

کارسینوم سلول بازال: از مولکول تا درمان

کارسینوم سلول بازال اولین و شایع‌ترین سرطان در ایران و جهان است و در آینده، شیوعی برابر با کل سرطان‌های دیگر خواهد داشت. مسیر سیگنالینگ Hedgehog (Hh) در بیماری‌زایی این سرطان نقش به‌سزایی دارد. به‌طوری که جهش در ژن PTCH و Smo عامل حدود ۷۵٪ تا ۹۵٪ از کل موارد کارسینوم سلول بازال اسپورادیک و اغلب کارسینوم سلول‌های بازال ارثی را دربرمی‌گیرند. امروزه، گزینه‌های درمانی متعددی برای درمان این نوع سرطان موجود است که از بین درمان‌های موجود، روش جراحی Mohs و روش جراحی و برداشتن ضایعه با حاشیه‌ی آن بهترین و مؤثرترین روش درمان برای این بیماری می‌باشند. با توجه به پیشرفت‌های علمی حاضر و شناسایی مسیرهای مولکولی درگیر در این سرطان، درمان‌های دارویی مهارکننده‌ی مسیر Hh بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. از این بین، داروی Vismodegib در سال ۲۰۱۲ توسط سازمان غذا و داروی آمریکا به‌عنوان دارویی جهت درمان کارسینوم سلول بازال متاستاتیک به ثبت رسیده است. بدین ترتیب شاید بتوان از این سری داروها به‌طور هدفمند، به‌عنوان درمان‌های امیدبخش برای سرطان در آینده استفاده کرد.

کلیدواژه‌ها: کارسینوم سلول بازال، مسیر سیگنالینگ، Patched Receptor، Gli1، Smo، جراحی Mohs، Vismodegib.

دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۸/۳۰ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۰/۰۱

پوست و زیبایی؛ زمستان ۱۳۹۲، دوره‌ی ۴ (۴): ۲۲۶-۲۴۲

فاطمه و ندرجب پور^۱
دکتر رضا رئوفیان^۱
دکتر فاطمه غلامعلی^۲
دکتر پدram نورمحمدپور^۲
دکتر مرتضی هاشم‌زاده‌چالشتوری^۳
دکتر مینا تبریزی^۱

۱. گروه ژنتیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
۲. گروه پوست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
۳. مرکز تحقیقات سلولی و مولکولی، دانشگاه علوم پزشکی چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، ایران.

نویسنده‌ی مسئول:

دکتر مینا تبریزی

گروه ژنتیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
پست الکترونیک:

tabrizi@tums.ac.ir

تعارض منافع: اعلام نشده است.

مقدمه

کارسینوم سلول بازال برای اولین بار توسط Jacob در سال ۱۸۲۷ توضیح داده شد و اسم آن را *ulcus rodens* نامید. البته اسم امروزی این بیماری در سال ۱۹۰۳ توسط Krompeehr پیشنهاد شد و در مورد منشأ آن بحث‌های متفاوتی وجود دارد.^۱ با وجود شباهت‌هایی که کارسینوم سلول بازال به لایه‌ی بازال در اپی‌درم دارد، شواهد گویای این است که از سلول‌های پرتوان (pluripotent) موجود در فولیکول‌های اپی‌درم مشتق شده‌اند و عده‌ای نیز از سلول‌های بنیادی موجود در ساقه‌ی مو منشأ گرفته‌اند.^۲

در کل، کارسینوم سلول بازال در خارجی‌ترین

سرطان پوست یکی از شایع‌ترین انواع سرطان‌ها در اکثر کشورها است که به دو گروه اصلی تقسیم‌بندی می‌شود: ملانومایی (Melanomatous) و غیرملانومایی (Non-melanomatous).^۱ گروه ملانومایی که ملانوما را دربرمی‌گیرد و احتمال متاستاز دادن آن بیشتر از دیگر سرطان‌های پوستی می‌باشد، در مقایسه سرطان بسیار نادری است. گروه غیرملانومایی شامل کارسینوم سلول بازال و کارسینوم سلول سنگ‌فرشی می‌باشد. در بین سرطان‌های پوستی، کارسینوم سلول بازال شایع‌ترین سرطان پوست در میان سفیدپوستان با میانگین خطر ۳۰٪ است.^۲

لایه‌ی پوستی (اپی‌درم) شروع می‌شود و با رشد آهسته و اثر تهاجمی به بافت‌های مجاور خود در ناحیه‌ی اپی‌درم پوست با درصد متاستاز دادن کمتر از ۰/۱٪ می‌باشد. اگرچه شیوع متاستاز در این بیماری خیلی کم است ولی در مقابل، عود بیماری خیلی زیاد می‌باشد. به‌طوری که ۴۰٪ تا ۵۰٪ بیماران با کارسینوم سلول بازال اولیه در طی ۵ سال، حداقل به یک تا چند کارسینوم سلول بازال دیگر نیز دچار می‌شوند.^۴ بدین ترتیب هزینه‌ی درمانی زیادی را به فرد و جامعه تحمیل می‌کند. مرگ در اثر تهاجم به بافت‌های نزدیک و تخریب آن ایجاد می‌شود. این تهاجم به‌ویژه در ناحیه‌ی سر، صورت و گردن روی می‌دهد.^۵ سرطان‌های پوستی غیرملانومایی حاصل از یک‌سری عوامل محیطی، ژنتیکی و فنوتیپی می‌باشند که به‌تفصیل توضیح داده خواهد شد.^۶

اپیدمیولوژی

بر طبق آمار انجمن سرطان آمریکا، سرطان‌های پوستی از شایع‌ترین سرطان‌ها هستند، زیرا نیمی از سرطان‌ها را در آمریکا شامل می‌شود که در دهه‌های اخیر در حال افزایش بوده است.^۷ در میان سرطان‌های پوستی غیرملانومایی، کارسینوم سلول بازال حدود ۸۰٪ موارد را دربرمی‌گیرد. تعیین میزان دقیق کارسینوم سلول بازال مشکل است، زیرا سرطان‌های پوستی غیرملانومایی معمولاً در آمارهای ثبت سرطان، ذکر نمی‌شوند.^۷ این کار هنگامی سخت‌تر می‌شود که درصد شیوع این بیماری براساس مناطق جغرافیایی مورد بررسی قرار گیرد. در این بین استرالیا بیشترین میزان شیوع کارسینوم سلول بازال را در دنیا دارا است. در مورد درصد شیوع براساس جنسیت طی تحقیقی در ایالات متحده آمریکا، معلوم شده است که از هر صد هزار مرد سفید پوست ۷۰۴ نفر و از هر صد هزار زن سفیدپوست ۲۱۲ نفر به این بیماری مبتلا هستند.^۷ شیوع این بیماری هر سال به

میزان ۱۰٪ در جهان در حال افزایش است و مبین این نکته می‌باشد که شیوع کارسینوم سلول بازال به‌زودی برابر شیوع کل سرطان‌های دیگر خواهد شد.^۸ طبق آمار گزارش کشوری ثبت موارد سرطانی سال ۱۳۸۶، در ایران، سرطان‌های پوست با ۹۱۲۲ مورد، اولین و شایع‌ترین سرطان با حدود ۱۵٪ می‌باشد و در بین کل سرطان‌های پوستی، کارسینوم سلول بازال با شیوع ۷۳/۵٪ در زنان و ۶۵/۴٪ در مردان شایع‌ترین است.^۹ در ایران طی مطالعه‌ی اپیدمیولوژیکی که انجام شده است عامل خطر ساز اصلی ابتلا به کارسینوم سلول بازال، رادیوتراپی و در معرض مستقیم تابش نور خورشید قرار گرفتن می‌باشد. هم‌چنین میانگین سنی بیماران در مردان و زنان تقریباً یکسان بوده است.^{۱۰} مطالعه‌ای که اخیراً در کرمانشاه انجام شده است، تأییدکننده‌ی یافته‌های ذکر شده می‌باشد، به‌طوری که در این مطالعه بیان شده است، کارسینوم سلول بازال شایع‌تر از سرطان سلول سنگ‌فرشی در این شهر می‌باشد و هم‌چنین اشعه‌ی یونیزان علت اصلی سرطان‌های پوستی غیرملانومایی می‌باشد.^{۱۱}

