

مهار مسیرهای سیگنالی فاکتورهای رشد توسط داروی ایماتینیب مسیلات در سلول‌های لایدیگ نرمال موشی

سیدمحمد رضا هاشم‌نیا^۱، فاطمه خردمند*^۲، فرزانه نوری^۳، شیوا روشن میلانی^۴

تاریخ دریافت 1392/04/18 تاریخ پذیرش 1392/06/28

چکیده

پیش زمینه و هدف: تکثیر سلول‌های سرطانی ممکن است از فسفوریلاسیون غیر طبیعی مسیرهای سیگنالی پایین دست گیرنده‌های تیروزین کینازی چون گیرنده‌های فاکتورهای رشد مشتق از پلاکت α (PDGFR- α) و β (PDGFR- β) ناشی شود. به دلیل نقش حیاتی این مسیرها در سلول‌های طبیعی، درمان سرطان‌ها با داروهای مهار کننده تیروزین کینازی مانند ایماتینیب مسیلات اغلب منجر به اختلالات عملکرد سلول‌های طبیعی همانند سلول‌های لایدیگ می‌شود. هدف این تحقیق بررسی میزان آپوپتوز و فسفوریلاسیون PDGFR- α و PDGFR- β در سلول‌های لایدیگ نرمال موشی در مواجهه با داروی ایماتینیب می‌باشد.

مواد و روش‌ها: سلول‌های لایدیگ موشی TM3 با غلظت‌های ۰، ۰۵، ۱، ۲، ۵، ۱۰ و ۲۰ میکرو مول داروی ایماتینیب به مدت ۲، ۴ و ۶ روز تیمار گشتند. میزان آپوپتوز و فسفوریلاسیون گیرنده‌های PDGF به ترتیب با روش‌های اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاسپاز ۳ و ایمونواسی فلورسانس بررسی گردید. جهت تحلیل داده‌ها از تست‌های ANOVA و t-test استفاده شد.

یافته‌ها: میزان فسفوریلاسیون PDGFR- α در گروه تیمار شده با دارو (۰/۲۱±۰/۰۸) و گروه کنترل (۰/۳۵±۰/۱۳) تفاوت آماری معنی‌داری داشت ($P<0/05$) و با افزایش دوز دارو میزان فسفوریلاسیون کاهش بیشتری می‌یافت ($P<0/05$). میزان آپوپتوز و فسفوریلاسیون PDGFR- β در بین دو گروه تفاوت آماری معنی‌داری نداشت، هر چند که با افزایش مدت زمان مواجهه میزان PDGFR- β نیز کاهش بیشتری نشان داد ($P<0/05$).

نتیجه‌گیری: داروی ایماتینیب با مهار مسیرهای سیگنالی پایین دست فاکتورهای رشد خصوصاً مهار فسفوریلاسیون PDGFR- α در سلول‌های لایدیگ نرمال ممکن است باعث اختلال در رشد این سلول‌ها گردد. به نظر می‌رسد که این دارو تأثیری در فعال سازی مسیرهای آپوپتوزی این سلول‌ها ندارد.

کلید واژه‌ها: آپوپتوز، ایماتینیب مسیلات، سلول‌های لایدیگ، گیرنده‌ی فاکتور رشد مشتق از پلاکت

مجله پزشکی ارومیه، دوره بیست و چهارم، شماره نهم، ص ۷۱۸-۷۱۱، آذر ۱۳۹۲

آدرس مکاتبه: دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، دانشکده پزشکی، گروه بیوشیمی بالینی، تلفن: ۰۹۱۴۳۴۱۶۶۶۰

Email: fkheradmand@yahoo.com

مقدمه

سرطان‌ها با داروهایی چون داروهای مهار کننده تیروزین کیناز اغلب منجر به اختلالات عملکرد سلول‌های طبیعی می‌شود (۱).

(۲) داروی ایماتینیب یکی از اولین داروهای مهار کننده تیروزین کینازی است که با اتصال به جایگاه ATP از کینازهای فوق‌الذکر، اتصال طبیعی ATP را مهار کرده و گیرنده‌های تیروزین کینازی PDGF و C-Kit را مهار می‌نماید (۳).

