

همسانه سازی ژن *virG* و ساخت سازه جهش یافته *pGEMΔvirG* به منظور

القای نو ترکیبی در سویه شیگلا دیسانتری بومی

حورا احمدی دانش¹، مجتبی سعادتی²، محمد دورودیان³، باقر یخچالی⁴، علی اصغر کارخانه⁵،
سید مصطفی حسینی⁶، مختار زارع⁷، مهرداد هاشمی⁸

¹ دانشجوی کارشناسی ارشد زیست شناسی سلولی و مولکولی، گروه زیست شناسی سلولی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه جامع امام حسین (ع)
² دانشیار، دکترای باکتری شناسی، گروه زیست شناسی سلولی، دانشکده علوم، دانشگاه امام حسین (ع)
³ دانشجوی کارشناسی ارشد زیست شناسی سلولی و مولکولی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز، باشگاه پژوهشگران جوان
⁴ دانشیار، دکترای میکروبیولوژی، گروه صنعت و محیط زیست، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری
⁵ استادیار، دکترای ژنتیک مولکولی، گروه صنعت و محیط زیست، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری
⁶ باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات
⁷ پژوهشگر، گروه زیست شناسی سلولی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه جامع امام حسین (ع)
⁸ استادیار، دکترای ژنتیک مولکولی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پزشکی تهران

چکیده

سابقه و هدف: بیماری شیگلوز از علل عمده ابتلا کودکان به اسهال در ایران است و ژن *virG* نقش کلیدی را در بیماری زایی و قدرت تهاجم باکتری شیگلا بازی می کند. هدف از این مطالعه، همسانه سازی، توالی یابی ژن *virG* و ساخت سازه جهش یافته *pGEMΔvirG* به منظور القای نو ترکیبی در سویه شیگلا بومی با هدف ساخت سویه کاندید واکسنی زنده تقلیل حدت یافته است.

روش بررسی: با استفاده از آزمون های بیوشیمیایی، سویه شیگلای بومی بررسی و ژن *virG* در حامل *pGEM-7zf* همسانه سازی و سپس توالی نوکلئوتیدی آن تعیین گردید. بر اساس اطلاعات حاصل از توالی یابی، نقشه برش آنزیمی حامل نو ترکیب *pGEMvirG* استخراج و نسبت به حذف نواحی از ژن *virG* با استفاده از واکنش هضم آنزیمی اقدام شد. در نهایت، سازه *pGEMΔvirG* با به کار گیری روش شیمیایی به باکتری اشریشیاکلی تراریخت سازی گردید.

یافته ها: سویه شیگلای بومی تایید گردید. توالی یابی ژن *virG* در پایگاه داده های ژنومی (NCBI) ثبت گردید. سازه *pGEMΔvirG* یک ساختار جهش یافته از ژن *virG* در باکتری اشریشیاکلی را شامل می شود که 1751 جفت باز از آن، از طریق واکنش هضم آنزیمی حذف شده است.

نتیجه گیری: استفاده از تکنیک تبادل آلی بر پایه بهره گیری از رخداد نو ترکیبی در باکتری ها یکی از موثرترین روش های ایجاد گسستگی در ژن های هدف می باشد. این ساختار جهش یافته می تواند به منظور ایجاد سویه کاندید واکسنی زنده تقلیل حدت یافته شیگلا دیسانتری مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: تبادل آلی، شیگلا دیسانتری، ژن *virG* کاندید واکسنی زنده تقلیل حدت یافته.

مقدمه

باکتری شیگلا، باسیل گرم منفی روده ای و عامل مسری ترین اسهال باسیلی (دیسانتري) می باشد. بیماری که توسط باسیل

شیگلا ایجاد می گردد، شیگلوز نام دارد. جنس شیگلا شامل چهار گونه دیسانتری، فلکسنری، سونه ای و بویدی می باشد (1، 2). شیگلوز با تظاهراتی شامل اسهال آبکی به همراه مقادیر مختلفی از مخاط و خون، درد، دل پیچه، تب، تهوع، سردرد و گرفتگی عضلات دیده می شود. شیگلا یک باکتری گرم منفی و از نظر ژنتیکی بسیار شبیه اشریشیاکلی است که گاهی از آن به عنوان اشریشیاکلی بیماری زا یاد می شود (3).

