

اثرات مهاری نانوذرات نقره بر بیان ژن ایجاد کننده بیوفیلیم (bap) در سویه های اسینتوباکتر بومانی مقاوم به آنتی بیوتیک با استفاده از روش Real Time PCR

توحید پیری قراقیه^۱، سید عطاله سادات شاندریز^{۲*}

(۱) گروه زیست شناسی، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
(۲) گروه زیست شناسی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۵

چکیده

مقدمه: اسینتوباکتر بومانی یکی از عوامل پاتوژن شایع بیمارستانی است که به دلیل تولید بیوفیلیم به بسیاری از آنتی بیوتیک ها مقاوم شده و درمان آن را مشکل ساخته است. امروزه، نانوذرات نقره به دلیل داشتن ویژگی های شیمیایی و فیزیکی مناسب، در پزشکی کاربردهای گسترده ای دارد. هدف از این مطالعه بررسی اثرات ضدبیوفیلیمی نانوذرات نقره بر روی ایزوله های مقاوم به آنتی بیوتیک اسینتوباکتر بومانی می باشد.

مواد و روش ها: در این مطالعه تجربی، سویه های اسینتوباکتر بومانی از ۱۰۰ نمونه بالینی جداسازی شدند. بعد از شناسایی سویه های اسینتوباکتر بومانی و تعیین مقاومت میکروبی آن ها، توانایی تشکیل بیوفیلیم سویه ها با کمک روش کشت کنگو رد آگار در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت مورد ارزیابی قرار گرفت. میزان MIC (Minimum Inhibitory Concentration) سویه ها علیه نانوذرات نقره تعیین شد، تیمار سویه ها با غلظت زیر حدمهارکنندگی (SubMIC) انجام شد و استخراج RNA و سنتز cDNA انجام گرفت. در نهایت، ارزیابی بیان ژن تشکیل بیوفیلیم Bap با استفاده از روش Real Time PCR مورد بررسی قرار گرفت.

یافته های پژوهش: از میان ۱۰۰ نمونه بالینی، ۱۲ نمونه مربوط به اسینتوباکتر بومانی بودند که به تمامی آنتی بیوتیک ها به جز کلیستین مقاوم بودند. نتایج PCR نشان داد که تمامی ۱۲ سویه دارای ژن تشکیل بیوفیلیم Bap بودند. نتایج Real Time PCR نشان داد که به دنبال تیمار سویه ها با غلظت SubMIC نانوذرات نقره، تمامی سویه ها دارای کاهش بیان معناداری در ژن Bap ($P < 0.05$) نسبت به ژن کنترل بودند.

بحث و نتیجه گیری: با توجه به اثرات ضد بیوفیلیمی نانوذرات نقره، به نظر می رسد نانوذرات نقره می تواند به عنوان یک کاندید دارویی در صنایع داروسازی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: اسینتوباکتر بومانی، بیوفیلیم، Bap، نانوذرات نقره

*نویسنده مسئول: گروه زیست شناسی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

Email: Ata.sadatshandiz@iauctb.ac.ir

Copyright © 2018 Journal of Ilam University of Medical Science. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution international 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits copy and redistribute the material, in any medium or format, provided the original work is properly cited.

مقدمه

اسینتوباکتریومانی پاتوژن فرصت طلبی است که همواره به عنوان یکی از مهم ترین عوامل بیماری زای عفونت های بیمارستانی شناسایی شده است (۱،۲). یکی از مشکلات عمده در درمان و پیشگیری از عفونت های ایجاد شده توسط اسینتوباکتریومانی، مقاومت های آنتی بیوتیکی ایجاد شده در آن می باشد. اسینتوباکتریومانی مقاومت چند دارویی ایجاد می کند که این پدیده توسط انواع مقاومت های آنتی بیوتیکی مختلف ثابت شده است از جمله فعال سازی پمپ های افلاکس، تولید آنزیم های بتالاکتاماز، کاهش نفوذپذیری غشای خارجی، سنتز آنزیم هایی مثل فسفریل ترانسفرازها و استیل ترانسفرازها که باعث مقاومت به آمینو گلیکوزیدها می شود. علاوه بر موارد ذکر شده مکانیسم دیگری در مقاومت آنتی بیوتیکی اسینتوباکتریومانی تحت عنوان بیوفیلم وجود دارد (۳). بیوفیلم ها اجتماعات پیچیده باکتریایی متصل به سطوح هستند که توسط یک ماتریکس خارج سلولی تولید شده توسط باکتری ها ایجاد می شوند. این ماتریکس از پلی ساکاریدها، DNA و پروتئین ها تشکیل شده است (۴). بیوفیلم های باکتریایی مشکلات بسیاری را در زمینه پزشکی، صنعتی و محیطی ایجاد می کنند. چسبیدن باکتری ها به سطوح مسئله مهمی در اکولوژی، بیوتکنولوژی، آلودگی زیستی و تیمار فاضلاب است (۵). پروتئین های مختلفی در ایجاد این مقاومت تاثیر گذارند که از این بین می توان به پروتئین های ایجادکننده و تقویت کننده ساختار بیوفیلم اشاره کرد. اولین عضو این گروه از پروتئین ها با عنوان BAP در باکتری اسینتوباکتریومانی شناسایی شده است. این پروتئین در سطح خارجی باکتری ها قرار دارند. شامل هسته مرکزی متشکل از تکرارهای متوالی از توالی های مشابه هستند. به باکتری قابلیت تشکیل بیوفیلم می دهند به این ترتیب نقش مهمی در عفونت زایی پاتوژن ها دارند (۶). امروزه محققان در حال جستجوی راه حل های جدید برای درمان باکتری های مقاوم به دارو هستند. یکی از زمینه های کاربردی