عوامل خطر ساز

یکی از عوامل خطر ساز بسیار مهم در ایجاد این نوع سرطان، مجاورت با نور فرابنفش می‌باشد. اغلب کارسینوم سلول‌های بازال ایجاد شده در مناطقی از پوست که در معرض تابش مستقیم نور خورشید هستند، دیده می‌شود. به عبارت دیگر، قرار گرفتن در معرض مستقیم نور خورشید به‌طور مداوم در دوران کودکی بیشترین ارتباط را با بروز کارسینوم سلول بازال نشان داده است.^{۱۲} در حالی که سایر سرطان‌های پوستی غیرملانومایی مانند سرطان سلول سنگ‌فرشی را با تابش خفیف نور فرابنفش مرتبط دانسته‌اند.^{۱۴} باور بر این است که ۱۰ تا ۱۵ سال پس از آسیب در اثر نور مستقیم خورشید، کارسینوم سلول بازال ایجاد می‌شود.^{۱۲} گفتنی است که نور فرابنفش B

مستقیماً با ایجاد جهش در DNA از طریق ایجاد پیوند کووالان بین پیریمیدین‌های کنار هم و نور فرابنفش A با تشکیل رادیکال‌های آزاد مسبب ایجاد سرطان هستند.^{۱۵}

از عوامل دیگر می‌توان به عامل فنوتیپی اشاره کرد. این عامل شامل رنگ پوست روشن، موی طلایی یا قرمز و رنگ چشم روشن هستند که براساس تأثیراتشان بر روی پاسخ به تابش نور فرابنفش، عوامل خطر ساز مستقلی محسوب می‌شوند.^۷ امروزه مشخص شده است که استفاده از لامپ‌های برنزه‌کننده‌ی پوست، خطر ابتلا به سرطان سلول سنگ‌فرشی را ۲/۵ برابر و خطر ابتلا به کارسینوم سلول بازال را ۱/۵ برابر افزایش می‌دهند.^۶ افرادی که سیستم ایمنی سرکوب‌شده دارند، به‌طور مثال افرادی که تحت عمل پیوند قرار گرفته‌اند نیز در معرض خطر ابتلا به این بیماری می‌باشند.^{۲۳} طی تحقیقی در استرالیا معلوم شد که افرادی که پیوند قلب شده‌اند در مقایسه با افراد عادی ۲۱ برابر بیشتر در معرض ابتلا هستند و همین بیماران در مقایسه‌ی بیماران پیوند قلب‌شده در آمریکا با افراد عادی ۱۲۳ برابر افزایش ابتلا نشان داده‌اند.^۷ طی مطالعه‌ی دیگری مشخص گردید افرادی که پیوند کلیه شده‌اند ۱۰ برابر بیشتر از افراد عادی در معرض ابتلا به کارسینوم سلول بازال قرار دارند. از جمله عوامل دیگر دخیل در این بیماری می‌توان به اشعه‌های یونیزان و مواد دارای آرسنیک اشاره کرد.

تظاهرات بالینی و بافت‌شناسی

برای تقسیم‌بندی کارسینوم سلول بازال به زیرگروه‌هایش، طبقه‌بندی‌های متفاوتی وجود دارد. در یک مدل آن‌را در ۳ زیرگروه اصلی طبقه‌بندی کرده‌اند که شامل (۱) نوع ندولار (nodular) که فرم کلاسیک و شایع است، (۲) نوع سطحی (superficial) و (۳) نوع fibrosing، sclerosing، morpheaform یا infiltrative که همه‌ی نام‌های ذکرشده برای این

زیرگروه می‌باشد.^۷

در مدل دیگری کارسینوم سلول بازال را به ۵ زیرگروه تقسیم‌بندی کرده‌اند: (۱) nodular-ulcerative (۲) pigmented، (۳) superficial، (۴) fibrosing یا fibroepithelioma و (۵) sclerodermiform نوع Nodular-ulcerative فرم شایع می‌باشد که معمولاً در ناحیه‌ی سر و گردن دیده می‌شود و ممکن است به بافت‌های زیرین خود تهاجم کند. فرم pigmented از لحاظ ریخت‌شناسی شبیه فرم nodular-ulcerative است، اگرچه تغییرات نوع سطحی همراه با sclerodermiform نیز ممکن است دیده شود. در زیرگروه pigmented به دلیل تفاوتی که با بافت‌های اطراف دارد، احتمال کمتری وجود دارد که سلول‌های توموری در حاشیه‌ی جراحی باقی بماند. نوع sclerodermiform پیش‌آگهی بدی دارد و با احتمال زیادی عود کرده و نفوذ بیشتری دارد و ناحیه‌ی صورت را درگیر می‌کند. به دلیل داشتن علائم مشابه و تظاهرات بالینی هم‌سان با سایر زیرگروه‌ها، ممکن است تأخیر در تشخیص رخ دهد و احتمال مرگ در طی عمل جراحی وجود دارد. نوع سطحی، اساساً در گردن و شانه‌ها و به‌صورت چندکانونی دیده می‌شود. نوع پنجم fibroepithelioma نادرترین نوع می‌باشد و اغلب در ناحیه‌ی خاجی - کمری و شرم‌گاهی ایجاد می‌شود (شکل ۱).^۳

نوع دیگر کارسینوم سلول بازال متاتپییکال یا بازواسکواموس می‌باشد که ویژگی‌های کارسینوم سلول بازال و سرطان سلول سنگ‌فرشی را به‌طور توأم دارا است. اگرچه از لحاظ ریخت‌شناسی شبیه کارسینوم سلول بازال است ولی از طرفی مانند سرطان سلول سنگ‌فرشی بسیار تهاجمی بوده و احتمال متاستاز آن نیز زیاد است (بیش از ۷۴٪). در مورد این که این نوع کارسینوم سلول بازال را به‌عنوان یک زیرگروه مجزا در نظر بگیرند، اختلاف نظر وجود دارد.^۳ در مجموع سه زیرگروه sclerodermiform



شکل ۱: انواع کارسینوم سلول بازال؛ الف) ندولار ب) سطحی ج) pigmented^۶

ناحیه‌ی بینی است. در ۱۵٪ الی ۴۳٪ موارد ناحیه‌ی گردن درگیر می‌شود. ۲۰٪ موارد بروز کارسینوم سلول بازال در ناحیه‌های پوستی که کمتر در معرض تابش نور خورشید می‌باشند، دیده می‌شود. نئوپلاسم‌های ناحیه‌ی حفاظت‌شده در مقابل نور و یا در نواحی چین‌دار، خطرناک‌تر می‌باشند زیرا دیر تشخیص داده شده و ممکن است باعث پیش‌آگهی بد، مرگ‌ومیر حین عمل جراحی و متاستاز شوند.^۳

عود و متاستاز در کارسینوم سلول بازال

عوامل خطرسازی که باعث افزایش احتمال گسترش تومور می‌شوند، عبارتند از: ۱) قطر بیش از ۲ سانتی‌متر، ۲) قرارگرفتن در قسمت مرکزی صورت یا گوش ۳) زمان طولانی بعد از تشکیل تومور ۴) جراحی‌های ناکامل با برش ناکافی تومور ۵) رشد تهاجمی در بررسی بافت‌شناسی و ۶) درگیری perineural یا perivascular^{۱۸}.

اندازه‌ی بزرگ تومور و حاشیه‌های نامشخص سبب باقی‌ماندن سلول‌های سرطانی در حاشیه‌های محل برداشت تومور طی جراحی می‌شود و بدین ترتیب احتمال عود بالا می‌رود^{۱۹}. این در حالی است که در تومورهایی که حاشیه‌های مشخص و محدودی دارند احتمال عود به‌دلیل برش دقیق و کامل تومور کمتر

infiltrative و micronodular رشد نفوذی و تظاهرات بالینی با تهاجم بالا و خطر عود بیشتری در مقایسه با دیگر زیرگروه‌ها دارند. زیرگروه‌های macronodular، سطحی و pigmented همراه با تظاهرات بالینی با تهاجم کم محسوب می‌شوند.^۳

کارسینوم سلول‌های بازال با خصوصیات چندکانونی، چنان‌چه حاشیه‌ی برداشته‌شده کوچک باشد، گرایش به عود دارند. با وجود همه‌ی این تقسیم‌بندی‌ها در اکثر موارد یک تومور کارسینوم سلول بازال چندین ویژگی بافت‌شناسی را توأمان دارا است که در این بین یکی از ویژگی‌ها را به‌صورت غالب نشان می‌دهد^{۴۵}. در سال ۲۰۱۲ به‌منظور تقسیم‌بندی جهت تشخیص‌های بالینی و استفاده‌ی پزشکان و پاتولوژیست‌ها، گروه پاتولوژی کالج سلطنتی با همراهی گروه‌های متخصص و معتبر دیگر، معیارهایی را برای تشخیص و پیش‌آگهی انواع کارسینوم سلول بازال تهیه کردند که در جداول ۱ و ۲ خلاصه شده است^{۱۷}.

