

مقایسه کمی حساسیت NASBA-ELISA و RT-PCR-ELISA در اندازه‌گیری رونویس الحاقی ژن‌های BCR-ABL بیماران مبتلا به CML علی ناظمی^۱، مجید صادقی زاده^۲، مهدی فروزنده مقدم^۳، غلامرضا جوادی^۴، مهرداد هاشمی^۵

^۱ دانشجوی دکتری ژنتیک مولکولی، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
^۲ دانشیار، گروه ژنتیک، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
^۳ دانشیار، گروه بیوتکنولوژی پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
^۴ دانشیار، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران
^۵ استادیار، گروه ژنتیک مولکولی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پزشکی تهران

چکیده

سابقه و هدف: بیماران مبتلا به لوسمی میلوئیدی مزمن (CML) دارای کروموزوم فیلادلفیا هستند. این کروموزوم حاصل جابجایی بازوهای بلند کروموزوم‌های ۹ و ۲۲ (q34;q11) بوده که منجر به ایجاد الحاق بین ژنهای BCR و ABL می‌گردد. در این مطالعه، تکنیک‌های RT-PCR و NASBA در تعیین رونویس‌های *bcr-abl* مقایسه شد.

روش بررسی: رونویس‌های الحاقی بطور مصنوعی سنتز و RNA از رده سلولی لوسمیک K562 استخراج گردید. سریال رقت هم از رونویس‌های الحاقی سنتز شده و هم RNA استخراج شده تهیه شد و سپس حساسیت هر دو تکنیک تعیین گردید. محصولات واکنش RT-PCR و NASBA با نسبت برابری به ترتیب با DIG-11-dUTP و DIG-11-UTP نشاندار شد. بدنبال دناتوراسیون، واکنش هیبریداسیون با پروب اختصاصی روی هر دو محصول انجام شد. محصولات در میکروپلیت‌های پوشیده شده با استرپتواویدین انکوبه شد. پس از شستشو پلیت‌ها، آنتی‌دیگ کونژوگه با پراکسیداز اضافه و با استفاده از سوبسترا ATBS فعالیت آنزیمی در طول موج ۴۰۵ نانومتر تعیین شد.

یافته‌ها: اختصاصیت هر دو روش یکسان بود، اما حساسیت RT-PCR-ELISA ۱۰۰ برابر بیشتر از روش NASBA-ELISA بود. به عبارتی RT-PCR-ELISA توانست ۱۰۰ پیگوگرم RNA کمتری را نسبت به NASBA-ELISA (۰/۰۰۶ در مقابل ۰/۰۰۶ پیگوگرم RNA) را شناسایی نماید. هم‌چنین میزان شناسایی سلول‌های لوسمیک توسط این دو روش به ترتیب ۴ و ۴۰۰ سلول بود. نتیجه‌گیری: با وجودی که NASBA به ترمال سیکلر نیازی ندارد، اما حساسیت آن کمتر از روش RT-PCR بوده و نمی‌تواند روش مناسبی برای ارزیابی کمی باشد.

واژگان کلیدی: RT-PCR-ELISA، NASBA-ELISA، رونویس‌های *bcr-abl*

مقدمه

لوسمی میلوئید مزمن (CML) یک بدخیمی کلونال سلول‌های بنیادی هماتوپیتیک (Hematopoietic stem cells)

می‌باشد که منجر به افزایش رده‌های سلولی میلوئید، اریترئید و مگاکاریوسیت در خون محیطی و هیپرپلازی میلوئید در مغز استخوان می‌گردد. CML با یک ناهنجاری سیتوژنتیکی به نام کروموزوم فیلادلفیا (Ph) همراه می‌باشد. این کروموزوم یک کروموزوم 22 کوتاه شده در نتیجه جابجایی متقابل (q34;q11)(t(9;22)) است که سبب الحاق ناحیه 3'

آدرس نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه زیست‌شناسی، علی ناظمی (email: Alinazemy@yahoo.com)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۶/۱۲/۲۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۷/۴/۱۸

پروتوانکوژن **c-abl** (9q34) با ناحیه 5' ژن **BCR** روی کروموزوم 22q11 می‌گردد. پروتئین‌های الحاقی **BCR-ABL** متنوعی بر اساس نقطه شکستگی درون ژن **BCR** ایجاد می‌گردد. تاکنون سه ناحیه شکستگی عمده درون ژن **BCR** شناسایی شده است (۱، ۲):

(M-BCR) Major-BCR -

(m-BCR) minor-BCR -

(μ -BCR) micro-BCR -

بیش از ۹۵ درصد از بیماران **CML** دارای ناحیه شکستگی در **M-BCR** می‌باشند. در مقابل مقرر شکستگی در ژن **ABL** نسبتاً ثابت بوده و معمولاً پیش از اگزوزن ۲ (a2) قرار دارد. در این الحاق‌ها، فعالیت تیروزین‌کینازی ژن **BCR** افزایش می‌یابد و با فسفوریلاسیون پروتئین‌های سیتوپلاسمی منجر به تکثیر سلولی، کاهش وابستگی به فاکتور رشد، مهار آپوپتوزیس و تغییر چسبندگی و سایر اثرات می‌گردد. در حال حاضر از روش‌های سیتوژنتیکی و مولکولی برای شناسایی t(9;22) در بیماران چه در نقطه شروع و چه در دوره درمان یا عود بیماری استفاده می‌گردد. در روش سیتوژنتیکی، آنالیز نوارگذاری کروموزوم‌ها به دلیل اختصاصیت زیاد و توانایی تشخیص نقائص کروموزومی اضافی که در بررسی وضعیت پیشرفت بیماری از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد، با ارزش است. با این وجود، آنالیز سیتوژنتیکی نیازمند سلول‌های مغز استخوان زنده با بیش از ۱۰ درصد بلاست‌های خون محیطی می‌باشد. در این روش تعداد سلول‌های قابل بررسی، حساسیت کاریوتایپینگ را تعیین می‌نماید و عواملی مانند فیروزیس که در تهیه مغز استخوان از طریق آسپیراسیون اختلال ایجاد می‌نمایند، سبب کاهش تعداد سلول‌ها و کاهش حساسیت این تکنیک می‌گردند. به هر حال در ۵ درصد موارد **CML** وقوع t(9;22) از طریق آنالیز سیتوژنتیکی قابل مشاهده نبوده و منجر به تفسیر کاریوتایپینگ منفی کاذب می‌گردد (۳-۶).