در سرطان‌ها روندهای تکثیر سلولی، تمایز، تهاجم و متاستاز از فسفوریلاسیون غیرطبیعی پروتئین‌ها در مسیرهای سیگنالی تیروزین کینازهایی چون فاکتورهای رشد مشتق از پلاکت α (PDGFR- α) و β (PDGFR- β)، c-kit و Abl-bcl ناشی می‌شود. اما از آنجا که این مسیرهای سیگنالی در سلول‌های طبیعی نیز عملکردهای حیاتی مهمی را میانجی‌گری می‌نمایند، درمان

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد بیوشیمی بالینی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه

^۲ استادیار، دکتری تخصصی بیوشیمی بالینی، مرکز تحقیقات سلولی و مولکولی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه (نویسنده مسئول)

^۳ استادیار، دکتری تخصصی فیزیولوژی تغذیه ی آبریان، دانشگاه ارومیه، پژوهشکده آرتیمیا و جانوران آبری

^۴ استادیار، دکتری تخصصی فیزیولوژی، مرکز تحقیقات نوروفیزیولوژی دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه

حاوی ۲/۵ درصد سرم جنینی گاوی (PAA, UK) و ۵ درصد سرم اسبی (PAA, UK)، ۱۰۰ U/ml پنی‌سیلین کشت داده شده و در انکوباتور با میزان رطوبت ۹۰ درصد، CO₂ ۵ درصد و دمای ۳۷ درجه قرار داده شدند. محیط کشت سلول‌ها هر ۲۴ ساعت تعویض شد. پاساژ سلول‌ها هر دو الی سه روز و با محلول تریپسین-EDTA انجام می‌شد. شمارش سلول‌ها با کمک لام نئوبار صورت گرفت. در تمامی آزمون‌ها ابتدا درصد سلول‌های زنده با رنگ تریپان بلو تعیین گردید که همواره بالای ۹۵ درصد بود. بعد از دو بار پاساژ دادن سلول‌ها به پلیت ۹۶ خانه (در هر خانه ۳۰۰۰ سلول) منتقل شدند. (به استثنای آزمایش تعیین فعالیت کاسپاز ۳ که فقط در فلاسک‌های T25 انجام شد). سلول‌ها بعد از گذراندن ۲۴ ساعت با غلظت‌های ۰، ۲، ۵، ۱۰ و ۲۰ میکرو مول دارو به مدت ۴، ۶ و ۲۴ روز تیمار شدند.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاسپاز ۳.

میزان آپوپتوز با اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاسپاز ۳ با استفاده از کیت کاریمتری Caspase-3/CPP32 (BioVision, Inc., USA) اندازه‌گیری گردید. اساس این روش تشخیص توالی‌های خاص اسیدهای آمینه در سوبسترا توسط کاسپازها می‌باشد. سوبستراها یک تتراپپتید می‌باشند که با ماده رنگی پارانیتروانیلین (p-NA) نشان‌دار شده‌اند. در اثر واکنش کاسپازها با سوبسترا، از آن جدا می‌شود و تولید رنگ زرد می‌کند که توسط دستگاه الایزا، جذب نوری آن در طول موج ۴۰۵ نانومتر محاسبه می‌شود. میزان تولید رنگ در اثر شکسته شدن سوبسترا متناسب با فعالیت آنزیمی کاسپاز در نمونه مورد نظر است. برای انجام این آزمایش بعد از اتمام زمان تیمار، سلول‌ها به ۵۰ میکرو لیتر بافر لیز کننده سلول منتقل شده و پس از ۱۰ دقیقه انکوباسیون در روی یخ، به مدت ۱ دقیقه در ۱۰۰۰۰ سانتریفیوژ گردیدند. سپس ۱۰۰ میکرو گرم از مایع رویی در ۵۰ میکرو لیتر بافر لیز کننده رقیق گشته و ۵۰ میکرو لیتر بافر واکنشگر 2X به همراه ۵ میکرو لیتر سوبسترای اختصاصی کاسپاز (DEVD-pNA) به چاهک‌ها اضافه و به مدت یک ساعت در ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند، سپس جذب نوری آن محاسبه گردید.

ایمونواسی‌های گیرنده‌های فاکتور رشد مشتق از پلاکت *آلفا* و *بتا*ی فسفوریله.