نانویوتکنولوژی استفاده از نانوذرات در درمان عفونت های میکروبی می باشد (۷). از زمان باستان خواص ضد میکروبی نقره شناخته شده است ولی اخیراً به دلیل ساخته شدن نقره به صورت نانوذرات، سطح تماس افزایش یافته و خاصیت ضد میکروبی آن تا بیش از ۹۹ درصد افزایش یافته است (۸). نقره در ابعاد بزرگتر فلزی خاصیت واکنش دهی کمی دارد، ولی زمانی که به ابعاد کوچک تر در حد نانومتر تبدیل می شود، خاصیت میکروب کشی آن افزایش می یابد، به همین دلیل در پزشکی به بررسی اثرات آن اهمیت داده می شود (۹). نانوذرات نقره به علت داشتن بار سطحی و نسبت سطح به حجم بالای خود، آنزیم ها و DNA میکروارگانیسم ها را با تعادل الکترون بین گروه های دهنده الکترون مثل تیول، کربوکسیلات، آمید، ایمیدازول، اندول و هیدروکسیل غیر فعال می سازند. تغییرات ضد میکروبی که از رشد باکتری بیماریزا ممانعت می کنند، یک هدف مطلوب محسوب می شود (۱۰). از آن جا که در زمان تشکیل بیوفیلم باکتری هزینه های درمان بالا رفته و گران بودن درمان های فعلی برای درمان بیوفیلم آن و هم چنین عدم کارایی کافی درمان های موجود، استفاده از نانوذرات نقره برای درمان می تواند راهکار مناسبی تلقی گردد. به دلیل مقاومت های آنتی بیوتیکی اسینتوباکتریومانی، کلاس های کمی از آنتی بیوتیک ها می توانند برای درمان عفونت های ناشی از این باکتری مورد استفاده قرار گیرند. به همین دلیل ایمی پنم ها و کارباپنم ها یکی از مهم ترین آنتی بیوتیک های مورد استفاده می باشند. این آنتی بیوتیک ها آخرین خط درمانی در درمان عفونت های ناشی از باکتری های گرم منفی، از جمله اسینتوباکتریومانی می باشند. از این رو اصلی ترین مقاومت به کارباپنم ها را می توان در بیان ژن های Bap جستجو کرد (۱۱). اسینتوباکتریومانی با بیان ژن Bap سبب کاهش نفوذپذیری و در نتیجه ایجاد مقاومت به کارباپنم ها می شود و علاوه بر آن با چسبندگی بالایی که با سطح زنده و غیرزنده ایجاد می کند موجب پایداری بالایی عامل بیماریزا می شود (۱۲). هدف از این مطالعه بررسی

تأثیر نانوذرات نقره بر میزان بیان ژن BAP می باشد که در ایجاد بیوفیلیم در سویه های مقاوم به داروی اسینتوباکتر بومانی می باشد.

مواد و روش ها

تهیه نانوذرات نقره: نانوذره نقره خریداری شده از شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان دارای متوسط اندازه ۲۰ نانومتر، ۹۹/۹۹ درصد خلوص و از شرکت آمریکایی US Nano بود.

جمع آوری ایزوله های باکتریایی: در این پژوهش طی سال های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۶، طی مدت پنج ماه، تعداد ۱۰۰ نمونه بالینی مشکوک به اسینتوباکتر از بیمارستان شهید چمران شهر تهران جمع آوری شد و در محیط کشت مولر هینتون آگار کشت داده شد. سپس نمونه های اسینتوباکتر روی محیط های کشت بلاد آگار و مک کانکی آگار کشت داده شدند. سپس محیط های کشت به مدت ۲۴ ساعت در ۳۷ درجه سانتی گراد در انکوباتور نگهداری شدند. برای نگهداری باکتری ها، آن ها را در محیط کشت مایع حاوی گلیسرول تلقیح و سپس در دمای ۷۰- درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

تست حساسیت آنتی بیوتیکی: جهت انجام کشت آنتی بیوگرام یا تست حساسیت میکروبی از روش استاندارد دیسک دیفیوژن (Clinical and Laboratory Standard Institute (CLSI استفاده شد. دیسک های آنتی بیوتیکی مورد استفاده در این مطالعه از شرکت MAST تهیه شد که شامل ایمی پنم (۱۰ μg)، جنتامایسین (۱۰ μg)، سیپروفلوکسازین (۵ μg)، سفتازیدین (۳۰ μg)، ایمیکاسین (۳۰ μg)، پیپرسیلین تازوباکتام و کولیسین (۱۰ μg) بود.

تست فنوتیپی تشخیص بیوفیلیم: در این تست از روش مورد استفاده در تست فنوتیپی فریمن و همکاران با استفاده از محیط کشت کونگو رد آگار انجام گرفت (۱۳). این محیط کشت حاوی محیط BHI (g/L) ۳۷، آگار (g/L) ۱۰، سوکروز (g/L) ۵۰ و رنگ کونگو رد (g/L) ۰/۸ می باشد. سویه های بالینی اسینتوباکتر بومانی در پلیت حاوی محیط کشت کونگو رد در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت

کشت داده شدند. باکتری های تولیدکننده بیوفیلیم کلنی های مشکی رنگ و سایر باکتری ها کلنی های قرمز رنگ تشکیل می دهند.