روش‌های مولکولی مورد استفاده برای تشخیص این اختلال عبارتند از: ساترن بلاتینگ، **FISH**، **RT-PCR** و **Real-time PCR**، پالس فیلد ژل الکتروفورزیس (**PFGE**)، **Nucleic acid sequence based amplification (NASBA)**، و سترن بلاتینگ (**Western Blotting**) (۷-۹). یک روش متغیر و جدید برای تکثیر و تشخیص رونویس‌های **bcr-abl**، **NASBA** می‌باشد. در این تکنیک ایزوترمال (بدون نیاز به **PCR Thermal cycler**) **RNA** مستقیماً در یک واکنش سه آنزیمی شامل **avian myeloblastosis virus reverse transcriptase** و **T7 RNA polymerase** و دو پرایمر تکثیر

می‌گردد. در مرحله اول **NASBA**، پرایمراول (که حدوداً ۴۵ باز طول دارد که ۲۰ باز انتهایی 3' آن با انتهایی 5' توالی هدف مکمل می‌باشد و مابقی آن توالی مربوط به پروموتور فاژ **T7** می‌باشد) با توالی **RNA** هدف متصل می‌گردد. آنزیم ترانس کریپتاز معکوس با استفاده از dNTPs انتهایی 3' پرایمر اول را تکثیر کرده و منجر به تولید **cDNA** می‌گردد. سپس **RNase H** در هیبرید **RNA-DNA** مولکول **RNA** را هیدرولیز می‌نماید. پرایمر دوم (حدوداً ۲۰ باز طول دارد و مکمل انتهایی 5' توالی هدف می‌باشد) به **cDNA** تکرشته‌ای متصل می‌گردد. آنزیم ترانس کریپتاز معکوس رشته دوم **DNA** از جمله توالی فاژ **T7** را سنتز می‌نماید. پس از دو رشته‌ای شدن، ناحیه پروموتوری آنزیم **T7 RNA polymerase** نسخ جدید از **RNA** (بیش از ۱۰۰ نسخه تنها از یک ملکول الگو) را تولید می‌نماید. هر یک از مولکول‌های جدید **RNA**، به عنوان الگو برای چرخه تکراری فرایند **NASBA** بکار می‌رود. در تکنیک **NASBA**، ۱۰ تا ۱۰۰ نسخه از **RNA** در هر مرحله رونویسی تولید می‌شود، به طوری که تنها ۴ تا ۵ دور برای یک تکثیر یک میلیونی (در مقایسه با ۲۰ سیکل واکنش مورد نیاز در **PCR**) کافی است (۱۰، ۶).

در روش **Real-time-NASBA** محصول واکنش از طریق پروب‌های نشاندار شده با مواد فلورسنت شناسایی می‌گردد. در حالی که در روش **NASBA-ELISA**، محصول حاصل از تکثیر با ملکول **Digoxigenin** نشاندار می‌گردد که آنها را می‌توان پس از هیبریداسیون با پروب بیوتینه مکمل به توالی هدف از طریق میکروپلیت‌های پوشیده شده با استرپتواویدین و آنتی‌بادی **Anti-DIG** کونژوگه‌شده با **HRP** در حضور سوبسترا **TMB** توسط **Reader** الایزا شناسایی نمود. مزیت روش **NASBA** در سرعت عمل بسیار بالاتر از روش **RT-PCR**، عدم نیاز به دستگاه ترمال سیکلر **PCR** و سیستم الکتروفورزیس می‌باشد (۱۱).

پاسخ به درمان را می‌توان با استفاده از سه روش هماتولوژیکی، سیتوژنتیکی و مولکولی اندازه‌گیری نمود. بهبودی هماتولوژیکی با شمارش گلبول‌های خونی و برگشت اندازه طحال به حد نرمال تعیین می‌گردد، درحالی که پاسخ سیتوژنتیکی بوسیله درصد سلول‌های **Ph+** باقیمانده تعیین می‌گردد. شناسایی بهبود بیماری از طریق روش‌های مولکولی از جمله **RT-PCR** یا **NASBA** نیز قابل اجرا می‌باشد.

با توجه به مقاومت سلول‌های سرطانی به داروهای مورد استفاده در شیمی درمانی و هم‌چنین عود بیماری پس از پیوند مغز استخوان، بررسی حداقل بیماری باقیمانده (**MRD**)

۶۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ ثانیه، ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ ثانیه و در پایان ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه.

T7pc1: 5'-AATTAATACGACTCACTATAGGGAGATG
GTTTGGGCTTCACACCATTC-3'
Pc2: 5'-GTTTCAGAAGCTTCTCCCTG-3'

در پایان محصول ۴۴۰ جفت بازی روی ژل آگارز ۲ درصد الکتروفورز شد.