آدرس نویسنده مسئول: تهران، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه امام حسین (ع)، مجتبی سعادتی

(email: m_saadati@yahoo.com)

تاریخ دریافت مقاله: 90/3/7

تاریخ پذیرش مقاله: 90/7/10

عفونت شیگلا بیشتر از طریق آب و غذای آلوده منتقل می‌شود. البته گزارش‌هایی نیز در مورد انتقال با حشرات وجود دارد. کودکان زیر 5 سال و افرادی که به مناطق آلوده سفر می‌کنند بیشتر در معرض خطر هستند. تقریباً 10 تا 100 عدد باکتری برای ایجاد بیماری کافی است (4). در بزرگسالان بیماری معمولاً بهبود می‌یابد ولی در کودکان و خردسالان بیماری شدید ایجاد می‌شود که نیاز به بستری در بیمارستان و حتی در مناطق در حال توسعه منجر به مرگ و میر می‌شود (5). تقریباً 99 درصد عفونت‌های شیگلا در مناطق در حال توسعه رخ می‌دهد و سالانه حدود 1/1 میلیون نفر از عفونت شیگلا می‌میرند که 60% آنها کودکان زیر 5 سال هستند (6). درمان با آنتی‌بیوتیک اصلی‌ترین راه درمان شیگلوز است، اما مقاومت روزافزون نسبت به آنتی‌بیوتیک‌ها و از طرف دیگر نرخ بالای عفونت و مرگ و میر در کودکان و همچنین قابلیت استفاده از این باکتری در بیوتوریسم ضرورت ساخت یک واکسن مؤثر بر ضد گونه‌های مختلف شیگلا را ایجاب می‌کند (7).

شیگلا ناحیه راست روده و کلون را در دستگاه گوارش هدف قرار می‌دهد، در آنجا باکتری وارد سلول‌های تخصص یافته M مستقر در فولیکول‌های مرتبط با سلول‌های پوششی روده می‌شود. باکتری سپس از طریق اندرکنش‌هایی بین پروتئین‌های باکتری و برخی مولکول‌های پیام‌رسان میزبان به سلول‌های پوششی روده‌ای مجاور حمله می‌کند (8، 9). هر باکتری در نهایت درون یک واکوئل اندوسیتوزی بلعیده می‌شود و پاره شدن واکوئل باعث رها شدن باکتری درون سیتوپلاسم سلول پوششی می‌شود و در آنجا تکثیر می‌شود و به کمک پروتئین حرکت درون سلولی A (IcsA)، که به نام VirG نیز شناخته می‌شود، به سمت سلول‌های پوششی مجاور حرکت می‌کند (10-12).

پروتئین VirG که یک پروتئین حیاتی برای بیماری‌زایی باکتری است، متعلق به خانواده اتوترانسپورترهای نوع 4 است. درون سلول میزبان VirG با پروتئین سندروم عصبی ویسکوت دریچ (N-WASP) میزبانی وارد واکنش می‌شود. این پروتئین یک پروتئین تنظیم‌کننده اکتین سلولی است و به نوبه خود کمپلکس Arp2/3 میزبان را آزاد می‌کند و موجب پلیمریزه شدن اکتین‌های گلوبولی میزبان به شکل اکتین رشته‌ای می‌شود. تجمع اکتین رشته‌ای به صورت "دنباله‌هایی" در یک قطب سلول موجب حرکت مبتنی بر اکتین باکتری (ABM) می‌شود (7، 13، 14).