ایمونواسی‌های PDGFR- α و PDGFR- β برای اندازه‌گیری میزان فسفریلاسیون سطوح ریشه‌های تیروزینی برای گیرنده‌های *آلفا* (Y742) و *بتا* (Y1021) طبق دستورالعمل شرکت سازنده اندازه‌گیری شدند (R&D Systems, MN 55413, USA). به طور خلاصه به دنبال تحریک، سلول‌ها در چاهک‌ها ثابت و

PDGF ها عضو خانواده میتوژن‌ها هستند و مانند دیگر عضوهای این خانواده روندهای تمایز، تکثیر و مهاجرت را در سلول‌ها میانجی‌گری می‌کنند. PDGF ها از دو زنجیر پلی پپتیدی دیمر تشکیل شده‌اند و شامل انواع مختلف (AA-BB-AB-CC-DD) با تمایل اتصال نسبی به سه نوع گیرنده ($\beta\beta$ - $\beta\alpha$ - $\alpha\alpha$) می‌باشند (۴، ۵). سلول‌های لایدیگ جنینی و بالغ هر دو نوع از گیرنده‌های PDGF و تمام لیگندهای آن‌ها را بیان می‌نمایند که همگی نقش بسیار مهمی در تکثیر و تکامل سلول‌های لایدیگ بالغ و ترشح تستسترون ایفا می‌نمایند (۶، ۷). در واقع این فاکتورهای و گیرنده‌های تیروزین کینازی آن‌ها به عنوان یک عامل کلیدی برای تکامل سلول‌های اسپرماتوگونی و لایدیگ بیضه در موش‌های صحرایی نابالغ معرفی شده‌اند (۳).

مطالعات انجام شده نشان داده است که مهار این مسیرهای سیگنالی در سلول‌های لایدیگ (که یکی از عوارض جانبی داروی ایماتینیب می‌باشد) منجر به توقف پیام‌رسانی‌های لازم برای رشد و تکامل بیضه‌ها می‌شود، به طوری که در مواجهه‌ی کوتاه مدت موش‌های صحرایی نر با ایماتینیب اختلال در روند اسپرم‌سازی روی می‌دهد (۳، ۸). با این حال مطالعات متناقضی از اثر ایماتینیب روی تعداد اسپرم‌ها گزارش شده است که شمارش طبیعی اسپرم‌ها (۹)، تا بروز الیگواسپرمی (۱۰) به دنبال مصرف ایماتینیب را شامل می‌شوند. Basciani و همکارانش نیز با بررسی اثرات ضد سرطانی ایماتینیب در تومورهای سلول‌های لایدیگ این دارو را به عنوان داروی مناسبی برای درمان این تومورها عنوان نمودند (۱۱).

سلول‌های لایدیگ نقشی غیر مستقیم ولی بسیار اساسی در اسپرم‌سازی و باروری ایفا می‌کنند و از آنجا که حفظ قدرت باروری در مصرف کنندگان این داروها که عموماً در سنین باروری هستند، حائز اهمیت می‌باشد، مطالعه‌ی تأثیر این دارو بر سلول‌های لایدیگ شاید بتواند زمینه مطالعات آتی در صدد یافتن دوزهای مطلوب درمانی باشد. از آنجا که در بررسی‌های انجام گرفته تأثیر ایماتینیب بر سلول‌های لایدیگ نرمال گزارش نشده است، در این مطالعه اثرات ایماتینیب بر میزان فسفریلاسیون گیرنده فاکتور رشد مشتق از پلاکت *آلفا* و *بتا* و میزان آپوپتوز در سلول‌های لایدیگ موشی کشت داده شده مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش کار

کشت سلول:

سلول‌های لایدیگ موشی TM3 از گروه ژنتیک دانشگاه علوم پزشکی تهران تهیه شدند. سلول‌ها در محیط کشت Dulbecco's Modified Eagle Medium F-12 (DMEM/F12) (PAA, UK)

گردید مقایسه داده‌ها ابتدا با تست Kolmogorov - simirnov انجام شد و چون $p > 0/05$ و توزیع نرمال بود، در نتیجه از تست‌های one way ANOVA و t-test جهت تحلیلشان استفاده گردید.

یافته‌ها

بررسی میزان آپوپتوز سلولی گروه‌های تیمار شده و گروه کنترل توسط ایماتینیب:

بر اساس آزمون t-test میزان آپوپتوز بین گروه‌های تیمار شده ($0/008 \pm 0/001$) و گروه کنترل ($0/009 \pm 0/002$) تفاوت آماری معنی‌داری را نشان نداد ($P = 0/822$). همچنین بر اساس تست ANOVA تغییرات میزان آپوپتوز با افزایش دوز دارو ($P = 0/513$) (جدول ۱) و نیز افزایش مدت زمان تیمار ($P = 0/125$) تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