واکنش NASBA روی یک میکرولیتر RNA استخراجی (۰/۱) میکروگرم در میکرولیتر) در حجم ۲۵ میکرولیتر شامل ۶/۵ میکرولیتر بافر ۵x آنزیم RT، ۵ میلی‌مول dNTP، ۲۵ میلی‌مول ATP، ۲۵ میلی‌مول GTP، ۲۵ میلی‌مول CTP، ۲۲ میلی‌مول TTP، ۳ میلی‌مول DIG-11-UTP، ۱۰ درصد DMSO و ۱۰ پیکومول پرایمرهای T7pc1 و pc2 انجام گرفت. ابتدا مخلوط واکنش فوق به مدت ۵ دقیقه در ۵۵ درجه سانتی‌گراد و سپس تا دمای ۴۲ درجه سانتی‌گراد خنک شد. سپس مخلوط آنزیمی ۴۰U M-Mulv Reverse Transcriptase (RT)، ۴۰U RNA polymerase T7، ۱۲U RNasin اضافه و به مدت ۹۰ دقیقه در ۴۲ درجه سانتی‌گراد اینکوبه شد. قطعه RNA ۴۲۰ نوکلئوتیدی واکنش NASBA همراه با بافر لودینگ دنا تورینگ (Fermentas) RNA روی ژل آگارز ۲ درصد الکتروفورز شد.

۱۳ میکرولیتر محصول واکنش RT-PCR نشاندار شده با Digoxigenin با ۲۵۰ پیکومول پروب بیوتینه (5'-Biotin-3'-GCATTCCGCTGACATCAATAAGG) و ۶۰ میکرولیتر بافر هیبریداسیون کیت PCR DIG Detection Roche مخلوط و به مدت یک دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد دنا توره و سپس تا دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد خنک شد. سپس به درون چاهک‌های میکروپلیت کوت شده با استرپتواویدین اضافه و به مدت یک ساعت در ۳۷ درجه سانتی‌گراد اینکوبه شد. پس از سه بار شستشوی چاهک‌ها با ۲۵۰ میکرولیتر بافر شستشوی کیت و خشک کردن آنها، ۱۰ میکرولیتر آنتی‌دیگ اکسی‌ژنین کونژوگه با پراکسیداز با غلظت ۰/۱ میلی‌یونیت به هر چاهک اضافه و به مدت ۳۰ دقیقه در ۳۷ درجه سانتی‌گراد اینکوبه شد. پس از شستشوی مجدد چاهک‌ها با بافر شستشو، ۱۰۰ میکرولیتر سوبسترا ATBS کیت به هر چاهک اضافه و میزان جذب نوری در طول موج ۴۰۵ نانومتر پس از ۲۰ دقیقه اندازه‌گیری شد.

پس از درمان دارویی و یا پیوند بسیار حائز اهمیت است. در این رابطه NASBA-ELISA نیمه کمی به دلیل عدم نیازمندی به دستگاه‌های پرهزینه و اجراء بسیار ساده‌تر در آزمایشگاه می‌تواند مورد توجه باشد (۱۲، ۶، ۳).

مواد و روشها

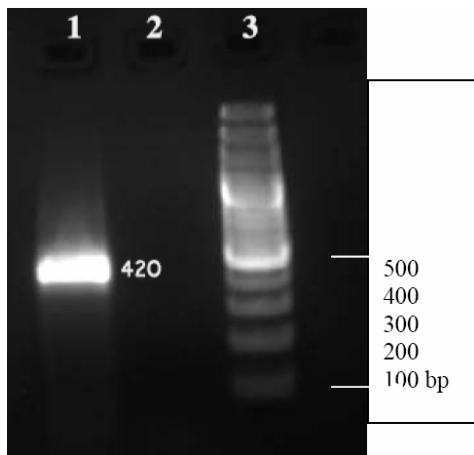
خون کامل حاوی ماده ضد انعقاد EDTA از سه بیمار مبتلا به CML شناسایی شده بر اساس ویژگی‌های هماتولوژیکی که به دو آزمایشگاه محلی در شهرستان رشت و تنکابن مراجعه کرده بودند، با رعایت مسائل اخلاقی و پزشکی تهیه گردید. سلول‌های خونی تک‌هسته‌ای پس از رقیق‌سازی خون با بافر فسفات به نسبت ۲:۱ و قرارگیری روی بالشتکی از محلول فایکول و سانتریفوژ در دور ۱۵۰۰ g به مدت ۲۰ دقیقه جدا گردید.

از طرف دیگر، سوسپانسیونی از کشت رده سلولی K562 (سلول حاوی کروموزوم فیلادلفیا با نقطه شکستگی M-BCR) در حدود ۱۰^۵ سلول در میلی‌لیتر از بخش بانک سلولی انستیتو پاستور ایران خریداری گردید.

RNA توتال از ۵۰ میکرولیتر سوسپانسیون تغلیظ شده سلولی بوسیله محلول استخراج RNA سیناژن (RNX) طبق دستورالعمل شرکت سازنده استخراج گردید. رسوب پس از خشک شدن در دمای اتاق در ۲۵ میکرولیتر آب مقطر عاری از RNase حل گردید.

واکنش RT-PCR به صورت دو مرحله‌ای روی یک میکرولیتر RNA (۰/۱) میکروگرم در میلی‌لیتر) استخراجی انجام شد. واکنش مرحله اول در حجم ۱۰ میکرولیتر حاوی ۰/۱ میکروگرم RNA، ۲/۵ میکرولیتر بافر آنزیم، ۵ میلی‌مول dNTP، ۱۲ واحد RNasin، ۱۰ پیکومول پرایمر T7pc1، ۱۰ DMSO درصد و ۱۰۰ واحد M-Mulv Reverse Transcriptase در دمای ۴۲ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت انجام شد. واکنش PCR با استفاده از پرایمرهای T7pc1 و pc2 در حجم ۲۵ میکرولیتر شامل یک میکرولیتر محصول واکنش رونویسی معکوس، ۲/۵ میکرولیتر بافر ۱۰x آنزیم، ۵۰ میلی‌مول MgCl₂، ۵ میلی‌مول dATP، ۵ میلی‌مول dGTP، ۴/۵۷ میلی‌مول dTTP، ۰/۲۵ میلی‌مول DIG/dUTP، ۱۰ پیکومول جفت پرایمرهای T7pc1 و pc2 و ۱/۵ واحد Taq DNA polymerase طبق برنامه زیر انجام گرفت: ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ دقیقه، سپس ۴۰ دور شامل ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ ثانیه،

یکسانی در بخشی از این دو قطعه مشاهده شد (شکل ۲).