آزمون میکروداپلوشن برات برای تعیین حداقل غلظت بازدارندگی (MIC): برای تعیین MIC از روش رقت گیری سریالی به صورت سه تکرار در محیط کشت انجام شد. بدین صورت که رقت های مختلف از ۳/۱۲۵ تا ۱۰۰ میکرولیتر بر میلی لیتر از نانوذرات نقره به چاهک های پلیت ۹۶ خانه ای اضافه شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون میکروبی به هر چاهک اضافه شد و پلیت ها در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت یک شب در گرمخانه تیمار شدند. یک چاهک به عنوان بلانک (محیط کشت خالی و باکتری اسینتوباکتر بومانی بدون تیمار با نانوذرات) استفاده شد. نهایتاً، کدورت تمام چاهک ها با استفاده از دستگاه قرائت گر الیزا در طول موج ۶۳۰ نانومتر خوانش شدند.

بررسی کمی اثرات ضدبیوفیلیمی نانوذرات نقره: اثرات کمی ضدبیوفیلیمی نانوذرات نقره با استفاده از روش میکروتیتروپلیت و با غلظت ۵۰ میکرولیتر زیرحد کشندگی نانوذرات استفاده شد. سنجش کمی بیوفیلیم به وسیله افزودن ۲۰۰ میکرولیتر اسید استیک ۳۳ درصد به هر چاهک صورت گرفت و جذب آن در طول موج ۴۹۲ نانومتر توسط دستگاه ELISA Reader خوانده شد.

بررسی بیان ژن *bap* به کمک *Real-Time PCR*: استخراج RNA از باکتری اسینتوباکتر بومانی به منظور بررسی بیان ژن های AB-16S- *rRNA* و BAP پس از تیمار با غلظت subMIC نانوذرات نقره صورت گرفت. استخراج RNA توسط دستورالعمل تهیه شده از شرکت کیاژن (کیاژن، آمریکا) انجام گرفت. غلظت RNA مورد استفاده حدود ۱ تا ۲ میکروگرم در نظر گرفته شد. برای این منظور، جذب نوری آن در طول موج ۲۶۰ نانومتر اندازه گیری شد. هم چنین جذب نوری در طول موج ۲۶۰/۲۸۰ نانومتر برای اطمینان از عدم آلودگی پروتئینی و جذب نوری در طول موج ۲۶۰/۲۳۰ نانومتر برای اطمینان از عدم آلودگی نمک و سایر مواد آلی سنجیده شد که برای

تیمار شده توسط دستگاه نانودراپ، مطابق با کیت فرمنتاز (Revert Aid™ First Strand cDNA Synthesis Kit) انجام گرفت.

RNA، این نسبت جذب برابر با ۲ قبـول بود. ساخت cDNA از روی RNA استخراج شده، پس از تعیین مقدار و غلظت RNA حاصل از سلول های بیوفیلیم مثبت اسیتوباکتربومانی

جدول شماره ۱. توالی پرایمرهای مورد استفاده در PCR

ژن هدف	توالی ها	محصول (جفت باز)	دمای اتصال
BAP	F 5'-TAGACGCAATGGATAACG-3' R 5'-TTAGAACCAGATAACGATACC-3'	۱۲۷	۶۱
16S rRNA	F 5'TATCAGGACCATCTGGAGTAGG-3' R 5'-CATCAACTTCACCTTCACGC-3'	۱۱۰	۶۰

اسیتوباکتربومانی به عنوان کنترل مثبت استفاده گردید. برای هر نمونه، واکنش دو مرتبه انجام گرفته و میانگین مقادیر به دست آمده به عنوان مقدار (کمیت) بیان ژن برای آن نمونه در نظر گرفته شد. از فرمول مرجع نسبی بیان $\Delta\Delta Ct$ برای تعیین بیان ژن مورد نظر استفاده گردید. $\Delta\Delta Ct$ توسط تفریق ΔCt نمونه تیمار شده با نانوذرات نقره از ΔCt نمونه تیمار نشده استاندارد به دست آمد. نسبت ژن هدف (Bap) به ژن مرجع (16S rRNA) از طریق $2^{-\Delta\Delta Ct}$ محاسبه شد (۱۷).
آنالیز آماری: در این پژوهش محاسبه آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام گرفت و نتایج با آنالیز واریانس یک طرفه (One way ANOVA) مورد بررسی قرار گرفت. تفاوت بیان ژن های هدف، بین نمونه های کنترل و تیمار شده با روش آماری Tukey's HSD post-hoc test محاسبه گردید. اطلاعات به صورت mean±standard deviation (SD) نمایش داده شده اند و مرز معناداری روی $P < 0.05$ قرار گرفته شد.

یافته های پژوهش

ایزوله های انتخاب شده و نتایج آنتی بیوگرام باکتری ها: از ۱۰۰ نمونه جمع آوری شده ۱۲ نمونه اسیتوباکتربومانی از بیماران بستری به دست آمد که بر اساس نوع نمونه انتخاب شد و شامل: ۳ نمونه زخم، ۱ نمونه خون، ۴ نمونه پوست و ۲ نمونه ادرار و ۲ نمونه تراشه بود.