محل اولیه‌ی تومور کارسینوم سلول بازال

همان‌طور که پیش از این اشاره شد، کارسینوم سلول بازال غالباً در ناحیه‌های پوستی در معرض تابش نور خورشید ایجاد می‌شود که در ۸۰٪ موارد در ناحیه‌ی صورت و گردن قراردارد. از این میزان ۳۰٪ در

جدول ۱: تقسیم‌بندی براساس خصوصیات تومور^{۱۷}

T	تومور اولیه
TX	تومور اولیه قابل ارزیابی نیست.
T0	تومور اولیه مشاهده نشد.
Tis	کارسینوما در محل (in situ)
T1	بزرگ‌ترین قطر تومور ۲۰ میلی‌متر یا کمتر باشد.
T2	بزرگ‌ترین قطر تومور از ۲۰ میلی‌متر بیشتر باشد.
T3	تومور به استخوان‌های صورت، فک پائین و حذقه یا استخوان گیجگاه تهاجم کرده باشد.
T4	تومور به سایر استخوان‌ها یا قاعده‌ی مجامه تهاجم کرده باشد.
N	غدد لنفی مجاور
NX	غدد لنفی مجاور قابل ارزیابی نباشند.
N0	غدد لنفی مجاور متاستازی نباشند.
N1	متاستاز موجود در تک گره‌های لنفی همان طرف در بزرگ‌ترین بعد خود، ۳۰ میلی‌متر و یا کمتر باشد.
N2	متاستاز موجود در گره لنفی منفرد همان طرف در بزرگ‌ترین بعد خود، بیشتر از ۳۰ و کمتر از ۶۰ میلی‌متر باشد یا در چندین غده در همان محل و یا دوجانبه و یا در طرف مقابل، گره‌های لنفوی که در بزرگ‌ترین بعد خود، بیشتر از ۶۰ میلی‌متر نباشند.
N2a	متاستاز موجود در گره لنفی منفرد همان طرف در بزرگ‌ترین بعد خود، بیشتر از ۳۰ و کمتر از ۶۰ میلی‌متر باشد.
N2b	در چندین غده‌ی لنفی در همان محل که در بزرگ‌ترین بعد خود، بیشتر از ۶۰ میلی‌متر نباشند.
N2c	در گره‌های لنفی دوطرفه و یا در طرف مقابل که در بزرگ‌ترین بعد خود، بیشتر از ۶۰ میلی‌متر نباشند.
N3	متاستاز موجود در یک گره لنفی در بزرگ‌ترین بعد خود بیشتر از ۶۰ میلی‌متر باشد.
M	متاستاز دور
M0	متاستاز دور وجود نداشته باشد.
M1	متاستاز دور وجود نداشته باشد.

عوامل خطرسازی متاستاز مشابه عوامل خطر ساز عود می‌باشند. متاستاز معمولاً از تومور اولیه‌ی موجود در صورت و گوش ایجاد می‌شود. مدت زمان لازم برای متاستاز در حدود ۹ سال می‌باشد. متاستاز کارسینوم سلول بازال اغلب به غدد لنفوی مجاور تومور و بعد از آن‌جا به بافت استخوانی، شش و کبد صورت می‌گیرد. پیش‌آگهی در حالت متاستاز بسیار بد و ضعیف است، به طوری که میانگین بقا (survival) بیمار از ۸ ماه تا ۳ الی ۶ سال می‌باشد^{۱۸}.

مسیر بیولوژیک Hedgehog

در سرطان‌ها، مسیرهای مولکولی متعددی از تنظیم خارج می‌شوند^{۲۰-۲۶}. یکی از این مسیرها، مسیر سیگنالینگ Hedgehog (Hh) می‌باشد که در تنظیم رشد و الگودهی (patterning) در جنین ایفای نقش

می‌باشد^{۱۸}. همان‌طور که قبلاً اشاره شد متاستاز در این بیماری نادر است و احتمال آن در حدود ۰/۰۰۲۸٪ تا ۰/۰۵۵٪ است^{۱۷}.

جدول ۲: سطح آناتومیکی و گروه‌ها از نظر پیش‌آگهی^۶

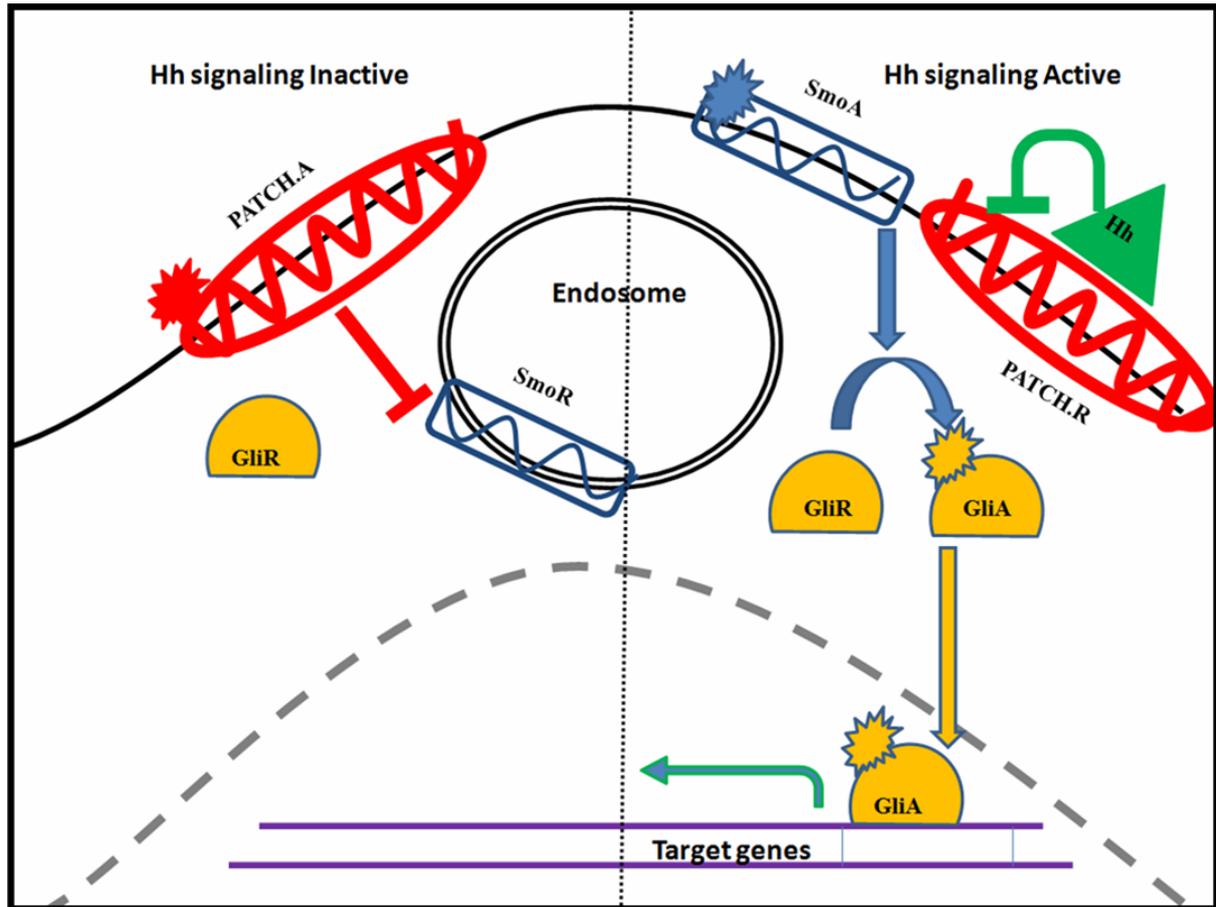
سطح‌های آناتومیکی و گروه‌های پیش‌آگهی دهنده			
Stage	T	N	M
Stage 0	Tis	N0	M0
Stage I	T1	N0	M0
Stage II	T2	N0	M0
Stage III	T3	N0	M0
	T1	N1	M0
	T2	N1	M0
Stage IV	T3	N1	M0
	T1	N2	M0
	T2	N2	M0
	T3	N2	M0
Stage IV	Any T	N3	M0
	T4	Any N	M0
	Any T	Any N	M1