نفوذپذیر شدند. هدف اندازه‌گیری فسفوریلاسیون پروتئین‌ها توسط شیوه لیبلینگ ایمونوازیما تیک دابل بوده و فلوروسانس پروتئین فسفوریله نسبت به توتال پروتئین در هر چاهک طبیعی نشان داده شد. سلول‌ها به طور همزمان با دو آنتی‌بادی اولیه انکوبه شدند: یک آنتی‌بادی ویژه فسفو $\text{PDGFR-}\beta$ و آنتی‌بادی نرمال که پروتئین توتال (فسفوریله و غیرفسفوریله) را شناسایی می‌کند. دو آنتی‌بادی ثانویه که با هورسرادیش پراکسیداز (HRP) یا آلکالین پراکسیداز (AP) نشان‌دار شده‌اند، دو سوبسترای فلوروژنی برای HRP یا AP مورد استفاده در تشخیص را به صورت طیفی متمایز می‌کنند. سنجش در این دو طول موج با دستگاه فلورسانس پلیت ریدر (Biotek synergy HT Highland park, P. O. Box 998 Winooski, Vermont 05404-0998 USA) انجام گرفت. سلول‌ها به صورت سه تکرار در هر دوز کشت داده شدند. تمامی داده‌ها با برنامه نرم افزاری SPSS تجزیه و تحلیل

جدول شماره (۱): میانگین فعالیت آنزیم کاسپاز ۳ و میزان فسفوریلاسیون گیرنده‌های آلفا و بتای PDGF در مواجهه با دوزهای مختلف

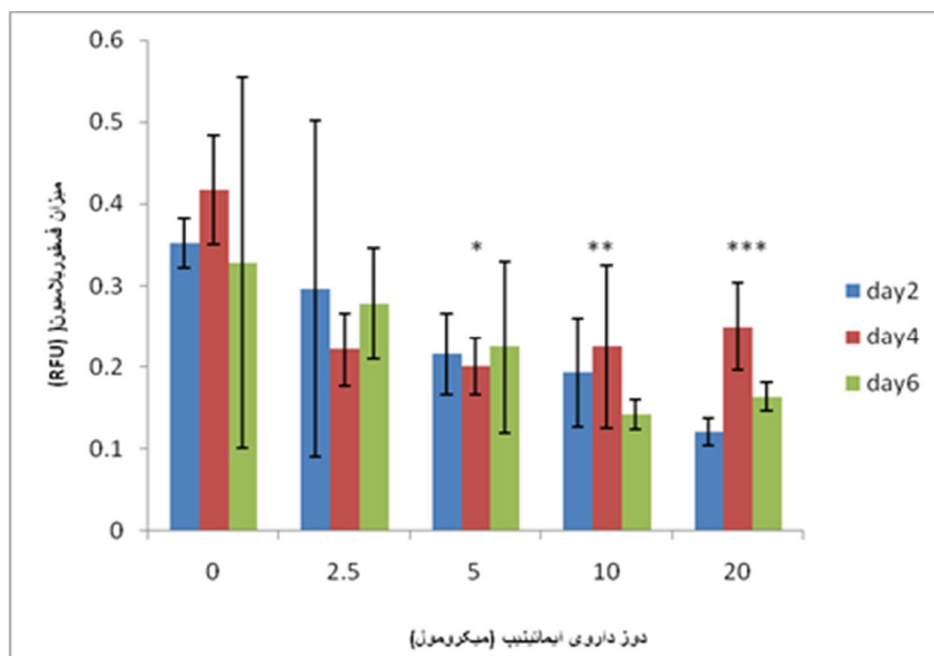
ایماتینیب در سلول‌های TM3

مارکر	دوز دارو (microgram)	تعداد	Mean $\pm$ SD	P value
caspase3	۰	۹	$0/009 \pm 0/002$	۰/۵۱۳
	۲/۵	۹	$0/009 \pm 0/002$	
	۵	۸	$0/009 \pm 0/001$	
	۱۰	۸	$0/008 \pm 0/002$	
	۲۰	۸	$0/008 \pm 0/000$	
PDGFRalpha	۰	۶	$0/353 \pm 0/139$	۰/۰۰۷
	۲/۵	۹	$0/265 \pm 0/115$	
	۵	۹	$0/213 \pm 0/061$	
	۱۰	۹	$0/186 \pm 0/070$	
	۲۰	۷	$0/176 \pm 0/059$	
PDGFRbeta	۰	۹	$1/75 \pm 0/448$	۰/۲۲۵
	۲/۵	۹	$1/90 \pm 0/808$	
	۵	۸	$1/69 \pm 0/516$	
	۱۰	۹	$1/82 \pm 0/648$	
	۲۰	۸	$1/26 \pm 0/520$	

بررسی میزان فسفوریلاسیون $\text{PDGFR-}\alpha$ گروه‌های تیمار شده و گروه کنترل توسط ایماتینیب:

میزان فسفوریلاسیون $\text{PDGFR-}\alpha$ بین گروه‌های تیمار شده ($0/212 \pm 0/084$) و گروه کنترل ($0/353 \pm 0/139$) تفاوت آماری معنی‌داری را بر اساس آزمون t-test نشان داد ($P = 0/007$) (نمودار ۱، جدول ۱).