نتایج حاصل از تست حساسیت میکروبی مطابق جدول شماره ۲ نشان داد که اسیتوباکترهای جداسازی شده به تمام آنتی بیوتیک های ایمی پنم، جنتامایسین، سیپروفلوکسازین، سفتازیدین، ایمیکاسین، پپرسیلین،

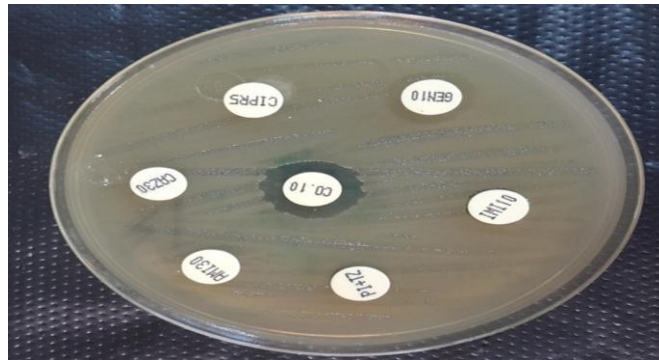
در این پژوهش برای انجام تست RealTime PCR از مسترمیکس حاوی سایبر گرین SYBER green (Applied Biosystem، انگلستان) انجام گرفت و ژن 16S rRNA به عنوان ژن مرجع (کنترل داخلی) جهت بررسی بیان ژن bap در باکتری های تیمار شده با نانوذرات نقره بررسی شد. طراحی پرایمرهای این تحقیق با نرم افزار های Primer Express و Gene Runner انجام گرفت. سپس به منظور تایید پرایمرها، با استفاده از توالی های موجود در بانک های ژنی و ابزار آنالین BLAST، صحت پرایمرها انجام شد. در جدول شماره ۱ توالی جفت پرایمرهای جلوبر و برگشتی دو ژن bap و 16S rRNA مشخص شده است.

بر طبق دستورالعمل، مسترمیکس، پرایمرها و cDNA سنتز شده در حجم مناسبی مخلوط شده و توسط دستگاه Bioneerexicycler 96 Real-time PCR واکنش انجام گردید. حجم واکنش ۲۵ میکرولیتر و شامل ۲ میکرولیتر cDNA، ۱۰ پیکومول از پرایمرهای جلوبر و برگشتی برای هر دو ژن bap و 16S rRNA، ۱۰ میکرولیتر از مسترمیکس Bioneer و ۱۱ میکرولیتر آب مقطر دوبار تقطیر استریل بود. چرخه دمایی شامل دناتوراسیون اولیه در ۹۵ درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ دقیقه و به دنبال آن ۴۰ سیکل در ۹۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۰ ثانیه، ۵۸ درجه سانتی گراد به مدت ۴۰ ثانیه بود. مرحله نهایی جهت ترسیم منحنی ذوب (Melting Curve) به صورت ۹۵ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ ثانیه، ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ ثانیه و ۹۵ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ ثانیه انجام شد. هم چنین از سویه ATCC25923

تازوباکتام مقاوم بودند و تنها آنتی بیوتیکی که باعث از بین رفتن باکتری ها شد کولستین بود.

جدول شماره ۲. نتایج حاصل از تست حساسیت میکروبی

مقاوم	اسینتوباکتر بومانی			عامل ضد میکروبی	علامت اختصاری
	حساسیت بینابینی	حساس	غلظت (میکروگرم)		
۳	۱۵-۱۴	۱۶	۱۰	ایمی پنم	IMI
۲	۱۴-۱۳	۱۵	۱۰	جنتامایسین	GEN
۵	۲۰-۱۶	۲۱	۵	سیپروفلوکسازین	CIR
۴	۱۷-۱۵	۱۸	۳۰	سفتازیدین	CAZ
۴	۱۵-۱۴	۱۶	۳۰	آمیکاسین	AMI
۷	۲۰-۱۸	۲۱	-	پیراسیلین-تازوباکتام	PTZ
-	-	-	۱۰	کولستین	CO



شکل شماره ۱. تست آنتی بیوگرام اسینتوباکتر بومانی. میزان مقاومت و حساسیت سویه های اسینتوباکتر بومانی به آنتی بیوتیک های مختلف نشان داده شده است.

در مدت زمان ۲۴ ساعت قرار گرفتند. نتایج نشان داد که سویه های مختلف دارای محدوده ای از MIC بودند (جدول شماره ۳).

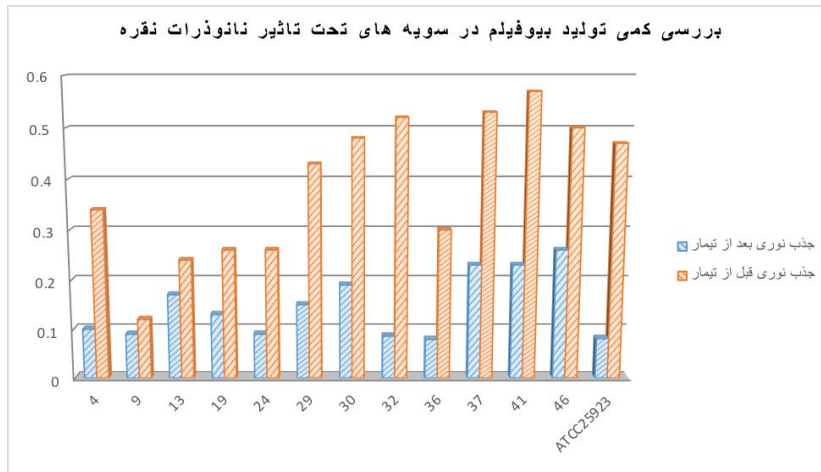
نتایج MIC نانوذرات نقره علیه سویه های بیوفیلیم مثبت: سویه های بیوفیلیم مثبت تحت تاثیر غلظت های ۳/۱۲۵ تا ۱۰۰ میکروگرم در میلی لیتر از نانوذرات نقره

جدول شماره ۳. تعیین MIC نانوذره نقره در سویه های مختلف اسینتوباکتر بومانی

شماره سویه	MIC (µg/ml)
۴	۶/۲۵
۹	۱۲/۵
۱۳	۵۰
۱۹	۱۲/۵
۲۴	۲۵
۲۹	۱۲/۵
۳۰	۶/۲۵
۳۲	۳/۱۲۵
۳۶	۲۵
۳۷	۶/۲۵
۴۱	۶/۲۵
۴۶	۲۵
ATCC ۲۵۹۲۳	۵۰

همان طور که در جدول نشان داده است میزان جذب در تمامی سویه ها بعد تیمار با نانوذرات نقره کاهش زیادی را نشان داد که نشان دهنده کاهش توانایی تشکیل بیوفیلم سلول های باکتریایی و کاهش جذب نوری در نتیجه توانایی کم اتصال به کف میکروپلیت بوده است.