شده و سبب رونویسی ژن‌های هدف خود می‌شود.^{۳۱} همیشه GLi-1 باعث فعال شدن رونویسی می‌شود، در حالی که GLi-2 و GLi-3 می‌توانند هم باعث سرکوب و هم فعال شدن رونویسی ژن‌های هدف خود شوند.^{۳۲} ژن‌های هدف این مسیر شامل تنظیم‌کننده‌های چرخه‌ی سلولی WNT، TGF- β ، PTCH1 و GLi-1 می‌باشند. افزایش بیان PTCH1 خود یک پس‌خوراند منفی ایجاد کرده، در حالی که افزایش بیان GLi-1 یک پس‌خوراند مثبت در این مسیر می‌باشد.^{۳۳} از طرف دیگر، پروتئین متصل‌شونده به Hh یا (Hedgehog interacting protein) به‌عنوان تنظیم‌کننده‌ی منفی در این مسیر عمل می‌کند (شکل ۲).^{۳۴}

Sufu با اتصال به Gli مانع از فعال‌سازی ژن‌های هدف این مسیر می‌گردد.^{۳۱} فعالیت این مسیر در بالغین کاهش چشم‌گیری دارد، هرچند که تحت شرایط خاصی در بالغین دارای اهمیت است، از جمله در تکثیر سلول‌های بنیادی در سلول‌های هماتوپوئیتیک، سیستم عصبی و غدد پستانداران نقش دارد.^{۳۳} مشخص شده است که فعال شدن نابه‌جای این مسیر در نتیجه‌ی جهش‌های فعال‌کننده‌ی ژن‌های موجود در مسیر، نقش مهمی در سرطان‌زایی دارد.^{۳۰} به اصطلاح، سرطان‌های تیپ یک، غیروابسته به لیگاندها شامل کارسینوم سلول بازال و مدولوبلاستوم هستند.^{۳۴}

مدولوبلاستوم، تومور بدخیم واقع در مخچه است که تصور می‌شود از سلول‌های بنیادی مغزی منشأ می‌گیرد. تکامل مخچه در طی رشد و نمو رویان توسط فعال‌سازی مسیر Hh اتفاق می‌افتد. جهش‌های خاموش‌کننده‌ی Patch منجر به فعالیت دائمی این مسیر می‌شود و عامل ۳۰٪ از موارد مدولوبلاستوم می‌باشد.^{۳۵} خاموشی این مسیر در طی رویان‌زایی می‌تواند منجر به هولوپروزنسفال می‌شود. هولوپروزنسفال شامل تکمیل‌نشدن شکاف مغزی

کرده و نیز در حفظ و پایداری سلول‌های بنیادی و progenitorها در بسیاری از بافت‌های بالغین عملکرد دارد. نقش این مسیر بیولوژیک در سرطان‌زایی نیز آشکار شده است.^{۳۶} شناسایی اولیه‌ی این مسیر در مگس سرکه انجام شده است. جهش در ژن Hh سبب حالتی شبیه به جوجه‌تیغی می‌باشد. ژن‌های کدکننده‌ی پروتئین‌های Hh در گونه‌های زیادی یافت شده است. پروتئین‌های Hh، هیدروفوب و ترشحی هستند. این مسیر عموماً در گونه‌های مختلف حفظ شده است. در مهره‌داران، سه هومولوگ از پروتئین Hh موجود است که عبارتند از: سونیک (SHH) Hh، Indian Hedgehog (IHH) و Desert Hedgehog (DHH). در نبود Hh، Patch1، پروتئین درون‌غشایی با ۱۶ domain عبورکننده از غشاء، مانع از فعال شدن Smoothend می‌شود. Smo یک پروتئین شبه G جفت‌شده با رسپتور (GPCR) با ۶ domain عبورکننده از غشاء واقع در اندوزوم داخل سلولی است.^{۳۸} مهار Smo توسط Patch1 مانع از فعال‌سازی مسیر Hh می‌شود. در این مسیر، در ابتدا با اتصال Hh به رسپتور Patch1 سبب برداشتن مهار از روی Smo می‌شود. طی یک‌سری واسطه‌های پروتئینی، فعال‌سازی خانواده‌ی Gli صورت می‌پذیرد. خانواده‌ی Gli جزء فاکتورهای رونویسی انگشت روی هستند که شامل Gli 1، Gli 2 و Gli 3 می‌باشند. وقتی Hh به Patch1 متصل می‌شود، مهار از روی Smo برداشته شده و Smo از اندوزوم داخل سلولی به غشاء سلولی مهاجرت می‌کند. Smo در غشاء سلول فعال شده و منجر به فعال شدن این مسیر و در نهایت Gli می‌شود. در واقع Smo سبب تبدیل فرم سرکوب‌شده Gli (GliR) به فرم فعال Gli (GliA) می‌شود.^{۳۹} از طرفی کمپلکس Hh/Patch به داخل سلول منتقل شده و تخریب می‌شود.^{۳۰} Sufu به‌عنوان تنظیم‌کننده‌ی منفی این مسیر، با اتصال به Gli مانع از فعال‌سازی ژن‌های هدف می‌شود. فرم فعال‌شده‌ی Gli وارد هسته



شکل ۲: مسیر hedgehog در حالت فعال و غیرفعال

از آلل‌های PTCH1 به دنیا می‌آید و در اکثر موارد این جهش با کوتاه‌شدن پروتئین همراه است و بنابراین به‌عنوان یک آلل پوچ (null allele) محسوب می‌شود.^{۳۸} طبق نظریه‌ی دوضربه‌ای Knudson^{۳۹}، هر دو آلل باید در یک سلول غیرفعال شود. ضربه‌ی اول در سلول‌های جنسی و جهش دوم در سلول‌های سوماتیک و طی وقایعی نظیر تابش نور فرابنفش ایجاد می‌شود. درحالی که در نوع پراکنده‌ی کارسینوم سلول بازال یا همان مدل غیرارثی آن، هر دو آلل PTCH1 در سلول سوماتیک جهش می‌یابد. در نتیجه پیشنهادکننده‌ی این موضوع می‌باشد که نوع ارثی این بیماری در سنین پایین‌تری بروز می‌یابد.^{۳۷}

میانجی‌گرهای پایین‌دست مسیر Hh که احتمالاً در ایجاد کارسینوم سلول بازال نقش دارند شامل افزایش

پیشانی، لب شکر، کام شکر و سیکلوپیا است. این بیماری از نظر فنوتیپی و ژنتیکی ناهمگون است. یکی از لوکوس‌های ژنی مرتبط با این بیماری HPE3 واقع در انتهای کروموزوم ۷ می‌باشد که بررسی‌های بیشتر منجر به شناسایی ژن SHH گردید و کاندید اولیه‌ی این اختلال محسوب می‌شود.^{۳۶}

نقش مسیر Hh در کارسینوم سلول بازال ارثی و غیرارثی

سندرم گورلین (Gorlin) در سال ۱۹۵۵ توضیح داده شد^{۳۷}، یک اختلال ژنتیکی نادر با توارث اتوزومی غالب می‌باشد. یکی از تظاهرات بالینی این سندرم، کارسینوم سلول‌های بازال متعدد می‌باشد. فردی که دچار این سندرم می‌باشد، با یک جهش ارثی در یکی