میزان فسفوریلاسیون $\text{PDGFR-}\alpha$ بین گروه‌های تیمار شده ($0/212 \pm 0/084$) و گروه کنترل ($0/353 \pm 0/139$) تفاوت آماری معنی‌داری را بر اساس آزمون t-test نشان داد



نمودار شماره (۱): مقایسه میزان فسفوریلاسیون PDGFR- α در سلول‌های مواجهه یافته با ایماتینیب طی روزها و دوزهای مختلف. * $P < 0.05$ بر اساس تست Tukey بین دوزهای کنترل (صفر) و پنج، ** $P < 0.05$ بر اساس تست Tukey بین دوزهای کنترل (صفر) و ۱۰، *** $P < 0.05$ بر اساس تست Tukey بین دوزهای کنترل (صفر) و ۲۰

افزایش مدت زمان مواجهه تأثیر معنی‌داری بر میزان فسفوریلاسیون PDGFR- α نداشت ($P = 0.674$)، جدول (۲).

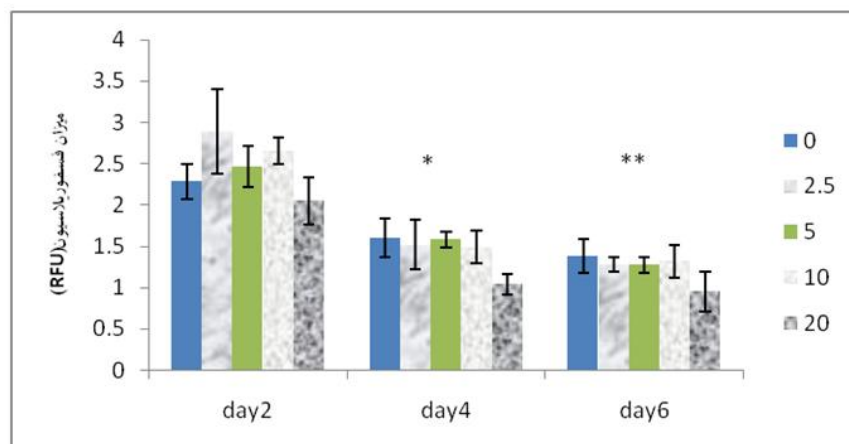
جدول شماره (۲): میانگین فعالیت کاسپاز ۳ و میزان فسفوریلاسیون گیرنده‌های PDGF طی روزهای مختلف مواجهه با دوزهای مختلف ایماتینیب در سلول‌های TM3

مارکر	تعداد روزهای مواجهه با دارو	تعداد	Mean $\pm$ SD	Pvalue
caspase3	۲	۱۵	۰/۰۰۹ $\pm$ ۰/۰۰۱	۰/۱۲۵
	۴	۱۲	۰/۰۰۸ $\pm$ ۰/۰۰۱	
	۶	۱۵	۰/۰۰۸ $\pm$ ۰/۰۰۱	
PDGFRalpha	۲	۱۳	۰/۲۳۵ $\pm$ ۰/۱۱	۰/۶۷۴
	۴	۱۳	۰/۲۵۲ $\pm$ ۰/۰۹	
	۶	۱۴	۰/۲۱۵ $\pm$ ۰/۱۰	
PDGFRbeta	۲	۱۳	۲/۵۱ $\pm$ ۰/۳۹۸	۰/۰۰۰
	۴	۱۵	۱/۴۵ $\pm$ ۰/۲۷۸	
	۶	۱۵	۱/۲۴ $\pm$ ۰/۲۱۷	

مدت زمان مواجهه باعث کاهش معنی‌دار میزان فسفوریلاسیون PDGFR- β گشت ($P = 0.000$) به طوری که در روز دوم مواجهه‌ی سلول‌ها با ایماتینیب بیشترین میزان فسفوریلاسیون PDGFR- β (۲/۵۱ $\pm$ ۰/۳۹۸) و در روز ششم کمترین میزان فسفوریلاسیون (۱/۲۴ $\pm$ ۰/۲۱۷) وجود داشت و در روز چهارم میزان فسفوریلاسیون (۱/۴۵ $\pm$ ۰/۲۷۸) در حد بینابینی بود (نمودار ۲، جدول ۲).