شکل ۱- لاین ۱: محصول واکنش RT-PCR با طول ۴۲۰ جفت باز؛ لاین ۲: کنترل منفی؛ لاین ۳: سایز مارکر ۱۰۰ جفت بازی. شمای کلی واکنش NASBA در شکل ۳ نمایش داده شده است. تکثیر NASBA با استفاده از پرایمرهای T7pc1 و pc2

واکنش سنتز RNA الحاقی BCR-ABL روی محصول واکنش RT-PCR به‌عنوان الگو انجام شد. واکنش در حجم ۲۵ میکرولیتر شامل ۵ میکرولیتر بافر ۵x آنزیم، ۲۰ میلی‌مول هر یک از NTPs، ۰/۵ میکروگرم DNA الگو، ۱۲U RNasin و ۴۰U T7 RNA polymerase به مدت ۹۰ دقیقه در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انجام شد. پس از حذف DNA موجود در واکنش به وسیله آنزیم DNase I، بررسی کیفی و کمی روی آن انجام شد.

یافته‌ها

محصول تکثیر RT-PCR با استفاده از پرایمرهای T7pc1 و pc2 روی RNA استخراج شده از سلول‌های K562 بدست آمد (شکل ۱). قطعه ۴۴۰ جفت بازی با استفاده از پرایمر pc2 (شرکت TAG دانمارک) تعیین توالی شد. توالی بدست آمده بوسیله نرم افزار DNAMAN با توالی کامل b3a2 RNA مقایسه گردید. توالی

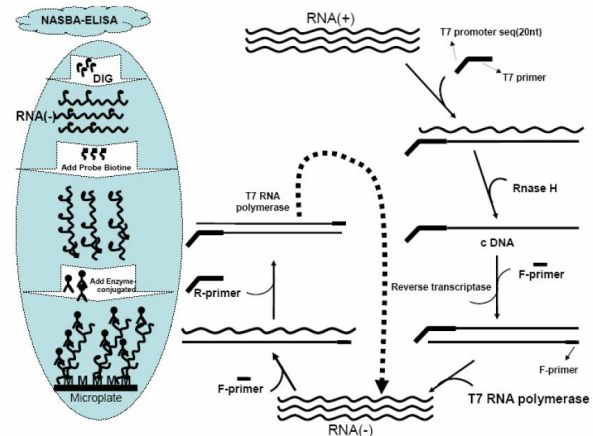
NCBI_SEQUENCE_BC	AAGAAGTGTTCAGAAGCTTCTCCCTGACATCCGTGGAGC	240
SAMPLE-FORWARD_PCGN	3
Consensus	g	
NCBI_SEQUENCE_BC	TGCAGATGCTGACCAACTCGTGTGTGAACTCCAGACTGT	280
SAMPLE-FORWARD_P	TACNCGAGCTGAC..ACTCGTGTGTGAA..CTCCAGACTGT	40
Consensus	t c gctgac actcgtgtgtgaa ctccagactgt	
NCBI_SEQUENCE_BC	CCACAGCATTCCGCTGACCATCAATAAGGAAGATGATGAG	320
SAMPLE-FORWARD_P	CCACAGCATTCCGCTGACCATCAATAAGGAAGATGATGAG	80
Consensus	ccacagcattccgctgaccatcaataaggaagatgatgag	
NCBI_SEQUENCE_BC	TCTCCGGGGCTCTATGGGTTTCTGAAATGTCATCGTCCACT	360
SAMPLE-FORWARD_P	TCTCCGGGGCTCTATGGGTTTCTGAAATGTCATCGTCCACT	120
Consensus	tctccggggctctatgggtttctgaaatgcatcgtccact	
NCBI_SEQUENCE_BC	CAGCCACTGGATTTAAGCAGAGTTCAAAAGCCCTTCAGCG	400
SAMPLE-FORWARD_P	CAGCCACTGGATTTAAGCAGAGTTCAAAAGCCCTTCAGCG	160
Consensus	cagccactggatttaagcagagttcaaaagcccttcagcg	
NCBI_SEQUENCE_BC	GCCAGTAGCATCTGACTTTGAGCCTCAGGGTCTGAGTGAA	440
SAMPLE-FORWARD_P	GCCAGTAGCATCTGACTTTGAGCCTCAGGGTCTGAGTGAA	200
Consensus	gccagtagcatctgactttgagcctcagggctctgagttaa	
NCBI_SEQUENCE_BC	GCCGCTCGTTGGAATCTCCAAGGAAAACCTTCTCGCTGGAC	480
SAMPLE-FORWARD_P	GCCGCTCGTTGGAATCTCCCTATAGTGAGTCTGATTAGAAT	240
Consensus	gccgctcgttgga ctcc a t t g a	
NCBI_SEQUENCE_BC	CCAGTGAAAATGACCCCAACCTTTTCCTGCACTGTATGA	520
SAMPLE-FORWARD_P	TANAGGGANGNNCNCANNANTNTCNCNCTGNACTGNATNA	280
Consensus	g a c cca t tc tg actg at a	
NCBI_SEQUENCE_BC	TTTTGTGGCCAGTGGAGATAACACTCTAAGCATAAATAAAA	560
SAMPLE-FORWARD_P	TATTNTAAATTAGNGGANANNACNCTCTNNNNANANANNNN	320
Consensus	t tt t ag gga a ac ctct a a	
NCBI_SEQUENCE_BC	GGTGAAAAGCTCCGGGTCTTAGGCTATAATCACAAATGGGG	600
SAMPLE-FORWARD_P	NGNGNNAANCTNCGGNCNTNANGNTANANNACANNNNNN	360
Consensus	g g aa ct c gg ct a g ta a caca	
NCBI_SEQUENCE_BC	AATGGTGTGAAGCCAAAACCAAAATGGCCAAGGCTGGGT	640
SAMPLE-FORWARD_P	AANGNNGNNNNNCNNNANNNNNNNNGGANNNNNNNNNN	400
Consensus	aa g g cc a gg	

شکل ۲- مقایسه توالی محصول RT-PCR با توالی کامل mRNA رونویس bcr-abl.