جهش‌یافته در ژن‌های ترمیمی برداشت تک‌نوکلئوتیدی می‌باشند. این ترمیم در آسیب‌های ناشی از تابش پرتو فرابنفش ایفای نقش می‌کند. در افراد مبتلا به این بیماری، احتمال بالایی برای ابتلا به انواع سرطان‌های پوستی با میانگین سنی بروز زود هنگام وجود دارد.^{۴۶} این مطالب پیشنهادکننده‌ی نقش واریانت‌های ژن‌های ترمیمی در استعداد ابتلا به کارسینوم سلول بازال می‌باشند.^{۴۶} در مطالعه‌ای توانایی ترمیمی سلول‌های لنفوسیتی افراد مبتلا به کارسینوم سلول بازال در مقایسه با افراد کنترل جامعه کاهش نشان داده است.^{۴۷} در حالی که در مطالعه‌ی دیگری نتایج این تحقیق تأیید نشد.^{۴۸} ارتباط معنی‌داری بین واریانت‌های تعدادی از ژن‌های ترمیمی با خطر ابتلا به کارسینوم سلول بازال مشاهده شده است.^{۴۹} بیش‌ترین مطالعات در یک پلی‌مورفیسم ژنی واقع در ژن XRCC3 می‌باشد. در تعدادی از مطالعات و نه همه‌ی مطالعات، ارتباط معنی‌داری بین وجود پلی‌مورفیسم T241M و کاهش خطر ابتلا به کارسینوم سلول بازال یافت شده است.^{۵۰، ۵۱} در حالی که پلی‌مورفیسم مذکور با افزایش ابتلا به سرطان پستان همراهی نشان داده است.^{۵۰} می‌توان تصور کرد که پلی‌مورفیسم مذکور خود عامل ایجادکننده نیست بلکه در نزدیکی یک عامل مستعدکننده قرار گرفته است. مطالعات متعددی، ارتباطی بین پلی‌مورفیسم‌های موجود در سایر ژن‌های ترمیمی و خطر ابتلا به کارسینوم سلول بازال را مطرح کرده‌اند، در حالی که در مطالعات مشابه دیگر، هیچ‌گونه ارتباطی بین ژن‌های ترمیمی و احتمال ابتلا به کارسینوم سلول بازال مشاهده نشده است. در مجموع هنوز مطالعات زیادی لازم است تا ارتباط بین کارسینوم سلول بازال و ژن‌های ترمیمی آشکار شود.^{۵۰} ژن TP53 یک واریانت آللی در کدون ۷۲ دارد که کدکننده‌ی دو آلل ژنی پرولین و آرژنین است. در تعدادی از مطالعات، آلل کدکننده‌ی پرولین را عامل مستعدکننده‌ی ابتلا به کارسینوم سلول بازال معرفی

هستند.^۳ درگیری ناحیه‌ی گردن و رشد چندین کارسینوم سلول بازال با پلی‌مورفیسم ژن گلوټاتیون S – ترانسفراز و سیتوکروم p-450 در ارتباط هستند. علاوه بر این‌ها، تریزومی کروموزوم ۶ نیز با افزایش خصوصیت تهاجمی کارسینوم سلول بازال مرتبط است. جهش در انکوژن RAS در کمتر از ۳۰٪ موارد دیده شده است.^۳

تنوع در ژن مسئول پیگمانتاسیون، ژن ملانوکورتین ۱ رسپتور ۱ (MC1R)، یک رسپتور برای هورمون تحریک‌کننده‌ی ملانوسیتی آلفا (MSH α) جزء اصلی‌ترین تغییرات ژنتیکی دیده شده می‌باشد. هورمون تحریک‌کننده‌ی ملانوسیتی آلفا محصول حاصل از پروتئولیز یک پروتئین کدشده توسط ژن پرواوپیوآوملانوکورتینمی باشد. MC1R در میان جمعیت عادی بسیار پلی‌مورفیک است و عامل تعیین‌کننده برای تولید یوملانین (پیگمان‌های قهوه‌ای - مشکی) یا فئوملانین (پیگمان‌های زرد - قرمز) می‌باشد. واریانت‌های غیرعمل‌کردی این ژن باعث پدید آمدن فئوملانین و به‌ویژه فنوتیپ موی قرمز می‌شود.^{۴۲} با توجه با این‌که افراد با موهای قرمز و پیگمان‌های کم‌رنگ دارای خطر افزایش‌یافته‌تری برای ابتلا به کارسینوم سلول بازال می‌باشند، بنابراین احتمال خطر وابسته به دوز ژنی می‌باشد، به‌طوری که افراد حامل دو آلل از واریانت غیرعمل‌کردی ژن MC1R در مقایسه با افراد دارای یک آلل غیرعمل‌کردی احتمال بیشتری برای ابتلا به سرطان‌های پوستی دارند. این یافته، پیشنهادکننده‌ی نقش ژن MC1R در استعداد ابتلا به سرطان‌های پوستی است.^{۱۸} تابش پرتو فرابنفش به کراتینوسیت‌ها سبب تولید MSH α و در نتیجه تکثیر و تمایز کراتینوسیت‌ها می‌شود.^{۴۴} ارتباط واریانت‌های موجود در ژن تیروزیناز کدکننده‌ی آنزیم محدودکننده‌ی سرعت عامل ایجاد ملانین با شیوع کارسینوم سلول بازال نیز نشان داده شده است.^{۴۵} افراد مبتلا به گزردرماپیگمنتوزم دارای دو آلل

FOXM1 جزئی از فاکتورهای رونویسی جعبه‌ی Forkhead می‌باشد. بیان این ژن در کارسینوم سلول بازال در مقایسه با کراتینوسیت‌های طبیعی افزایش بیان دارد.^{۵۷} این ژن عموماً در همه‌ی سلول‌های تکثیرشونده بیان می‌شود. افزایش بیان این ژن را با سرطان‌زایی و بدخیمی تومورها مرتبط دانسته‌اند.^{۵۸} طی آسیب‌های وارده بر DNA، فسفریلاسیون و فعال شدن CHK2 منجر به بیان ژن FOXM1 شده و این ژن نیز به نوبه‌ی خود سبب بیان ژن‌های ترمیمی XRCC1 و BRCA2 می‌شود.^{۵۹} از طرفی ژن FOXM1 جزو ژن‌های هدف مسیر Hh می‌باشد. بیان این ژن برای تقسیم صحیح سلولی لازم است و نبودش منجر به ناپایداری ژنومی، اختلال در تقسیم میتوزی و در نهایت مرگ سلولی می‌شود.^{۶۰} مشخص شده است که ARF می‌تواند نقش مهار بر روی فعالیت این ژن داشته باشد.^{۶۱} با همه‌ی این مطالعات هنوز اطلاعی در مورد چگونگی وابستگی این ژن با تومورزایی در کارسینوم سلول بازال آشکار نشده است.^{۶۱}

FOXE1 عضو دیگری از خانواده‌ی FOX می‌باشد که در اپی‌درم بیان می‌شود و در کارسینوم سلول بازال نیز بیان بالایی دارد. از طرفی نبود این ژن با رشد غیرعادی فولیکول‌های مو مرتبط است. باز هم ارتباطی بین این ژن و کارسینوم سلول بازال یافت نشده است.^{۶۱} لازم به ذکر است که شناسایی مولکول‌های دخیل در تومورزایی در سطح miRNAها نیز پنجره‌ی جدیدی را پیش‌روی محققان گشوده است.^{۶۲} به‌طور مثال می‌توان به mir203 ریز که RNA ویژه‌ی پوست می‌باشد، اشاره کرد. این ریز RNA، فقط در بافت پوست بیان بالایی دارد و در کارسینوم سلول‌های بازال کاهش بیان چشم‌گیری نشان می‌دهد.^{۶۳}

درمان کارسینوم سلول بازال

روش‌های درمانی متعددی وجود دارند که باید با توجه به خواست خود بیمار، میزان خطر تومور ایجادشده و تجهیزات و امکانات پزشکی در دسترس،

کرده‌اند.^{۵۲} مطالعات مشابه، تأییدکننده‌ی نقش این واریانت آلی در استعداد ابتلا به ملانوم پوستی می‌باشند.^{۵۳} مشخص شده است پلی‌مورفیسم موجود در ژن mdm2 که پایداری TP53 را تحت تأثیر قرار می‌دهد، هیچ ارتباطی با خطر ابتلا به کارسینوم سلول بازال ندارد.^{۵۴}

یک پلی‌مورفیسم رایج در اگزون ۲۳ واقع در کدون ۱۳۱۵ ژن Patch1 که کدکننده‌ی لوسین و یا پرولین است، وجود دارد. در مطالعه‌ای که بر روی بیماران مبتلا به فرم حاد کارسینوم سلول بازال (وجود چندین ضایعه و سن زودهنگام شروع) انجام گرفته بود، مشاهده شد که بین ژنوتیپ pT0/pT0 و فرم حاد کارسینوم سلول بازال ارتباط وجود دارد.^{۵۵} در مطالعه‌ای، کل انواع کارسینوم سلول بازال برای این پلی‌مورفیسم مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، ارتباطی بین این پلی‌مورفیسم و خطر ابتلا به کارسینوم سلول بازال مشاهده نشد. اگرچه هاپلوتایپ حاوی این پلی‌مورفیسم ارتباط قوی با خطر ابتلا به کارسینوم سلول بازال نشان داده است.^{۳۹} در مطالعه‌ای در موش‌های دارای جهش در HRAS پلی‌مورفیسم واقع در Patch1 فاکتور کنترلی مهمی در استعداد ابتلا به تومورهای پوستی از رده‌ی سلولی سنگ‌فرشی نشان داده است.^{۵۶} کلیه‌ی مطالعات انجام‌شده، نشان‌دهنده‌ی نقش مسیرهای سیگنالینگ به‌ویژه مسیر Hh در ابتلا به کارسینوم سلول بازال می‌باشند.