بررسی میزان فسفوریلاسیون PDGFR- β گروه‌های تیمار شده و گروه کنترل توسط ایماتینیب:

مطابق آزمون t-test میزان فسفوریلاسیون (PDGFR- β) بین گروه‌های تیمار شده (۱/۶۸ $\pm$ ۰/۶۵۹) و گروه کنترل (۱/۷۵ $\pm$ ۰/۴۴۸) تفاوت آماری معنی‌داری را نشان نداد ($P = 0.752$). به همین ترتیب، بر اساس آزمون ANOVA میزان فسفوریلاسیون PDGFR- β با افزایش دوز مورد مواجهه ارتباط آماری معنی‌داری نشان نداد ($P = 0.255$)، جدول (۱). اما افزایش



نمودار شماره (۲): مقایسه میزان فسفوریلاسیون PDGFR-β در سلول‌های مواجهه یافته با ایماتینیب طی روزها و دوزهای مختلف. $P < 0.05^*$

بر اساس تست Tukey بین دوزهای ۲ و ۴، $P < 0.05^{**}$ بر اساس تست Tukey بین دوزهای ۲ و ۶

بحث و نتیجه‌گیری

طبق نتایج حاصله از این مطالعه میزان فسفوریلاسیون PDGFR-α با افزایش دوز دارو و میزان فسفوریلاسیون PDGFR-β با افزایش مدت زمان کاهش نشان داد اما ایماتینیب تأثیری بر میزان آپوپتوز نداشت. در همین راستا McGary و همکارانش با روش ایمونو هیستوشیمی مهار فسفوریلاسیون PDGFR-α و PDGFR-β را در سلول‌های تومور ملانومای موشی نشان دادند (۱۲). همچنین Kiichiro Beppu و همکارانش مهار PDGFR-β توسط ایماتینیب را در سلول‌های نوروبلاستومای انسانی به وسیله روش وسترن بلات و ایمونو هیستوشیمی تأیید نموده‌اند (۱۳). از آنجایی که گیرنده‌های فاکتورهای رشد مشتق از پلاکت آلفا و بتا برای تمایز، مهاجرت و تحریک رشد سلولی مورد نیاز می‌باشند، ایماتینیب با مهار اتو فسفوریلاسیون این گیرنده‌ها باعث می‌شود که سلول‌ها رشد و تقسیم سلولی سریع و نرمالشان را نداشته باشند.

Nurmio و همکارانش نیز نشان دادند که تزریق داخل معده‌ای ایماتینیب در موش‌های صحرایی‌های نابالغ باعث کاهش تکثیر سلول‌های جنسی و القای آپوپتوز در آن‌ها شده، ولی بر سلول‌های سرتولی تأثیری نداشته و این دارو از طریق کاهش شدید سطوح mRNA کد کننده‌ی لیگاندها و گیرنده‌های PDGF پیام‌های مربوطه را مهار می‌کند (۸). با این حال این گروه در مطالعه دیگری نشان دادند که بعد از مواجهه موش‌های صحرایی ۷-۵ روزه با ایماتینیب و رسیدن آن‌ها به بلوغ، وقتی که جفت گیری با رت‌های ماده طبیعی صورت گرفت، در فرزندان آن‌ها وزن بیضه‌ها در گروه ایماتینیب کاهش یافته ولی سایر مشخصات شامل

طول طناب سمینفر، بافت بینابینی و سلول‌های لایدیگ با گروه کنترل تفاوتی نداشته و سطوح mRNA مربوط به لیگاندها و گیرنده‌های PDGF (α و β) تغییری را نشان ندادند (۳). البته این گروه از دانشمندان میزان فسفوریلاسیون گیرنده‌ها را مورد بررسی قرار نداده‌اند. در همین راستا Basciani و همکارانش گزارش کرده‌اند که ایماتینیب باعث مهار رشد سلول‌های سرطانی لایدیگ موش و نیز تومورهای سلول‌های لایدیگ انسانی و همچنین فسفوریلاسیون گیرنده‌های PDGF و افزایش آپوپتوز در آن‌ها می‌گردد که البته اثرات ایماتینیب با قطع مصرف آن قابل برگشت است (۱۱). مطالعه دیگری توسط همین محققین روی سلول‌های زایا و سرتولی نرمال موش‌های ۱۸ روزه رویانی تا ۵ روزه بعد از تولد نشان داد که ایماتینیب از طریق مهار تکثیر و القای آپوپتوز باعث کاهش تعداد گونوسیت‌ها و میزان فسفوریلاسیون PDGFR-β می‌شود (۱۴).