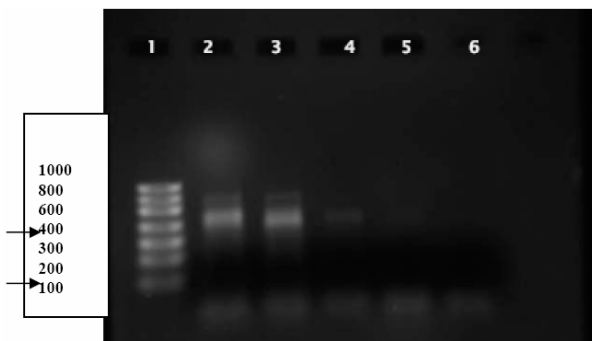
ردیف اول از بالا توالی رونویس bcr-abl، ردیف دوم از بالا توالی سکانس شده محصول RT-PCR و ردیف سوم از بالا نوکلئوتیدی یکسان بین آنها را نشان می‌دهد.

کاهش غلظت RNA الگو متناسب می باشد، به طوری که در غلظت‌های ۶۰۰ پیکوگرم (معادل $10^8 \times 4/2$ نسخه RNA الگو) و ۶۰ پیکوگرم (معادل $10^7 \times 4/2$ نسخه RNA الگو) نوار تکثیری مشاهده شد. در حالی که در غلظت ۶ پیکوگرم (معادل $10^6 \times 4/2$ نسخه RNA الگو) نوار تکثیری بسیار ضعیف و در غلظت‌های کمتر از آن هیچ نواری مشاهده نشد. این نتایج در شکل ۵ نمایش داده شده است. هم چنین واکنش فوق در حضور DIG-11-UTP (به نسبت ۱/۲۰ UTP) روی سریال رقت اجرا شد. محصول واکنش هیبرید شده با پروب اختصاصی بیوتینه درون میکروپلیت‌های پوشانده شده با استریتاوانیدین اینکوبه گردید. پس از شستشو و اضافه کردن آنتی دیگ کونژوگه به آنزیم پراکسیداز و سپس سوبسترای ATBS، میزان رنگ تولیدی در هر چاهک بوسیله ELISA Reader در طول موج ۴۰۵ نانومتر اندازه‌گیری شد (نمودار ۱). نتایج بدست آمده با نتایج حاصله از الکتروفورز روی ژل آگاروز مطابقت داشت. با این وجود حساسیت شناسایی در روش دوم کمی بیشتر است، به طوری که کمی جذب در غلظت ۰/۶ پیکوگرم مشاهده شد.

روی RNA استخراج شده از سلول‌های K562 و سلول‌های طبیعی به عنوان کنترل اجرا شد (شکل ۴). نتیجه واکنش اکثر یک قطعه RNA ۴۲۰ نوکلئوتیدی و یک قطعه DNA ۴۴۰ نوکلئوتیدی است که روی ژل آگاروز در شرایط دناتورینگ کمی بالاتر از نوار RNA قرار می‌گیرد.

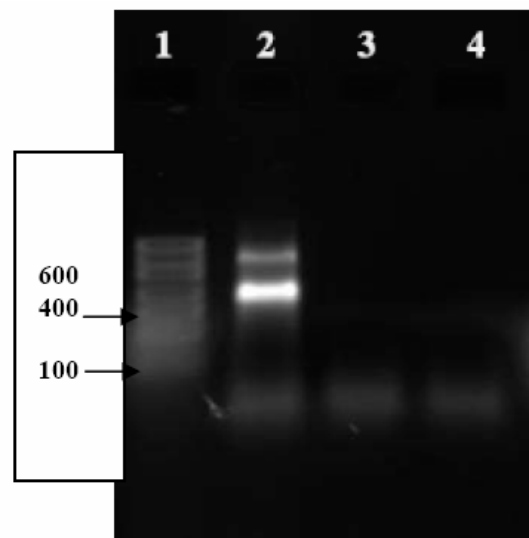


شکل ۳- شمای کلی واکنش NASBA-ELISA.



شکل ۵- لاین ۱: سایز مارکر RNA (فرمنتاس)؛ لاین ۲: واکنش NASBA روی RNA اختصاصی سنتز شده *In vitro* با غلظت 600 pg (4.2×10^8 RNA)؛ لاین ۳: روی غلظت (4.2×10^7 RNA) 60 pg؛ لاین ۴: روی غلظت 6 pg (4.2×10^6 RNA)؛ لاین ۵: روی غلظت 0.6 pg (4.2×10^5 RNA)؛ لاین ۶: روی غلظت 0.06 pg (4.2×10^4 RNA)

هم چون مرحله قبل واکنش RT-PCR دو مرحله‌ای روی سریال رقت RNA های الحاقی CML سنتز شده *in vitro* از غلظت ۶۰۰ پیکوگرم تا ۰/۰۰۰۶ پیکوگرم اجرا و نتیجه روی ژل آگاروز تحت شرایط دناتورینگ الکتروفورز شد (شکل ۶). میزان تکثیر با کاهش رقت متناسب بوده، به طوری که از رقت‌های ۶۰۰ پیکوگرم (معادل $10^8 \times 4/2$ نسخه RNA الگو) تا ۰/۰۶ پیکوگرم (معادل $10^4 \times 4/2$ نسخه RNA الگو) نوار