مسیرهای مرتبط و تغییرات بیانی

هنوز ارتباط مشخصی بین Gli و مسیرهای سیگنالینگ دیگر یافت نشده است.^{۴۱} مسیر PI3K: PI3K-AKT از طریق حداقل دو مکانیسم با SHH مرتبط است: (۱) SHH موجب مهار پروتئین کیناز A و نیز پایداری Gli2 می‌شود و (۲) SHH سبب فعال شدن PI3K می‌شود. هنوز مدرکی مبنی بر ارتباط بین مسیر PI3K-AKT و کارسینوم سلول بازال گزارش نشده است.^{۴۱}

متاستاتیک داده شد. در ۱۸ نفر از ۳۳ بیمار بهبودی نشان دادند که از بین بیماران بهبودیافته ۲ نفر بهبودی کامل و ۱۶ نفر بهبودی نسبی داشته‌اند. این دارو اثرات ثانویه هم‌چون کاهش وزن را نشان داده است.^{۶۶} مطالعات در فاز ۲ کارآزمایی بالینی در کارسینوم سلول بازال متاستاتیک، مدولوبلاستوم و سرطان پستان، تأییدکننده‌ی اثربخشی این دارو هستند.^{۶۷} سرانجام پس از سال‌ها تحقیق و مطالعه‌ی این دارو تحت عنوان vismodegib توسط سازمان غذا و داروی ایالات متحده (Food and Drug Administration) برای درمان بیماران مبتلا به کارسینوم سلول بازال متاستاتیک مورد تصویب قرار گرفت. در این مورد مطالعات بیشتری در آینده نیاز است تا بتوان اثر درمانی این دارو را در درمان کارسینوم سلول‌های بازال کم‌تر تهاجمی مورد بررسی قرار داد.^{۶۸} علاوه‌بر vismodegib، چهار داروی جدید دیگر نیز -BMS- (PF-04449913 و IPI-926، LDE-225، 833823) به‌عنوان مهارکننده‌های مسیر Hh، در فاز ۱ کارآزمایی بالینی در حال بررسی هستند. همه‌ی این داروها Smo را مورد هدف قرار می‌دهند. دو داروی آزمایش‌شده‌ی GANT61 و GANT58 می‌توانند به‌عنوان جایگزین دارویی در مواردی که مقاومت نسبت به مهارکننده‌ی Smo مشاهده شود، مورد استفاده قرار بگیرند.^{۶۹،۷۰} با وجود همه‌ی این پیشرفت‌ها در استفاده از این داروها، عده‌ای در مورد اثربخشی این داروها که فقط یک مسیر خاص را مورد هدف قرار می‌دهند نظر موافقی ندارند. طبق استدلال این دانشمندان، در سلول‌های سرطانی، بی‌نظمی کلی حاکم می‌باشد و صرف مهار یکی از این مسیرها نمی‌تواند درمان مناسبی باشند و نیاز به روش‌های درمانی متفاوت دیگری می‌باشد.^{۷۱} امید بر این است که در آینده‌ی نزدیک درمان‌های دارویی جایگزین مناسب‌تری و مؤثرتری نسبت به روش‌های درمانی تهاجمی در بیماران مبتلا به کارسینوم سلول بازال شود.

نوع درمان انتخاب شود.^{۶۴} تومورهای با خطر بالا احتمال بیشتری برای عود دارند، بنابراین نیاز به روش‌های درمانی تهاجمی‌تری می‌باشد. این روش‌های درمانی می‌توانند همراه با عمل جراحی یا بدون عمل جراحی باشند. روش‌های درمان با عمل جراحی شامل جراحی با سرما (cryosurgery)، برش و برداشتن با عمل جراحی، کورتاژ و کوتر (curettage and cautery) و جراحی Mohs می‌باشند. روش‌های درمانی بدون نیاز به عمل جراحی شامل رادیوتراپی، درمان فتودینامیک (photodynamic therapy) درمان دارویی با ایمیکیمود و ۵-فلوئورواسیل موضعی می‌باشند.^{۶۴}

از میان این روش‌ها، برای کارسینوم سلول بازال با خطر بالا روش جراحی Mohs به‌عنوان روش درمانی استاندارد طلایی مطرح شده است. در صورت عدم امکان یا دسترسی به این روش، روش برداشتن تومور با حاشیه‌ی وسیع یا روش رادیوتراپی توصیه می‌شود. روش‌های معمول دیگر برای درمان بیماران با کارسینوم سلول بازال با خطر پایین کاربرد دارد.^{۶۴}

مطالعات مولکولی و شناسایی مسیر و ژن‌های درگیر در بیماری‌زایی کارسینوم سلول بازال منجر به پیشنهاد و طراحی داروهای جدید مؤثر در این بیماری شده است. سیکلپامین مهارکننده‌ی Smo و یک آلکالوئید استرادیول گیاهی می‌باشد. مشخص شده است که با مهار مستقیم Smo سبب مهار مسیر Hh می‌شود. می‌توان از این سری جدید داروها که مهارکننده‌ی مسیر Hh هستند در جهت درمان کارسینوم سلول بازال و مدولوبلاستوم استفاده کرد. درمان با استفاده از سیکلپامین نتایج قابل قبولی به همراه داشته است.^{۶۵} این دارو پیش‌گامی جهت تولید داروهای مهارتی دیگر شده است. داروی GDC-0449 نسبت به سیکلپامین در مهار Smo اختصاصی‌تر عمل می‌کند. در مطالعه‌ی فاز ۱ کارآزمایی بالینی در بیماران در سه دوز مختلف ۱۵۰، ۲۷۰ و ۵۴۰ میلی‌گرم روزانه به مدت ۸ تا ۹ ماه به بیماران مبتلا به کارسینوم سلول بازال تهاجمی و

پیش‌گیری و پیش‌آگهی

پیش‌گیری از کارسینوم سلول بازال بر پایه‌ی آموزه‌های دانش فعلی، اجتناب از عوامل خطر ساز، تشخیص زودهنگام و توجه به سایر معیارهای پیشگیری به‌ویژه در جمعیت‌های مستعد می‌باشد. با توجه به نقش پرتو فرابنفش در ایجاد این بیماری، حفاظت‌های شغلی، اجتناب از سوختگی پوست در نتیجه‌ی نور آفتاب، پوشیدن لباس‌های مناسب، استفاده از محافظ‌های مناسب در محیط‌های سرباز، پرهیز از حضور در تابش به‌ویژه مستقیم نور خورشید و استفاده از فرآورده‌های ضدآفتاب از جمله راه‌های پیش‌گیری محسوب می‌شوند. هرچند نظرات متفاوتی بین محققان در مورد عملکرد محافظتی فرآورده‌های ضدآفتاب وجود دارد، برخی از محققان اظهار می‌کنند که استفاده از فرآورده‌های ضدآفتاب موجب افزایش رفتارهای پرخطر و افزایش خطر ابتلاء در مردم می‌شود، چرا که عموم تصور می‌کنند به‌دلیل حفاظت کامل فرآورده‌های ضدآفتاب، می‌توانند مدت زمان بیشتری را در معرض تابش نور خورشید قرار گیرند. مطالعات جدید، عدم کاهش بروز کارسینوم سلول بازال با وجود استفاده‌ی مداوم از فرآورده‌های ضدآفتاب را گزارش کرده‌اند.^۷ بیماران با سابقه‌ی کارسینوم سلول

بازال در مقایسه با افراد عادی، ۱۰ برابر بیشتر در معرض ابتلای مجدد به کارسینوم سلول بازال می‌باشد. ولی با وجود این خطر بالا، در صورت درمان موفق و بهبود کامل تومور اولیه، هیچ‌گونه مراقبت طولانی‌مدت لازم نیست.^۶

نتیجه‌گیری

در زمینه‌ی تشخیص و پیش‌آگهی سرطان‌ها، مطالعات متعددی در حال انجام می‌باشد تا شاید بتوان با استفاده از بیومارکرها تشخیص دقیق‌تر صورت پذیرد و در نتیجه روش درمانی مؤثرتر انتخاب گردد.^{۷۲} همان‌طور که در مورد سرطان پستان اتفاق افتاد، به‌طوری که امروزه در نتیجه‌ی وجود یا عدم وجود Her2/neu به‌عنوان یک بیومارکر تشخیصی با استفاده از درمان‌های متمایزی توسط پزشکان تجویز می‌گردد.^{۷۳،۷۴}

در نهایت، هر چه دید متخصصان علوم پایه در مورد مکانیسم‌های مولکولی درگیرکننده‌ی این تومورها بازتر شود و تعامل نزدیک‌تری با متخصصان علوم بالینی داشته باشند، احتمال ارائه‌ی روش‌های درمانی بهینه‌تر بیشتر فراهم می‌شود و بستر مناسب‌تری برای آموزش مؤثرتر به جمعیت در معرض خطر فراهم می‌گردد.