مطالعه‌ی حاضر که بر سلول‌های لایدیگ نرمال موشی متمرکز شده است با گزارشات قبلی مبنی بر اینکه درمان با ایماتینیب منجر به مهار رشد سلولی می‌شود سازگاری دارد. با این حال در این مطالعه میزان آپوپتوز سلولی در سلول‌های نرمال لایدیگ تحت تأثیر ایماتینیب دچار تغییر نگردید. با توجه به اینکه گیرنده‌های فاکتور رشد مشتق از پلاکت در یکی از مسیرهای پیام رسان پایین دستشان آپوپتوز را مهار می‌کنند و ایماتینیب این گیرنده‌ها را مهار می‌کند، بنابراین انتظار می‌رفت که میزان آپوپتوز سلولی افزایش یابد. با این حال عدم افزایش آپوپتوز در مطالعه حاضر ممکن است به دلیل افزایش فعالیت مسیرهای متفاوت از مسیر ختم شونده به مرگ سلولی مانند پلی (ADP-ribose) پلیمرز اکتیویته (۱۵) و یا

مسئله شاید نشان از تأثیرپذیری کمتر سلول‌های نرمال از منظر القای آپوپتوز در مواجهه با داروی ایماتینیب باشد که باید توسط مطالعات کامل‌تر و با مقایسه‌ی مسیرهای پیام‌رسان متعدد و مسیرهای مرگ سلولی در بین سلول‌های نرمال و سرطانی مورد بررسی بیشتری قرار بگیرد.

تقدیر و تشکر

نتایج گزارش شده در این مطالعه حاصل پایان‌نامه دانشجویی است. بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ارومیه جهت حمایت مادی و معنوی از پژوهش حاضر و تمامی اساتید گرامی که ما را در اتمام این پروژه کمک نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References:

1. Manley P, Cowan-Jacob S, Buchdunger E, Fabbro D, Fendrich G, Furet P, et al. Imatinib: a selective tyrosine kinase inhibitor. *Eur J Cancer* 2002;38 (19-27): 5.
2. Prasad A, Ramnarayan K, Bairy K. Effect of imatinib on histological parameters in male swiss albino mice. *int j pharm sci rev res* 2010;4(2): 117-22.
3. Mirja N, Kallio J, Jorma T, Kirsi J. Adult reproductive functions after early postnatal inhibition by imatinib of the two receptor tyrosine kinases, c-kit and PDGFR, in the rat testis. *Reprod Toxicol* 2008;25: 442-6.
4. Reigstad LJ, Varhaug JE, Lillehaug JR. Structural and functional specificities of PDGF-C and PDGF-D, the novel members of the platelet-derived growth factors family. *FEBS J* 2005;272(22):5723-41.
5. Syed Shoaib AA, Anam B, Ziaur R, Muhammad I, Jafri S. Investigating the potential role of platelet derived growth factor (PDGF). *Biotechnology and Molecular Biology* 2011;6: 133-41.
6. Lucio G, Alessandra E, Emmanuele AJ, Eleonora C, Marella M, Mario A, et al. Testicular development involves the spatiotemporal control of PDGFs and PDGF receptors gene expression and action. *J Cell Biology* 1995;131: 1105-21.
7. Stefania M, Sabrina B, Mario A, Giovanni S, Lucio G. PDGF and the testis. *Trends Endocrinol Metab* 2002;13 (1): 11-7.
8. Mirja N, Jorma T, Farasat Z, Anna-Maria A, Jorma P, Olle S, et al. Inhibition of tyrosine kinases PDGFR and C-Kit by imatinib mesylate interferes with postnatal testicular development in the rat. *Int J andrology*. 2007;30: 366-76.
9. Martee LH, John MF. Imatinib Treatment: Specific Issues Related to Safety, Fertility, and Pregnancy. *Leukemia* 2003;40(2): 21-5.
10. Seshadri T, Seymour JF, McArthur GA. Oligospermia in a patient receiving imatinib therapy for the hypereosinophilic syndrome. *N Engl J Med* 2004;351(20):2134-5.
11. Sabrina B, Marina B, Stefania M. Imatinib Mesylate Inhibits Leydig Cell Tumor Growth□: Evidence for In vitro and In vivo Activity Imatinib Mesylate. *Cancer Res* 2005: 1897-903.
12. McGary EC, Onn A, Mills L, Heimberger A, Eton O, Thomas GW, et al. Imatinib mesylate inhibits platelet-derived growth factor receptor phosphorylation of melanoma cells but does not affect tumorigenicity in vivo. *J Invest Dermatol* 2004;122(2):400-5.