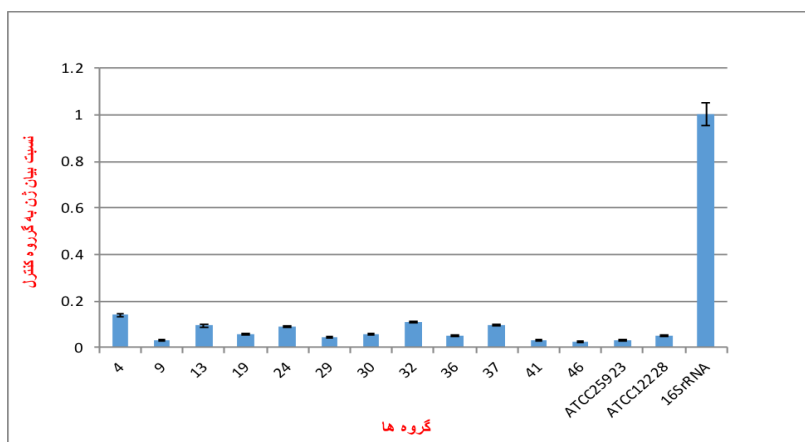
بررسی کمی اثرات ضد بیوفیلمی نانوذرات نقره: ارزیابی کمی اثرات ضد بیوفیلمی نانوذرات نقره با کمک روش میکروتیترپلیت انجام گرفت. نتایج این روش نشان داد که توانایی تشکیل بیوفیلم در تمامی سویه ها در غلظت SubMIC نانوذرات نقره از دست رفته است که در نمودار شماره ۱ مشخص شده است.



نمودار شماره ۱. بررسی کمی تولید بیوفیلم در سویه های تحت تاثیر نانوذرات نقره

سویه های مختلف با دارا بودن MIC های مختلف، تحت تاثیر نانوذرات نقره تغییر بیان مختلفی را داشتند و از نظر آماری تفاوت معناداری در مقایسه با بیان ژن 16S rRNA از خود نشان دادند ($P < 0.05$).

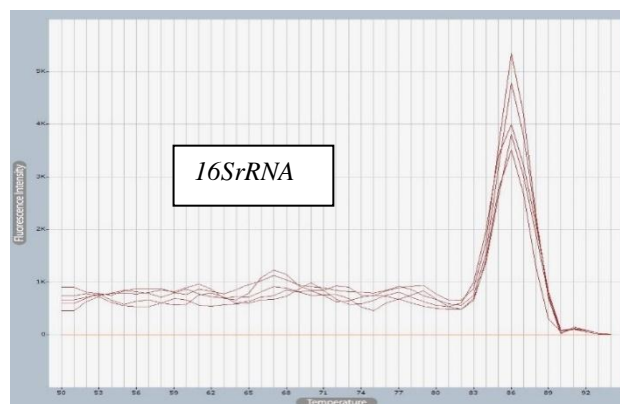
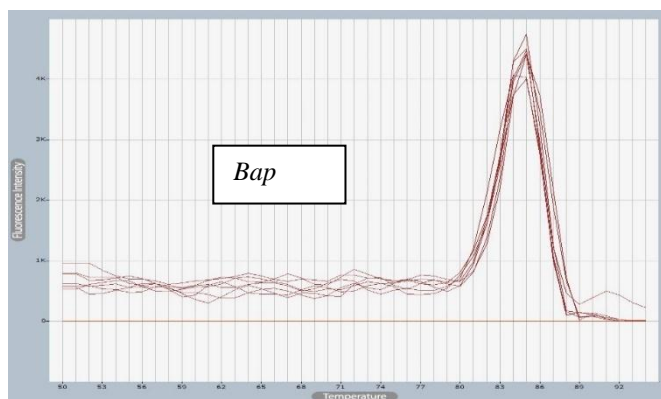
نتایج بررسی بیان ژن *bap* در سویه های بیوفیلم مثبت در غلظت های *subMIC* از نانوذرات توسط روش *Real Time PCR* نتایج حاصل از نسبت بیان ژن *bap* نسبت به ژن مرجع در سویه های بیوفیلم مثبت در نمودار شماره ۲ آمده است. نتایج نشان داد که



نمودار شماره ۲. میزان بیان ژن *bap* در سویه های تیمار شده با نانوذرات نقره. همان طور که مشاهده می شود بیان ژن *bap* در سویه های تیمار شده با نانوذرات نقره در مقایسه با ژن کنترل کاهش معناداری داشته اند.

عدم تکثیر قطعات غیر اختصاصی برای هر ژن را در نمودار شماره ۳ نشان می دهد.