References

1. Armstrong BK, Kricger A. Skin cancer. *Dermatol Clin* 1995; 13: 583-94.
2. Lear JT, Smith AG. Basal cell carcinoma. *Postgrad Med J* 1997; 73: 538-42.
3. Chinem VP, Miot HA. Epidemiology of basal cell carcinoma. *An Bras Dermatol* 2011; 86: 292-305.
4. Madan V, Lear JT, Szeimies RM. Non-melanoma skin cancer. *Lancet* 2010; 375: 673-85.
5. Lo JS, Snow SN, Reizner GT, et al. Metastatic basal cell carcinoma: report of twelve cases with a review of the literature. *J Am Acad Dermatol* 1991; 24: 715-9.
6. Samarasinghe V, Madan V. Nonmelanoma skin cancer. *J Cutan Aesthet Surg* 2012; 5: 3-10.
7. Rubin AI, Chen EH, Ratner D. Basal-cell carcinoma. *N Engl J Med* 2005; 353: 2262-9.
8. Karagas MR, Greenberg ER. Unresolved issues in the epidemiology of basal cell and squamous cell skin cancer. In: Mukhtar H (ed.) *Skin Cancer: Mechanisms and Human Relevance*. Boca Raton, CRC, Fl 1995; 79-86.

9. Cancer Office, health assistance. Iranian report of cancer registry cases 2007-2009; Tehran; Iran Health Ministry; 2008. (Persian)
10. Kalaghchi B, Maghsoudnia G, Kamyab K, et al. An epidemiologic study on basal cell carcinoma and its related risk factors in patients referred to Razi Hospital Tumor Clinic in Autumn 2005-2006. *Iran J Dermatol* 2008; 11: 1-2.
11. Kavoussi H, Rezaei M, Ebrahimi A, Hosseini S. Epidemiological indices of non-melanoma skin cancers in Kermanshah, Iran. *Pakistan Association Dermatologists* 2012; 22: 112-7.
12. Roewert Huber J, LangeAsschenfeldt B, Stockfleth E, Kerl H. Epidemiology and aetiology of basal cell carcinoma. *Br J Dermatol* 2007; 157: 47-51.
13. Lear JT, Tan BB, Smith AG, et al. Risk factors for basal cell carcinoma in the UK: case-control study in 806 patients. *J R Soc of Med* 1997; 90: 371-4.
14. Armstrong BK, Kricker A. How much melanoma is caused by sun exposure? *Melanoma Res* 1993; 3: 395-401.
15. Samarasinghe V, Madan V, Lear JT. Focus on basal cell carcinoma. *J Skin Cancer* 2011; 2011: 328615. doi:10.1155/2011/328615.
16. Ghaninejad H, Ehsani AH, Ghiasi M, et al. Benign and malignant skin lesions in renal transplant recipients. *Indian J Dermatol* 2009; 54: 247-50.
17. Slater D, Walsh M. Dataset for the histological reporting of primary cutaneous squamous cell carcinoma and regional lymph nodes. 2nd Ed. London, The Royal College of Pathologists. 2012: 1-31.
18. Walling HW, Fosko SW, Geraminejad PA, et al. Aggressive basal cell carcinoma: presentation, pathogenesis, and management. *Cancer Metastasis Rev* 2004; 23: 389-402.
19. Nassiria Kashani M, Sadr B, Fanian F, et al. Pre-operative assessment of basal cell carcinoma dimensions using high frequency ultrasonography and its correlation with histopathology. *Skin Res Technol* 2013; 19: e132-8.
20. Yang W, Tabrizi M, Yi T. A bipartite NLS at the SHP-1 C-terminus mediates cytokine-induced SHP-1 nuclear localization in cell growth control. *Blood Cells Mol Dis* 2002; 28: 63-74.
21. Haque SJ, Harbor P, Tabrizi M, et al. Protein-tyrosine phosphatase Shp-1 is a negative regulator of IL-4-and IL-13-dependent signal transduction. *J Biol Chem* 1998; 273: 33893-6.
22. Yang W, McKenna SD, Jiao H, et al. SHP-1 deficiency in B-lineage cells is associated with heightened lyn protein expression and increased lyn kinase activity. *Exp Hematol* 1998; 26: 1126-32.
23. Yang W, Tabrizi M, Berrada K, Yi T. SHP-1 phosphatase C-terminus interacts with novel substrates p32/p30 during erythropoietin and interleukin-3 mitogenic responses. *Blood* 1998; 91: 3746-55.
24. Tabrizi M, Yang W, Jiao H, et al. Reduced Tyk2/SHP-1 interaction and lack of SHP-1 mutation in a kindred of familial hemophagocytic lymphohistiocytosis. *Leukemia* 1998; 12: 200-6.
25. Jiao H, Yang W, Berrada K, et al. Macrophages from motheaten and viable motheaten mutant mice show increased proliferativeresponses to GM-CSF: detection of potential HCP substrates in GM-CSF signal transduction. *Exp Hematol* 1997; 25: 592-600.
26. Jiao H, Berrada K, Yang W, et al. Direct association with and dephosphorylation of Jak2 kinase by the SH2-domain-containing protein tyrosine phosphatase SHP-1. *Mol Cell Biol*

- 1996; 16: 6985-92.
27. De Zwaan SE, Haass NK. Genetics of basal cell carcinoma. *Australas J Dermatol* 2010; 51: 81-92.
 28. Ingham PW, Placzek M. Orchestrating ontogenesis: variations on a theme by sonic hedgehog. *Nat Rev Genet* 2006; 7: 841-50.
 29. Teglund S, Toftgard R. Hedgehog beyond medulloblastoma and basal cell carcinoma. *Biochim Biophys Acta* 2010; 1805: 181-208.
 30. Rubin LL, De Sauvage FJ. Targeting the Hedgehog pathway in cancer. *Nat Rev Drug Discov* 2006; 5: 1026-33.
 31. Chen MH, Wilson CW, Li YJ, et al. Cilium-independent regulation of Gli protein function by Sufu in Hedgehog signaling is evolutionarily conserved. *Genes Dev* 2009; 23: 1910-28.
 32. Ingham PW, McMahon AP. Hedgehog signaling in animal development: paradigms and principles. *Genes Dev* 2001; 15: 3059-87.
 33. Evangelista M, Tian H, de Sauvage FJ. The hedgehog signaling pathway in cancer. *Clin Cancer Res* 2006; 12: 5924-8.
 34. Caro I, Low JA. The role of the hedgehog signaling pathway in the development of basal cell carcinoma and opportunities for treatment. *Clin Cancer Res* 2010; 16: 3335-9.
 35. Rudin CM, Hann CL, Laterra J, et al. Treatment of medulloblastoma with hedgehog pathway inhibitor GDC-0449. *N Engl J Med* 2009; 361: 1173-8.
 36. Roessler E, Belloni E, Gaudenz K, et al. Mutations in the human Sonic Hedgehog gene cause holoprosencephaly. *Nat Genes* 1996; 14: 357-60.
 37. Gorlin RJ, Goltz RW. Multiple nevoid basal-cell epithelioma, jaw cysts and bifid rib. A syndrome. *N Engl J Med* 1960; 262: 908-12.
 38. Wicking C, Shanley S, Smyth I, et al. Most germ-line mutations in the nevoid basal cell carcinoma syndrome lead to a premature termination of the PATCHED protein, and no genotype-phenotype correlations are evident. *Am J Hum Genet* 1997; 60: 21-6.
 39. Knudson AG. Mutation and cancer: statistical study of retinoblastoma. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1971; 68: 820-3.
 40. Daya-Grosjean L, Sarasin A. UV-specific mutations of the human patched gene in basal cell carcinomas from normal individuals and xeroderma pigmentosum patients. *Mutat Res* 2000; 450: 193-9.
 41. Epstein EH. Basal cell carcinomas: attack of the hedgehog. *Nat Rev Cancer* 2008; 8: 743-54.
 42. Han J, Kraft P, Colditz GA, et al. Melanocortin 1 receptor variants and skin cancer risk. *Int J Cancer* 2006; 119: 1976-84.
 43. Rees JL. The genetics of sun sensitivity in humans. *Am J Hum Genet* 2004; 75: 739-51.
 44. Wintzen M, Yaar M, Burbach JPH, Gilchrist BA. Proopiomelanocortin gene product regulation in keratinocytes. *J Invest Dermatol* 1996; 106: 673-8.
 45. Gudbjartsson DF, Sulem P, Stacey SN, et al. ASIP and TYR pigmentation variants associate with cutaneous melanoma and basal cell carcinoma. *Nat Genet* 2008; 40: 886-91.
 46. Kraemer KH, Lee MM, Andrews AD, Lambert WC. The role of sunlight and DNA repair in melanoma and nonmelanoma skin cancer: the xeroderma pigmentosum paradigm. *Arch Dermatol* 1994; 130: 1018-21.

47. Wei Q, Matanoski GM, Farmer ER, et al. DNA repair capacity for ultraviolet light-induced damage is reduced in peripheral lymphocytes from patients with basal cell carcinoma. *J Invest Dermatol* 1995; 104: 933-6.
48. Dybdahl M, Frentz G, Vogel U, et al. Low DNA repair is a risk factor in skin carcinogenesis: a study of basal cell carcinoma in psoriasis patients. *Mutat Res* 1999; 433: 15-22.
49. Berwick M, Vineis P. Markers of DNA repair and susceptibility to cancer in humans: an epidemiologic review. *J Natl Cancer Inst* 2000; 92: 874-97.
50. Han S, Zhang HT, Wang Z, et al. DNA repair gene XRCC3 polymorphisms and cancer risk: a meta-analysis of 48 case control studies. *Eur J Hum Genet* 2006; 14: 1136-44.
51. Jacobsen NR, Nex BA, Olsen A, et al. No association between the DNA repair gene XRCC3 T241M polymorphism and risk of skin cancer and breast cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2003; 12: 584-5.
52. Chen YC, Xu L, Guo YLL, et al. Genetic polymorphism in p53 codon 72 and skin cancer in southwestern Taiwan. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng* 2003; 38: 201-11.
53. Stefanaki I, Stratigos AJ, Dimisianos G, et al. p53 codon 72 Pro homozygosity increases the risk of cutaneous melanoma in individuals with dark skin complexion and among noncarriers of melanocortin 1 receptor red hair variants. *Br J Dermatol* 2007; 156: 357-62.
54. Wilkening S, Hemminki K, Rudnai P, et al. No association between MDM2 SNP309 promoter polymorphism and basal cell carcinoma of the skin. *Br J Dermatol* 2007; 157: 375-7.
55. Asplund A, Gustafsson AC, Wikonkal NM, Sela A, Leffell DJ, Kidd K, et al. PTCH codon 1315 polymorphism and risk for nonmelanoma skin cancer. *Br J Dermatol* 2005; 152: 868-73.
56. Wakabayashi Y, Mao JH, Brown K, et al. Promotion of Hras-induced squamous carcinomas by a polymorphic variant of the Patched gene in FVB mice. *Nature* 2007; 445: 761-5.
57. Teh MT, Wong ST, Neill GW, et al. FOXM1 is a downstream target of Gli1 in basal cell carcinomas. *Cancer Res* 2002; 62: 4773-80.
58. Yoshida Y, Wang I, Yoder HM, et al. The forkhead box M1 transcription factor contributes to the development and growth of mouse colorectal cancer. *Gastroenterology* 2007; 132: 1420-31.
59. Tan Y, Raychaudhuri P, Costa RH. Chk2 mediates stabilization of the FoxM1 transcription factor to stimulate expression of DNA repair genes. *Mol Cell Biol* 2007; 27: 1007-16.
60. Wonsey DR, Follettie MT. Loss of the forkhead transcription factor FoxM1 causes centrosome amplification and mitotic catastrophe. *Cancer Res* 2005; 65: 5181-9.
61. Kalinichenko VV, Major ML, Wang X, et al. Foxm1b transcription factor is essential for development of hepatocellular carcinomas and is negatively regulated by the p19ARF tumor suppressor. *Genes Dev* 2004; 18: 830-50.
62. Noori-Dalooi MR, Vand Rajabpour F. Roles of miRNAs in gene expression regulation, apoptosis, diagnosis and treatment of cancer. *Medical Science Journal of Islamic Azad University-Tehran Medical Branch* 2011; 21: 151-161.
63. Sonkoly E, Loven J, Xu N, et al. MicroRNA-203 functions as a tumor suppressor in basal cell carcinoma. *Oncogenesis* 2012; 1: e3.
64. Shahshahani M, Ehsani A, Noormohammadpour P, Gholamali F. 595nm Pulsed dye laser: an alternative to treat basal cell carcinomas. *J Lasers Med Sci* 2011; 2: 98-102.

65. Tabs S, Avcı O. Induction of the differentiation and apoptosis of tumor cells in vivo with efficiency and selectivity. *Eur J Dermatol* 2004; 14: 96-102.
66. Von Hoff DD, LoRusso PM, Rudin CM, et al. Inhibition of the hedgehog pathway in advanced basal-cell carcinoma. *N Engl J Med* 2009; 361: 1164-72.
67. Dirix L, Rutten A. Vismodegib: a promising drug in the treatment of basal cell carcinomas. *Future Oncol* 2012; 8: 915-28.
68. Sekulic A, Migden MR, Oro AE, et al. Efficacy and safety of vismodegib in advanced basal-cell carcinoma. *N Engl J Med* 2012; 366: 2171-9.
69. Weiss GJ, Von Hoff DD. Hunting the hedgehog pathway. *Clin Pharmacol Ther* 2010; 87: 743-7.
70. Doggrell SA. The hedgehog pathway inhibitor GDC-0449 shows potential in skin and other cancers. *Expert Opin Investig Drugs* 2010; 19: 451-4.
71. Queiroz KC, Spek CA, Peppelenbosch MP. Targeting Hedgehog signaling and understanding refractory response to treatment with Hedgehog pathway inhibitors. *Drug Resist Updat* 2012; 15: 211-22.
72. Tabrizi M, Youssefian L. Cell signaling in cancer treatment and prevention. In: Mehdipour P (ed.) *Bridging cell biology and genetics to the cancer clinic*. Transworld Research Network, 2011; 37-58.
73. Ross JS, Fletcher JA, Linette GP, et al. The Her-2/neu gene and protein in breast cancer 2003: biomarker and target of therapy. *Oncologist* 2003; 8: 307-25.
74. Piccart-Gebhart MJ, Procter M, Leyland-Jones B, et al. Trastuzumab after adjuvant chemotherapy in HER2-positive breast cancer. *N Engl J Med* 2005; 353: 1659-72.

Basal cell carcinoma: From molecule to therapy

Fatemeh VandRajabpour, MSc¹
 Reza Raoofian, MD¹
 Fatemeh Gholamali, MD²
 Pedram Noormohammadpour, MD²
 Morteza Hashemzadeh Chaleshtori,
 PhD¹
 Mina Tabrizi, MD, PhD²

1. Department of Medical Genetics, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2. Department of Dermatology, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
3. Cellular and Molecular Research Center, Yasooj University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran.

Basal cell carcinoma (BCC) is the most common cancer in Iran and in the world and its prevalence may become equivalent to the prevalence of all other cancers combined in the future. The Hedgehog (Hh) signaling pathway has an important role in tumorigenesis of BCC. Mutations in PTCH and Smo molecules of this pathway account for 85% to 95% of sporadic BCCs and also most cases of inherited cases. Currently, several treatment methods exist for this cancer. Mohs surgery and removing the whole tumor with free margins are the most efficient way for metastatic and highly invasive BCCs. According to the latest findings, small inhibitor molecules of the Hh pathway are becoming highlighted in drug production. Vismodegib an inhibitor of Smo, was approved by the Food and Drug Administration in 2012 as a drug for metastatic and highly invasive BCCs. Therefore, strategic targeting of signaling molecules has demonstrated success and holds great potential in medicine.

Keywords: basal cell carcinoma, signaling transduction, patched receptor, Smo, Gli1, Mohs surgery, vismodegib.

Received: Nov 2, 2013

Accepted: Dec 22, 2013

Dermatology and Cosmetic 2013; 4 (3): 226-242

Corresponding Author:

Mina Tabrizi, MD, PhD

Department of Medical Genetics, School of Medicine, Tehran University of Medical Sciences, P.O. Box 14155-6447, Zip code 14176-13151

Email: tabrizi@tums.ac.ir

Conflict of interest: None to declare