13. Beppu K, Jaboine J, Merchant MS, Mackall CL, Thiele CJ. Effect of imatinib mesylate on neuroblastoma tumorigenesis and vascular endothelial growth factor expression. *J Natl Cancer Inst* 2004;96(1):46–55.
14. Sabrina B, Gabriele DL, Susanna D, Marina B, Mario A, Stefania M, et al. Platelet-Derived Growth Factor Receptor beta-Subtype Regulates Proliferation and Migration of Gonocytes. *Endocrinology* 2008;149(12): 6226-35.
15. Moehring A, Wohlbold L, Aulitzky WE, van der Kuip H. Role of poly(ADP-ribose) polymerase activity in imatinib mesylate-induced cell death. *Cell Death Differ* 2005;12(6):627–36.
16. Takashi S, Keishi F, Oliver Bo, Yasuhiko A, Kouzo M, Naoki S, et al. Inhibition of autophagy at a late stage enhances imatinib-induced cytotoxicity in human malignant glioma cells. *Int J Cancer* 2009;124: 1060-71.
17. Okada M, Adachi S, Imai T, Watanabe K, Toyokuni S, Ueno M, et al. A novel mechanism for imatinib mesylate-induced cell death of BCR-ABL-positive human leukemic cells: caspase-independent, necrosis-like programmed cell death mediated by serine protease activity. *Blood* 2004;103(6):2299–307.

INHIBITION OF GROWTH FACTOR SIGNALING PATHWAYS BY IMATINIB MESYLATE IN MOUSE NORMAL LEYDIG CELLS

Seyyed Mohammad Reza Hashemnia¹, Fatemeh Kheradmand^{2*}, Farzaneh Noori³, Shiva Roshan-Milani⁴

Received: 9 Jul, 2013; Accepted: 20 Sep, 2013

Abstract

Background & Aims: Cancer cells proliferation may be mediated by abnormal phosphorylation of signaling pathways downstream of tyrosine kinase receptors such as Platelet derived growth factor receptor α (PDGFR- α) and β (PDGFR- β). We aimed to study the phosphorylation level of PDGFR- α and PDGFR- β and apoptosis in mouse normal leydig cells being exposed to Imatinib.

Materials & Methods: The mouse TM3 leydig cells were treated with 0, 2.5, 5, 10 and 20 μ M Imatinib for 2, 4, and 6 days. The apoptosis and phosphorylation level of PDGFRs were assessed by caspase-3 activities colorimetric and fluorescence immunoassay methods, respectively. For statistical analysis, one-way ANOVA and T-test were performed.

Results: Phosphorylation level of PDGFR- α in the treated (0.21 ± 0.001) and control cells (0.35 ± 0.13) was significantly different ($P < 0.05$), and its level decreased with increasing drug dosage ($P < 0.05$). PDGFR- β level and apoptosis had no significant differences between groups, although PDGFR- β level decreased significantly with increasing exposure duration ($P < 0.05$).

Conclusion: By inhibition of signaling pathways downstream of growth factors specifically PDGFR- α phosphorylation blockage in normal leydig cells, Imatinib may interfere with cellular growth. It seems that this drug has no effect on apoptotic pathways.

Keywords: Apoptosis, Imatinib mesylate, Leydig cells, Platelet derived growth factor receptor

Address: Biochemistry Department, Faculty of Medicine, Urmia University of Medical Sciences, Urmia Iran **Tel:** (+98) 9143416660

E-mail: f_kheradmand@umsu.ac.ir

SOURCE: URMIA MED J 2013; 24(9): 718 ISSN: 1027-3727

¹ MSc Student in Clinical Biochemistry, Faculty of Medicine, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran

² Assistant Professor of Clinical Biochemistry, Cellular and Molecular Research Center, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran (Corresponding Author)

³ Assistant professor of Nutritional Physiology Aquaculture, Artemia and Aquatic Animals Research Institute, Urmia University, Urmia, Iran

⁴ Assistant Professor of Physiology, Faculty of Medicine, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran