طیف وسیعی از آنتی بیوتیک‌ها از جمله بتالاکتام‌ها، آمینوگلیکوزیدها، تتراسیکلین‌ها، فلوروکینولون‌ها و ماکرولیدها را کسب نموده‌اند (2).

آمینوگلیکوزیدها از اولین آنتی‌بیوتیک‌های کشف شده‌ای هستند که در درمان عفونت‌های شدید ایجاد شده توسط پاتوژن‌های گرم مثبت و گرم منفی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (3). این آنتی‌بیوتیک‌ها در ترکیب با دیگر آنتی‌بیوتیک‌ها از جمله بتالاکتام‌ها یا گلیکوپپتیدهایی مثل ونکومایسین اثر هم‌افزایی دارند لذا در درمان عفونت‌های شدید استافیلوکوکی به‌خصوص در درمان اندوکاردیت عموماً به‌صورت ترکیبی استفاده می‌شوند (4).

مکانیسم‌های مقاومت به این آنتی‌بیوتیک‌ها شامل تغییر در جایگاه ریبوزومی اتصال دارو، کاهش در نفوذپذیری دارو، غیرفعال سازی دارو توسط آنزیم‌ها می‌باشد. در این میان شایع‌ترین مکانیسم مقاومت در سویه‌های استافیلوکوک اورئوس غیرفعال سازی دارو توسط آنزیم‌های تغییردهنده آمینوگلیکوزیدها (AMEs) می‌باشد (1). در سویه‌های استافیلوکوک اورئوس سه ژن کدکننده این آنزیم‌ها  $aac(6')$ -Ie- $aph(2'')$ ،  $aph(3')$ -III و  $ant(4')$ -Ia از اهمیت ویژه‌ای در قیاس با دیگر ژن‌های کدکننده AMEs برخوردارند (5).

با توجه به گسترش سویه‌های MRSA در هر دو محیط بیمارستان و جامعه و اهمیت آمینوگلیکوزیدها در درمان عفونت‌های ناشی از این ایزوله‌ها، هدف اصلی این پژوهش بررسی فنوتیپی مقاومت به آمینوگلیکوزیدها و تعیین فراوانی ژن‌های  $aph(2'')$ -Ib،  $aph(2'')$ -Ic،  $aph(2'')$ -Id و  $ant(4')$ -Ia،  $aph(3')$ -III،  $aac(6')$ -Ie- $aph(2'')$ ، که از شایع‌ترین ژن‌های مقاومت به آمینوگلیکوزیدها در میان ایزوله‌های MRSA می‌باشند.

## یافته ها و بحث

از مجموع 130 ایزوله استافیلوکوک اورئوس جمع آوری شده از نمونه‌های مختلف بالینی تعداد 57 ایزوله MRSA شناسایی شدند. شیوع ایزوله‌های MRSA در هر دو محیط بیمارستان و جامعه در حال افزایش است. در این مطالعه شیوع این ایزوله‌ها در شهر کرمان 41 درصد بود، این در حالی است که در مطالعات پیشین شیوع ایزوله‌های MRSA در نقاط مختلف ایران را از 19 تا 90 درصد گزارش کرده‌اند (1). رحیمی در سال 2015 و ایمان عینی و همکاران در سال 2013 شیوع ایزوله‌های MRSA را در تهران به ترتیب 29/9 و 63/6 درصد گزارش کردند (7، 1). از عوامل اصلی تفاوت در فراوانی این ایزوله‌ها می‌توان به تعداد بیماران مورد مطالعه و مکان جغرافیایی بیمارستان‌های مورد بررسی اشاره کرد (11).

در مطالعه حاضر بیش‌ترین مقاومت نسبت به تتراسیکلین (90 درصد) و اریترومیسین (88 درصد) وجود داشت. هم‌چنین 70/2 درصد از ایزوله‌ها به سیپروفلوکساسین، 62/2 درصد به کلیندامایسین و 49/1 درصد به تری متوپریم-سولفامتوکسازول مقاوم بودند. در مطالعه ما مقاومت بالا نسبت به تتراسیکلین، اریترومیسین و سیپروفلوکساسین مشابه با سایر مطالعات بود (12، 1). یکی از علل این مقاومت بالا می‌تواند ناشی از استفاده زیاد از این آنتی‌بیوتیک‌ها در ایران باشد (11). در مقابل تمامی ایزوله‌ها به ونکومایسین حساس بوده و تنها 2 درصد به لیزولید مقاوم بودند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد حتی با استفاده زیاد از ونکومایسین هنوز مقاومتی نسبت به آن ایجاد نشده است و این آنتی‌بیوتیک هم‌چنان می‌تواند به‌خوبی علیه عفونت‌های استافیلوکوک اورئوس مورد استفاده قرار گیرد. این نتیجه مشابه با نتایج به‌دست آمده در مطالعات قبلی می‌باشد (11، 1). در این مطالعه 49 ایزوله MRSA حداقل به یکی از آنتی‌بیوتیک‌های آمینوگلیکوزید مقاوم بودند.