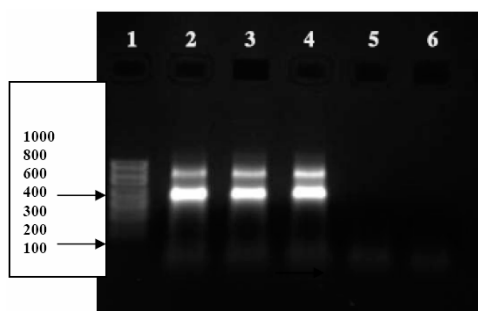


شکل ۴- لاین ۱: سایز مارکر RNA فرمنتاس؛ لاین ۲: محصول واکنش NASBA روی RNA سلول K562؛ لاین ۳: محصول واکنش NASBA روی RNA لنفوسیت های خون محیطی فرد طبیعی؛ لاین ۴: محصول واکنش NASBA روی نمونه آب (کنترل منفی).

به منظور تعیین حساسیت روش NASBA در شناسایی رونویس‌های الحاقی CML، واکنش روی یک سریال رقتی از RNA الحاقی سنتز شده در *in vitro* و خالص شده از ۶۰۰ پیکوگرم تا ۰/۰۶ پیکوگرم اجرا شد و نتیجه واکنش روی ژل آگاروز تحت شرایط دناتورینگ الکتروفورز شد. میزان تکثیر با

هم چنین به منظور تعیین حساسیت این دو روش روی تعداد سلول‌های K562، پس از تعیین رقت سلولی و شمارش سلول‌ها زیر میکروسکوپ، استخراج RNA از هر رقت سلولی انجام شد و سپس واکنش NASBA و RT-PCR بطور مجزا روی هر رقت اجرا شد. به دلیل حساسیت بیشتر روش ELISA نسبت به الکتروفورز روی ژل آگاروز، محصولات این دو واکنش به ترتیب با DIG-11-UTP و DIG-11-dUTP با نسبت برابر (۱/۲۰) نشاندار شد. سپس با پروب اختصاصی بیوتینه یکسان هیبرید و از طریق میکروپلیت‌های پوشانده شده با استرپتواویدین شناسایی شد. نتایج این دو واکنش در نمودار های ۳ و ۴ به نمایش در آمده است. این نتایج نشان می دهد که برای شناسایی رونویس های الحاقی CML از طریق روش NASBA و RT-PCR به RNA استخراج شده به ترتیب از ۴۰۰ و ۴ سلول نیاز است.

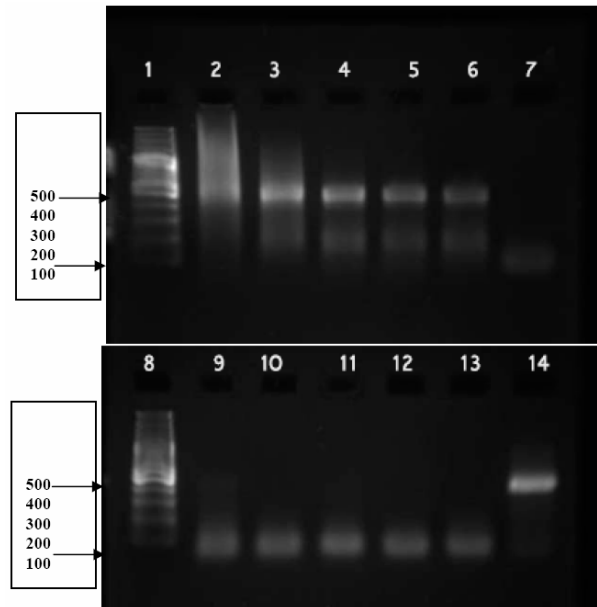
نمونه خون سه بیمار مبتلا به CML که از طریق پارامترهای هماتولوژیکی در آزمایشگاه‌های محلی در شهرستان‌های رشت و تنکابن شناسایی شده بود، به همراه نمونه‌های خون افراد طبیعی با بافر فسفات رقیق و بوسیله محلول فایکول لنفوسیت‌های آنها جدا شد. پس از استخراج RNA توتال از آنها رسوب RNA در ۱۰ میکرولیتر آب مقطر عاری از RNase حل و در واکنش NASBA مورد استفاده قرار گرفت. سپس محصولات واکنش روی ژل آگاروز تحت شرایط دنا تورینگ الکتروفورز شد. نتایج واکنش‌های فوق در شکل ۷ به نمایش در آمده است.



شکل ۷-۱: سایز مارکر RNA فرمنتاس؛ لاین ۲: محصول واکنش NASBA روی نمونه بیمار؛ لاین ۳: محصول واکنش NASBA روی نمونه بیمار؛ لاین ۴: محصول واکنش NASBA روی نمونه بیمار؛ لاین ۵: واکنش NASBA روی نمونه فرد سالم؛ لاین ۶: کنترل منفی.

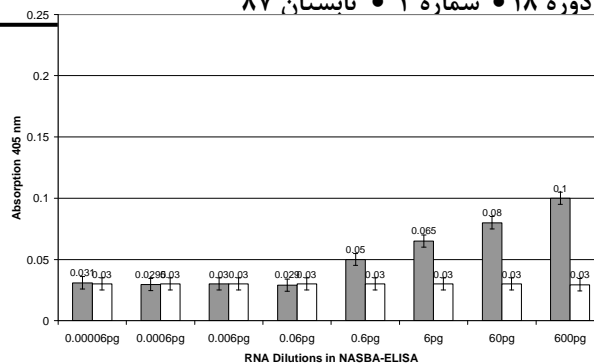
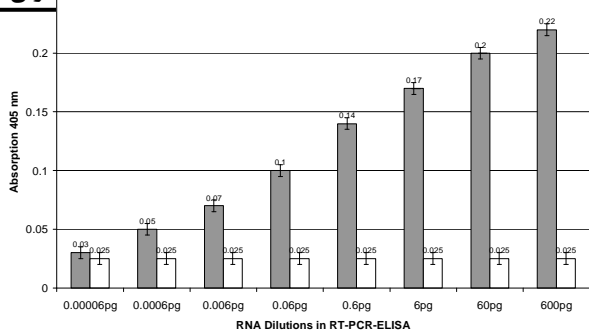
بحث

تکثیر مشاهده گردید، اما کمتر از این رقت نواری مشاهده نشد.