منحنی ذوب تعیین کننده عدم جفت شدن آغازگرها، تکثیر اختصاصی قطعات ژنی مورد نظر و



نمودار شماره ۳. الف) الگوی منحنی ذوب ژن 16SrRNA با دمای ۸۵/۸. ب) الگوی منحنی ذوب ژن bap با دمای ۸۴/۹

در سال های اخیر به دنبال مقاومت و ایجاد پایداری باکتری ها به آنتی بیوتیک ها، دلیل مناسبی برای تحقیق در خصوص ژن بیان کننده بیوفیلیم (Bap) در باکتری های مختلف بوده است. برای مثال، گریگوریوو همکاران در سال ۲۰۱۵ میلادی مطالعه ای در خصوص پروتئین های مربوط به بیوفیلیم اسپیتوباکتر انجام دادند. آن ها اعلام نمودند که پروتئین بزرگی به نام BAP در تشکیل بیوفیلیم و چسبیدن اسپیتوباکتر بومانی به سلول میزبان نقش دارد. نتایج این گروه نشان داد که به نظر می رسد چندین پروتئین دارای تکرارهای Ig-like در تشکیل بیوفیلیم دخیل باشند (۱۵). می توان گفت محققین بسیاری وجود داشته اند که علاقه به بررسی مقاومت باکتری اسپیتوباکتر بومانی به آنتی بیوتیک های مختلف بوده اند. لیهائو کی و همکاران در سال ۲۰۱۶ میلادی مطالعه ای مبنی بر ارتباط بین مقاومت آنتی بیوتیکی، تشکیل بیوفیلیم و مقاومت ویژه بیوفیلیم در اسپیتوباکتر بومانی انجام دادند. در مطالعه آن ها ارتباط بین مقاومت آنتی بیوتیکی، تشکیل بیوفیلیم و مقاومت ویژه بیوفیلیم در ایزوله های بالینی اسپیتوباکتر بومانی بررسی گردید (۱۶).

بحث و نتیجه گیری

اسپیتوباکتر بومانی شایع ترین عامل بیماریزای انسانی در جنس اسپیتوباکتر می باشد و به عنوان یکی از مهم ترین عوامل عفونت های بیمارستانی به شمار می آید. یکی از مشکلات عمده در درمان و پیشگیری از عفونت های ایجاد شده توسط اسپیتوباکتر بومانی، مقاومت های آنتی بیوتیکی ایجاد شده در آن می باشد و کاربایتم ها به آخرین خط درمان در عفونت های ناشی از باکتری های گرم منفی، از جمله اسپیتوباکتر بومانی می باشند. اصلی ترین عامل مقاومت به کاربایتم را می توان تولید بیوفیلیم دانست (۱۴). در خصوص مقاومت اسپیتوباکتر مطالعات زیادی صورت گرفته که نتایج آن ها برحسب زمان و مکان متفاوت بوده است. بنا بر این از اهداف مهم این تحقیق، بررسی میزان تشکیل بیوفیلیم در سویه های بالینی اسپیتوباکتر بومانی مقام به آنتی بیوتیک بوده است. پژوهش بر روی توانایی اتصال، تشکیل بیوفیلیم و ژن های مداخله گر در تشکیل بیوفیلیم در سویه های مختلف اسپیتوباکتر بومانی می تواند اطلاعات امیدوارکننده ای در مورد درک بهتر روند پیچیده ایجاد بیوفیلیم و عفونت های ناشی از این ارگانیسم ها فراهم نماید.

توانایی فوق العاده ی نقره به عنوان عامل ضد میکروبی مسبب استفاده از نانوذرات این ماده در تحقیقات بسیاری از محققان بوده است. تحقیقات مختلفی نشان دادند که نانوذرات توانایی چشمگیری در مهار بیماری های عفونی باکتریایی دارند. طبق تحقیقات هندیانی و همکاران در سال ۲۰۱۵ میلادی درخصوص سنتز نانوذرات نقره و اثرات سینرژیک آن ها در ترکیب با ایمی پنم و دو بیوساید (کشنده زیستی) علیه بیوفیلیم تشکیل شده توسط اسینتوباکتر بومانی اثرات نانوذرات نقره به تنهایی و در ترکیب با بیوسایدها و ایمی پنم بر ضد بیوفیلیم های اسینتوباکتر بومانی فرم پلانکتونی آن انجام گردید. نتیجه و دستاورد تحقیق این گروه بیانگر این نکته بود که نانوذرات نقره به تنهایی می توانند سبب مهار تشکیل بیوفیلیم شوند اما اثر آن ها در ترکیب با ایمی پنم بر ضد اشکال بیوفیلیم ها و شکل پلانکتونی اسینتوباکتر بومانی موثرتر است (۲۱). هندیایی و همکاران در سال ۱۳۹۱ مطالعه ای در خصوص مقایسه فعالیت ضد بیوفیلیمی نانوذره نقره و چند ترکیب ضد میکروبی دیگر بر علیه سویه های اسینتوباکتر مولد بیوفیلیم انجام دادند. نتایج مطالعه اخیر این بود که استفاده از ترکیبات دارویی با طیف وسیع تر مانند نانوذرات نقره در ترکیب با مواد ضد میکروبی مناسب می تواند باعث کاهش تشکیل بیوفیلیم و حذف بیوفیلیم های بالغ، کاهش دوز موثر داروها، افزایش کارایی درمان و جلوگیری از تشکیل سویه های مقاوم شود (۲۲).

یکی از اهداف تحقیق حاضر، بررسی اثرات نانوذرات نقره بر روی بیان ژن Bap تشکیل دهنده بیوفیلیم در سویه های بالینی اسینتوباکتر بومانی بود. نتایج این مطالعه نشان داد که غلظت های SubMIC از نانوذرات می تواند اثر بازدارندگی بر روی تشکیل بیوفیلیم داشته باشد و بیان ژن Bap را در سویه های بیوفیلیم مثبت کاهش دهد. به نظر می رسد نانوذرات نقره بر روی ساختمان غشای سلول باکتریایی با مداخله در فرآیندهای انتقال یون ها و هم چنین تنفس سلولی منجر به کاهش تولید بیوفیلیم می شود. هم چنین نتایج حاصل از این مطالعه می تواند رویکردی جذاب در

عزیزی و همکاران در سال ۲۰۱۶ میلادی مطالعه ای با عنوان آنالیز مولکولی و بیان ژن BAP در اسینتوباکتر بومانی تشکیل دهنده بیوفیلیم و مقاوم به چند دارو انجام دادند. دستاورد آن ها نشان داد که بیان بیش از حد BAP در تشکیل بیوفیلیم در حضور غلظت کم آهن تاثیر گذار است (۱۷).

ریچا سینگ و همکاران در سال ۲۰۱۶ میلادی مطالعه ای مبنی بر نانوذرات برای کنترل عفونت ناشی از بیوفیلیم گونه های اسینتوباکتر انجام دادند. در گزارش آن ها به اهمیت نقش نانوذرات مختلف به عنوان عوامل ضد بیوفیلیمی در اسینتو باکتر، مواد پوشاننده سطح برای کنترل و درمان بیوفیلیم های اسینتوباکتر پرداخته شد و نتیجه مثبت تاثیر نانوذرات بر کاهش تولید بیوفیلیم را گزارش نمودند (۱۸).

اسلامی و همکاران در سال ۱۳۹۰ شمسی الگوی حساسیت و مقاومت آنتی بیوتیکی در سویه های اسینتوباکتر جدا شده از نمونه های بالینی بیمارستان آزاد تهران را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج مطالعه این گروه نشان از افزایش مقاومت سویه های اسینتوباکتر نسبت به آنتی بیوتیک های جنتامایسین و آمیکاسین بود که علت آن را به مصرف بی رویه آنتی بیوتیک ها نسبت دادند (۱۹).

محققان دیگری در صدد بودند تا تاثیر بیوفیلیم را در ثبات و بقای باکتری در محیط به خصوص در بیمارستان ها که عاملی برای ایجاد عفونت های بیمارستانی می باشد را نشان دهند. ویدالو همکاران در سال ۱۹۹۶ میلادی در خصوص ساختار بیوفیلیم ثابت نمودند که در باکتری اسینتوباکتر بومانی سلول های چسبنده ای که با روکش های گوناگونی پوشیده می شوند به شکل حد واسط در شرایط کمبود مواد غذایی تشکیل ساختار بیوفیلیم و پایدار می دهد. یافته ها حاکی از افزایش سریع در شمار و تعداد سلول های بیوفیلیم و افزایش نسبی در شمار سلول های حاوی مقاومت وجود دارد. این تحقیق ثابت کرد که وجود بیوفیلیم در اسینتوباکتر بومانی از این میکروارگانیسم در برابر فاکتورهای گوناگون ضد باکتریایی محافظت می کند (۲۰).

هم چنین به شکل خوراکی یا تماسی در بدن استفاده نمود. با توجه به اهمیت مقاومت آنتی بیوتیکی، مطالعه سایر ژن های ویروالانس مرتبط با بیوفیلم مانند کوروم سنسینگ و ارتباط آن با تولید بیوفیلم پیشنهاد می گردد.

سپاسگزاری

مقاله حاضر استنتاج شده از داده های پایان نامه مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق با شماره ۲۸۳۳۰۵۶۰۹۵۲۰۰۸ می باشد.

References

1. Abdiali A, Hendiani S, Mohammadi, P, Gharavi S. Assessment of biofilm formation and resistance to imipenem and ciprofloxacin among clinical isolates of acinetobacterbaumannii in Tehran. Jundishapour J Microbiol 2014; 7: 8606. doi: 10.5812/jjm.8606.
2. Amro NA, Kotra LP, Wadumesthrige K, Bulychev A, Mobashery SL. High resolution atomic force microscopy studies of the Escherichia coli outer membrane structural basis for permeability. Langmuir 2000; 16: 2789-96. doi: 10.1021/la991013x
3. Pourhajibagher M, Hashemi FB, Pourakbari B, Aziemzadeh M, Bahador A. Antimicrobial resistance of acinetobacter baumannii to imipenem in Iran a systematic review and meta-analysis. Open Microbiol J 2016; 10: 32-42. doi: 10.2174/1874285801610010032.
4. Aliakbarzade K, Farajnia S, Kariminik A. Prevalence of aminoglycoside resistance genes in Acinetobacter baumannii isolates from patients in Tabriz city. Jundishapour J Microbiol 2013; 6: 219-27. doi: 10.5812/jjm.11924
5. Sharma BK, Saha A, Rahaman L, Bhattacharjee S, Tribedi P. Silver Inhibits the biofilm formation of Pseudomonas aeruginosa. Adv Microbiol 2015; 5: 677-85. doi: 10.4236/aim.2015.510070.
6. Brossard KA, Campagnari AA. The Acinetobacter baumannii biofilm associated protein plays a role in adherence to human epithelial cells. Infect Immun 2012; 80: 228-33. doi: 10.1128/IAI.05913-11.
7. Donelli G, Vuotto C. Biofilm based infections in long term care facilities.

درمان موفق عفونت های ناشی از باکتری اسیتوباکتربومانی باشد. نتایج Real Time PCR نشان داد که به دنبال تیمار سویه ها با غلظت SubMIC نانوذرات نقره، تمامی سویه ها دارای کاهش بیان معناداری در ژن Bap ($P < 0.05$) نسبت به ژن کنترل بودند.