میزان مقاومت بالایی به کانامایسین (73/3 درصد)، جنتامایسین (68/4 درصد)، توبرامایسین (59/6 درصد) و آمیکاسین (54/4 درصد) مشاهده گردید. تنها 19/3 درصد ایزوله‌ها به نتیل مایسین مقاوم بودند. این نتایج نقش مؤثر جنتامایسین در درمان ترکیبی عفونت‌های استافیلوکوک اورئوس را کمرنگ می‌کند. با این حال نتیل مایسین می‌تواند جایگزین مناسبی برای جنتامایسین در درمان عفونت‌های ایجادشده توسط ایزوله‌های MRSA باشد.

نتایج مربوط به فراوانی ژن‌های کدکننده AME در ایزوله‌های MRSA نشان داد از 49 ایزوله مقاوم به آمینوگلیکوزیدها 29 ایزوله حداقل دارای یکی از ژن‌های کدکننده AME بودند. شایع‌ترین ژن کدکننده مقاومت به آمینوگلیکوزیدها در بین این 29 ایزوله ژن (*aac(6)-Ie-aph(2'')*) بود که 23 ایزوله (79/3 درصد) دارای این ژن بودند و به دنبال آن ژن‌های *aph(3')-III* و *ant(4')-Ia* با 9 (31 درصد) و 7 (24/1 درصد) قرار داشتند. ژن *aph(2'')-Id* نیز در 2 (6/9 درصد) ایزوله مشاهده شد. هیچ کدام از ایزوله‌ها دارای ژن‌های *aac(6')-Ib* و *aph(2'')-Ic* نبودند. 7 ایزوله ژن *aac(6')-Ie-aph(2'')-I* و *aph(3')-IIIa* 3 ایزوله *aac(6')-Ie-aph(2'')-I* و *ant(4')-Ia* 2 ایزوله ژن *aac(6')-Ie-aph(2'')-I* و *aph(2'')-Id* را به‌طور همزمان دارا بودند.

در تعداد دیگری از مطالعات نیز ژن *aac(6')-Ie-aph(2'')-I* بیش‌ترین فراوانی را در میان ایزوله‌های MRSA دارا بود (14، 13). همانند دیگر مطالعات این ژن عمدتاً در میان ایزوله‌های مقاوم به جنتامایسین و آمیکاسین مشاهده گردید و احتمالاً موجب مقاومت به این آنتی‌بیوتیک‌ها می‌شود (7، 1). این موضوع وقتی قوت بیش‌تری می‌گیرد که مشابه با دیگر مطالعات در ایزوله‌های حساس به جنتامایسین و آمیکاسین ولی مقاوم به دیگر آمینوگلیکوزیدها، ژن‌های دیگر AME موجب

به تشخیص نیستند و یا ممکن است ژن های مقاومت به آمینوگلیکوزید جدیدی وجود داشته باشد که در جمعیت های استافیلوکوک اورئوس در حال گردش هستند (14).

در پایان می توان گفت به دلیل مقاومت بالا به آمینوگلیکوزیدها و همچنین فراوانی بالای ژن های AMEs در میان ایزوله های MRSA، اتخاذ راهکارهایی برای جلوگیری از پخش این ایزوله ها در محیط بیمارستان و انتخاب مناسب آنتی بیوتیک توسط پزشک معالج ضروری به نظر می رسد.

### سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله مراتب قدردانی و تشکر خود را از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کرمان به دلیل حمایت مالی و اجرایی اعلام می دارند.

### References

1. Rahimi F. Characterization of resistance to aminoglycosides in methicillin-resistant staphylococcus aureus strains isolated from a tertiary care hospital in Tehran, Iran. *Jundishapur J Microbiol.* 2016; 9(1): 2-7.
2. Novick RP, Schlievert P, Ruzin A. Pathogenicity and resistance islands of staphylococci. *Microbes Infect.* 2001; 3(7): 585-594.
3. Vakulenko SB, Mobashery S. Versatility of Aminoglycosides and Prospects for Their Future Versatility of Aminoglycosides and Prospects for Their Future. *Clin Microbiol Rev.* 2003; 16(3): 430-450.
4. Guodarzi A, Zolfaghari MR, Rezazadeh M, Amouzandeh-Nobaveh A, Arjmandzadegan M, Ghaznavi-Rad E. Phenotypic and genotypic determination of aminoglycoside resistance in methicillin resistant *Staphylococcus aureus* isolated from nosocomial infections. *J Urmia Univ Med Sci.* 2014; 24(11): 883-893.
5. Oyebode ATA, David OO, Kunle PB, Aderayo AA, Adeolu O. Distribution of genes encoding aminoglycoside modifying enzymes amongst methicillin resistant and methicillin sensitive *Staphylococcus aureus* isolates from Nigerian hospitals. *Afr J Microbiol Res.* 2015; 9(5): 318-325.

مقاومت می شوند (14). با این وجود ایزوله های حساس به جنتامایسین و آمیکاسین هم وجود داشتند که ژن *I-aac(6')-Ie-aph(2'')* در تهران مشابه است اما با دیگر مطالعات در تضاد می باشد (1، 13). مطالعات قبلی نشان داده اند که در ایزوله های استافیلوکوک اورئوس ژن *Ia-(4')-ant* موجب مقاومت به کانامایسین و توبرامایسین می شود (14) (1). در مطالعه حاضر نیز تقریباً تمامی ایزوله هایی که دارای ژن *Ia-(4')-ant* بودند به کانامایسین و توبرامایسین مقاوم بودند.

تعداد 20 ایزوله از لحاظ فنوتیپی حداقل به یکی از آنتی بیوتیک های آمینوگلیکوزید مقاومت داشتند اما در این ایزوله ها هیچ یک از ژن های کد کننده AME مشاهده نشد. عدم شناسایی این ژن ها را می توان این طور تفسیر کرد که واریانت های متفاوتی از این ژن ها حضور دارند که با پرایمرهای مورد استفاده در این مطالعه قادر

6. Kateete DP, Kimani CN, Katabazi FA, Okeng A, Okee MS, Nanteza A, et al. Identification of *Staphylococcus aureus*: DNase and Mannitol salt agar improve the efficiency of the tube coagulase test. *Ann Clin Microbiol Antimicrob*. 2010; 9(1): 23.
7. Emaneini M, Bigverdi R, Kalantar D, Soroush S, Jabalameli F, Noorazar Khoshgnab B, et al. Distribution of genes encoding tetracycline resistance and aminoglycoside modifying enzymes in *Staphylococcus aureus* strains isolated from a burn center. *Ann Burns Fire Disasters*. 2013; 26(2): 76–80.
8. Brakstad OG, Aasbakk K, Maeland JA. Detection of *Staphylococcus aureus* by polymerase chain reaction amplification of the nuc gene. *J Clin Microbiol*. 1992; 30(7): 1654–1660.
9. Clinical and Laboratory Standard Institute. Performance standards for antimicrobial disk susceptibility test: approved standard. M2-A9. 9th ed. Wayne, Pennsylvania. CLSI, NCCLS. 2006.
10. Vakulenko SB, Donabedian SM, Anatoliy M, Zervos MJ, Lerner S a, Chow JW, et al. Multiplex PCR for Detection of Aminoglycoside Resistance Genes in Enterococci Multiplex PCR for Detection of Aminoglycoside Resistance Genes in Enterococci. *Antimicrob Agents Chemother*. 2003; 47(4): 1423–1426.
11. Rahimi F, Katouli M, Pourshafie MR. Characteristics of hospital- and community-acquired methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in Tehran, Iran. *J Med Microbiol*. 2014; 63(6): 796–804.
12. Mohammadi S, Sekawi Z, Monjezi A, Maleki MH, Soroush S, Sadeghifard N, et al. Emergence of SCCmec type III with variable antimicrobial resistance profiles and spa types among methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolated from healthcare- and community-acquired infections in the west of Iran. *Int J Infect Dis*. 2014; 25: 152–158.
13. Emaneini M, Taherikalani M, Eslampour MA, Sedaghat H, Aligholi M, Jabalameli F, et al. Phenotypic and genotypic evaluation of aminoglycoside resistance in clinical isolates of staphylococci in Tehran, Iran. *Microb Drug Resist*. 2009; 15(2): 129–132.
14. Hauschild T, Sacha P, Wieczorek P, Zalewska M, Kaczyńska K, Tryniszewska E. Aminoglycosides resistance in clinical isolates of *Staphylococcus aureus* from a University Hospital in Bialystok, Poland. *Folia Histochem Cytobiol*. 2008; 46(2): 225–228.