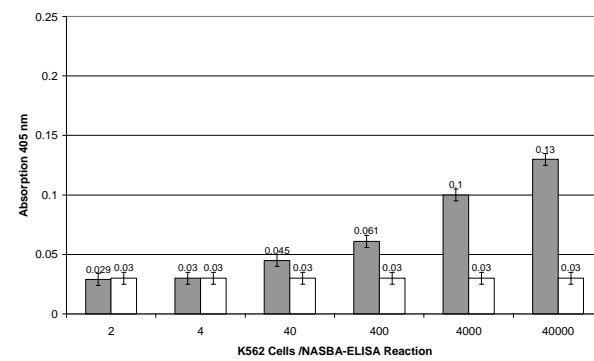
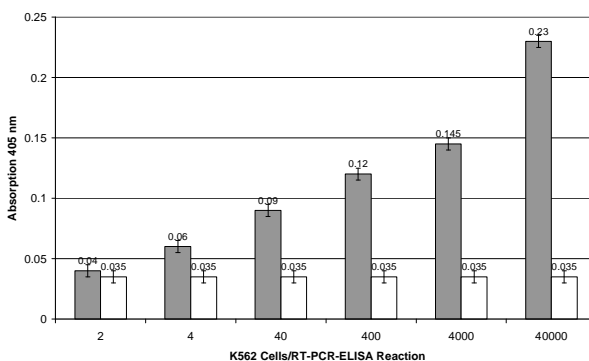
شکل ۶-۱: سایز مارکر DNA (فرمنتاس)؛ لاین ۲: واکنش RT-PCR روی غلظت 600 pg RNA (4.2×108)؛ لاین ۳: واکنش RT-PCR روی غلظت 60 pg RNA (4.2×107)؛ لاین ۴: واکنش RT-PCR روی غلظت 6 pg RNA (4.2×106)؛ لاین ۵: واکنش RT-PCR روی غلظت 0.6 pg RNA (4.2×105)؛ لاین ۶: واکنش RT-PCR روی غلظت 0.06 pg RNA (4.2×104)؛ لاین ۷: واکنش RT-PCR روی سلول K562؛ لاین ۸: سایز مارکر DNA (فرمنتاس)؛ لاین ۹: واکنش RT-PCR روی غلظت 0.006 pg RNA (4.2×103)؛ لاین ۱۰: واکنش RT-PCR روی غلظت 0.0006 pg RNA (4.2×102)؛ لاین ۱۱: واکنش RT-PCR روی غلظت 0.00006 pg RNA (4.2×101)؛ لاین ۱۲: واکنش RT-PCR روی RNA استخراج شده از لنفوسیت های فرد طبیعی؛ لاین ۱۳: واکنش RT-PCR روی H2O؛ لاین ۱۴: واکنش RT-PCR روی ۴ سلول K562.

نتیجه واکنش فوق علاوه بر سیستم شناسایی الکتروفورز روی ژل آگاروز، از طریق ELISA نیز بررسی شد. واکنش RT-PCR در مجاورت DIG-11-dUTP (به نسبت ۱/۲۰ dTTP) اجرا شد. محصول واکنش پس از دنا توراسیون و هیبریداسیون با پروب اختصاصی بیوتینه به درون میکروپلیت‌های پوشیده شده با استرپتواویدین اینکوبه و سپس از طریق آنتی دیگ اکسی ژنین کونژوگه با آنزیم پراکسیداز و سوبسترا ATBS شناسایی شد. نتایج میزان جذب نوری در طول موج ۴۰۵ نانومتر در نمودار ۲ به نمایش در آمده است. در این روش حساسیت تشخیص محصول واکنش تا رقت ۰/۰۰۶ پیکوگرم (معادل $10^3 \times 4/2$ نسخه RNA الگو) افزایش یافت.



نمودار ۲- واکنش RT-PCR-ELISA روی سریال رقت RNA سنتز شده.

نمودار ۱- واکنش NASBA-ELISA روی سریال رقتی از RNA سنتز شده In Vitro.



نمودار ۴- واکنش RT-PCR-ELISA روی رقت های مختلف از سلول K562.

نمودار ۳- واکنش NASBA-ELISA روی رقت های مختلفی از سلول K562.

اختصاصیت و حساسیت به هزینه و تجهیزات لازم برای اجرا و هم چنین مدت زمان اجرای آن نیز باید توجه نمود. در گزارش Sooknanan و همکارانش بر پایه روش Nested-NASBA برای تکثیر رونویس های الحاقی CML حداکثر حساسیت گزارش شده توسط آنها، 5ng RNA است که تقریباً معادل RNA استخراج شده از ۱۰۰۰ سلول لوسمی می باشد (۱۲).

در این تحقیق برای شناسایی محصول تکثیری از سیستم بیوتین-استرپتواویدین برای تثبیت محصول در درون میکروپلیت و از سیستم DIG-Anti-DIG conjugated (Roche) برای شناسایی محصولات تثبیت شده استفاده نمودیم. پروب بیوتینه اختصاصی برای رونویس الحاقی به گونه ای طراحی گردید که در هر دو سیستم قابل استفاده باشد تا مقایسه صحیح تری را برای ما فراهم نماید.