از آن جایی که نانوذرات نقره به عنوان نانوذرات فلزی اثرات خوبی را روی سویه های مورد آزمایش اسیتوباکتر دارند می توان از این ماده به شکل گسترده در ضد عفونی کردن محیط و پسماندهای بیمارستانی و

- Future Microbiol 2014; 9: 175-88. doi: 10.2217/fmb.13.149.
8. Doughari HJ, Ndakidemi PA, Human IS, Benade S. The ecology biology and pathogenesis of Acinetobacter spp. Microbes Environ 2011; 26: 101-12. doi: https://doi.org/10.1264/jsme2.ME10179.
9. Franci G, Falanga A, Galdiero S, Palomba L, Rai M, Morelli G, Galdiero M. Silver nanoparticles as potential antibacterial agents. Molecules 2015; 20: 8856-74. doi: 10.3390/molecules20058856.
10. Humberto HL, Garzatreveno EN, Ixtepanturrent L, Singh DK. Silver nanoparticles are broad spectrum bactericidal and virucidal compounds. J Nanobiotechnol 2011; 9: 1-8. doi: 10.1186/1477-3155-9-30.
11. Hwang ET, Lee JH, Chae YJ, Kim YS, Kim BC, Sang B, et al. Analysis of the toxic mode of action of silver nanoparticles using stress specific bioluminescent bacteria. Small 2008; 4: 746-50. doi: 10.1002/sml.200700954.
12. Jalali M, Rasuli I, Jahangiri A, Jalalinadushan M, Alipoor SH. Immunogenicity of amino acid region 7601-8140 in biofilm associated protein of Acinetobacter baumannii. Pathobiol 2014; 4: 15-26.
13. Freeman J, Falkiner FR, Keane CT. New method for detecting slime production by coagulase negative staphylococci. J Clin Pathol 1989; 42: 872-4.
14. Fishbain J, Peleg AY. Treatment of Acinetobacter infections. Clin Infect Dis 2010; 51: 79-84. doi: https://doi.org/10.1086/653120.

15. Gregorio ED, Del Franco M, Martinucci M, Roschetto E, Zarrilli R, Di Nocera PP. Biofilm associated proteins news from *Acinetobacter*. *BMC Genom* 2015; 16: 933. doi: 10.1186/s12864-015-2136-6.
16. Qi L, Li H, Zhang C, Liang B, Li J, Wang L, et al. Relationship between Antibiotic resistance biofilm formation and biofilm specific resistance in *Acinetobacter baumannii*. *Front Microbiol* 2016; 10: 483. doi: 10.3389/fmicb.2016.00483.
17. Azizi O, Shahcheraghi F, Salimizand H, Modarresi F, Shakibaie MR, Mansouri S, Ramazanzadeh R, et al. Molecular analysis and expression of bap gene in biofilm forming multi drug-resistant *Acinetobacter baumannii*. *Rep Biochem Mol Biol* 2016; 5: 68-74.
18. Singh R, Nadhe S, Wadhvani S, Shedbalkar U, Chopade B. A nanoparticles for control of biofilms of *Acinetobacter* species. *Mate Basel* 2016; 9: 383. doi: 10.3390/ma9050383.
19. Eslami K, Molaabbaszade H, Hamidi M, Bahmanabadi R. Antibiotic resistance pattern in *Acinetobacter* strains isolated from clinical specimens of Tehran arad hospital. *Front Microbiol* 2013; 19: 1-5.
20. Longo F, Vuotto, Donelli G. Biofilm formation by *Acinetobacter baumannii*. *New Microbiol* 2014; 37:119-27.
21. Hendiani S, Abdiali A, Mohammadi P, Kharrazi S. Synthesis of silver nanoparticles and its synergistic effects in combination with imipenem and two biocides against biofilm producing *Acinetobacter baumannii*. *Nanomed J* 2015; 2: 291-8. doi: 10.7508/nmj.2015.04.007.
22. Hendiani S, Abdiali A, Mohammadi P. Comparison of two methods for quantification of *Acinetobacter baumannii* biofilm formation. *Biol J Microorganism* 2014; 2: 51-6.

The Inhibitory Effects of Silver Nanoparticles on Bap Gene Expression in Antibiotic-Resistant *Acinetobacter* *baumannii* Isolates using Real-Time PCR

Pirigharaghie T¹, Sadatshandiz A^{2*}

(Received: May 26, 2018

Accepted: September 12, 2018)

Abstract

Introduction: *Acinetobacter baumannii* is one of the most common opportunistic pathogens in hospitals that are resistant to many antibiotics due to biofilm production. Nowadays, silver nanoparticles (AgNPs) have received wide attention in medicine due to their physical and chemical properties. This study aimed to evaluate the anti-biofilm activity of silver nanoparticles on antibiotic-resistant *A. baumannii* strains.

Materials & Methods: In this experimental study, *A. baumannii* was isolated from 100 clinical samples. After identification of *A. baumannii* strains and determination of antibiotic resistant profiles, biofilm-producing isolates were determined using Congo red agar at 37°C after 24 hours. The minimum inhibitory concentration (MIC) of the strains against AgNPs was determined. After 24 hours of exposure of the strains to

sub-MIC concentration of AgNPs, RNA extraction and cDNA synthesis were performed. Finally, Bap gene expression was measured using real time PCR method.

Finding: Out of 100 clinical isolates, 12 belonged to *A. baumannii*, and all the strains were resistant to antibiotics, except for colistin. Real-time PCR results show that all the strains had a significant down-regulation in Bap gene expression compared to the control gene ($P < 0.05$).

Discussion & Conclusions: According to the anti-biofilm effects of AgNPs, it seems that AgNPs can be used as drug candidates in pharmaceutical industries.

Keywords: *Acinetobacter baumannii*, Biofilm, Bap, Silver nanoparticle

1. Dept of Biology, East Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. Dept of Biology, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

* Corresponding author Email: Ata.sadatshandiz@iauctb.ac.ir