هر چند در این تحقیق اختصاصیت این دو روش با یکدیگر برابر می باشد، اما میزان حساسیت روش RT-PCR-ELISA حداقل ۱۰۰ برابر بیشتر از روش NASBA-ELISA بوده است که این حساسیت تنها نشان دهنده عملکرد این دو روش نمی باشد. زیرا مرحله قبل از آن یعنی استخراج RNA بعنوان مرحله ای تاثیرگذار بر حساسیت مطرح است. در این مطالعه،

در حال حاضر مهم ترین روش های تکثیری بر پایه RNA برای آنالیز مولکولی جایابی های کروموزومی همراه با تومورهای هماتوپویتیک را می توان به دو دسته شامل روش غیرمستقیم و ترمال RT-PCR و روش مستقیم و ایزوترمال NASBA دسته بندی نمود.

هر دو تکنیک RT-PCR و NASBA دارای مزیت ها و معایبی می باشند. از نظر تئوری تفاوتی بین اختصاصیت و حساسیت این دو روش وجود ندارد. هر چند حساسیت این روش ها به پارامترهای مختلفی بستگی دارد که از آن جمله می توان به روش استخراج RNA و شرایط تکثیر هر یک اشاره نمود. اما در عمل حساسیت روش NASBA از RT-PCR کمتر است. یکی دیگر از ویژگی های روش RT-PCR عدم استفاده از آنزیم RNA polymerase T7 و پرایمرهای طویل تر در مقایسه با روش NASBA می باشد. همین طور از ویژگی های روش NASBA می توان به فقدان آلودگی ثانویه در آن به دلیل پایداری اندک RNA در محیط، عدم نیاز به دستگاه ترمال سیکلر و زمان کوتاه تر آن اشاره نمود.

به هر حال زمانی که هدف از توسعه یک تکنیک مولکولی گسترش آن در آزمایشگاه های ژنتیک است، علاوه بر

در این تحقیق همچنین واکنش NASBA-ELISA روی RNA استخراج شده از لنفوسیت‌های جدا شده از یک میلی‌لیتر خون محیطی سه بیمار مبتلا به CML در مرحله اولیه برای تایید عملکرد تکنیک انجام گرفت. میزان جذب بدست آمده در آنها و مقایسه نسبی آن با منحنی استاندارد نمونه‌های کنترل، تعداد سلول‌های تقریباً ۵۰۰۰۰-۴۰۰۰۰ را در هر یک از آنها نشان داد.

ما از کیت استخراج RNA شرکت سیناژن با نام تجاری RNX Solution استفاده نمودیم که یک روش استخراج Low copy number بوده و تاثیری بر حساسیت روش‌های فوق ندارد.

از اجرای واکنش RT-PCR-ELISA و NASBA-ELISA روی سریال رقت RNA سنتز شده در *In vitro* میتوان یک منحنی استاندارد رسم نمود که با مقایسه میزان جذب نمونه در هر دو روش با منحنی استاندارد، تعداد کپی رونویس‌های الحاقی را بطور نسبی تعیین می‌نماید.

REFERENCES

1. Inukai T, Sugita K, Suzuki T. A novel 203 kD aberrant bcr-abl product in a girl with Philadelphia chromosome positive acute lymphoblastic leukaemia. *Br J Haematol* 1993;85:823-25.
2. Sawyers CL, Timson L, Kawasaki ES. Molecular relapse in chronic myelogenous leukemia patients after bone marrow transplantation detected by polymerase chain reaction. *Proc Natl Acad Sci USA* 1990;87:563-67.
3. Bagg A. Chronic myeloid leukemia: A minimalistic view of post-therapeutic monitoring. *J Mol Diag* 2002;1:1-9.
4. Chasseriau J, Rivet J, Bilan F, Chomel JC, Guilhot F, Bourmeyster N, et al. Characterization of the different BCR-ABL transcripts with a single Multiplex RT-PCR. *J Mol Diag* 2004;6:343-47.
5. Gutierrez M, Timson G, Siraj AK, Barbhaya S, Banavali S, Bhatia K. Single monochrome real-time RT-PCR assay for identification, quantification and breakpoint cluster region determination of t(9;22) transcripts. *J Mol Diag* 2005;7:40-47.
6. Zhang JG, Goldman JM, Cross NCP. Characterization of genomic BCR-ABL breakpoints in chronic myeloid leukemia by PCR. *Br J Haematol* 1995;90:138-46.
7. Amabile M, Giannini B, Testoni N, Montefusco V, Rosti G, Zardini C, et al. Real-time quantification of different types of bcr-abl transcript in chronic myeloid leukemia. *Haematologica* 2001;86:252-59.
8. Campanini F, Santucci MA, Pattacini L, Brusa G, Piccioli M, Barbieri E, et al. Competitive polymerase chain reaction as a method to detect the amplification of bcr-abl gene of chronic myeloid leukemia. *Haematologica* 2001;86:167-73.
9. Martin S, Lennon S, Bonham A, Cotter T. Induction of apoptosis in human leukemic cells by inhibitions of RNA or protein synthesis. *J Immunol* 1990;145:1859-67.
10. Compton J. Nucleic acid sequence based amplification. *Nature* 1991;350:91-92.
11. Hayashi T, Kobayashi H, Miyachi H, Ohshima T, Ujiiye T, Kawase M, et al. A competitive nucleic acid sequence-based amplification assay for the quantification of human MDR1 transcript in leukemia cells. *Clinica Chimica Acta* 2004;342:115-26.
12. Sooknanan R, Malek L, Wang XH, Keating A. Detection and direct sequence identification of BCR-ABL mRNA in ph+ chronic myeloid leukemia. *Exp Hematol* 1993;21:1719-24.