گسترش درون سلولی و بین سلولی مبتنی بر VirG باکتری به شدت باعث از دست رفتن سلامت سلولی و به وجود آمدن آسیب بافتی می‌شود. سلول‌های شیگلا که دارای نقص در ژن *virG*(*icsA*) هستند در تمام مدل‌های حیوانی قدرت بیماری‌زایی کمتری دارند (13)، و جریان لوکوسیت‌های پلی مورفونوکلئار در نهایت باکتری‌ها را می‌کشد و عفونت از بین می‌رود. بنابراین جهش در ژن *virG* (*icsA*) محور اصلی کاهش بیماری‌زایی در چندین سویه واکسن تقلیل حدت یافته است (6). ساساکاوا و همکاران در سال 1986 با وارد کردن ترانسپوزون Tn-5 در پلاسمید تهاجمی 140 مگادالتونی باکتری شیگلا توانستند در قدرت تهاجم باکتری تداخل ایجاد کنند. آنها نشان دادند که ناحیه ژنی *virG* به طول تقریبی 4 کیلو باز، به منظور ایجاد پاسخ مثبت در تست ارزیابی قدرت تهاجمی (Sereny) ضروری می‌باشد (15). در مطالعات لت و همکاران نشان داده شد که محصول ژن *virG* در سطح خارجی غشا باکتری بیان شده و ناحیه ژنی قابل ترجمه (ORF) آن، پروتئینی به طول 1102 آمینواسید رمزگذاری می‌کند (11). آزمایشات بالینی انجام گرفته بر روی سویه‌های متنوع واکسنی تخفیف حدت یافته نشان داده‌اند که تولید این نسل‌های واکسنی توانایی عرضه بالاترین میزان آنتی‌ژن را به سیستم ایمنی موکوزال (مخاطی) را دارا هستند و در عین حال بالاترین میزان برانگیختگی را در سیستم ایمنی بدن سبب خواهند گردید. امروزه سویه‌های واکسنی تهاجمی عموماً به وسیله تخفیف حدت از طریق جهش‌زایی در ژن‌های بیماری‌زایی که پس از ورود باکتری به سلول‌های بدن برای بیماری‌زایی باکتری ضروری می‌باشند انجام می‌گیرد (16). کاتلاف و همکاران سویه واکسنی CVD1207 را از طریق ایجاد جهش اختصاصی در ژن‌های *set*، *sen*، *virG* و *guaBA* تولید نمودند. مطالعات بالینی انجام شده بر روی این سویه واکسنی، نشان داد که به دلیل تخفیف حدت بالای این سویه واکسنی، از تحمل‌پذیری مناسبی در برابر واکنش مجدد (reactogenic) با سویه وحشی (پیش از انجام حذف ژن) در مقایسه با سویه‌های واکسنی که پیش از آن علیه شیگلا ساخته شده بود برخوردار است (17). جهش‌زایی در ژن‌های بیماری‌زا شیگلا مانند *virG*، *ipaB* و غیره یا طیفی از ژن‌های متابولیسمی مانند ژن‌های مسیر بیوسنتزی پورین‌ها و در نهایت، ژن‌های توکسیک مانند شیگا توکسین این پتانسیل را دارا هستند که واکسن‌های ایمن و تا 100 درصد محافظ در برابر شیگلوز ایجاد نمایند (7، 14، 18). تا کنون چندین سویه واکسنی بر پایه حذف ژن *virG* از گونه‌های مختلف شیگلا ساخته شده است که می‌توان به سویه‌های واکسنی SC602 (شیگلا فلکسنری)، WRSS1 (شیگلا سونه‌ای) و WRSd1 (شیگلا دیسانتری تیپ 1) اشاره کرد (5، 8، 13، 19، 20).

پروتئین VirG که یک پروتئین حیاتی برای بیماری‌زایی باکتری است، متعلق به خانواده اتوترانسپورترهای نوع 4 است. درون سلول میزبان VirG با پروتئین سندروم عصبی ویسکوت دریچ (N-WASP) میزبانی وارد واکنش می‌شود. این پروتئین یک پروتئین تنظیم‌کننده اکتین سلولی است و به نوبه خود کمپلکس Arp2/3 میزبان را آزاد می‌کند و موجب پلیمریزه شدن اکتین‌های گلوبولی میزبان به شکل اکتین رشته‌ای می‌شود. تجمع اکتین رشته‌ای به صورت "دنباله‌هایی" در یک قطب سلول موجب حرکت مبتنی بر اکتین باکتری (ABM) می‌شود (7، 13، 14).

گسترش درون سلولی و بین سلولی مبتنی بر VirG باکتری به شدت باعث از دست رفتن سلامت سلولی و به وجود آمدن آسیب بافتی می‌شود. سلول‌های شیگلا که دارای نقص در ژن

گسترش درون سلولی و بین سلولی مبتنی بر VirG باکتری به شدت باعث از دست رفتن سلامت سلولی و به وجود آمدن آسیب بافتی می‌شود. سلول‌های شیگلا که دارای نقص در ژن

گسترش درون سلولی و بین سلولی مبتنی بر VirG باکتری به شدت باعث از دست رفتن سلامت سلولی و به وجود آمدن آسیب بافتی می‌شود. سلول‌های شیگلا که دارای نقص در ژن

مخلوط به عنوان DNA الگو به همراه 10 پیکو مول از هر کدام از آغازگرها، 5 میکرولیتر بافر PCR 10X (شرکت fermentase)، 400 ماکرو مولار از 2 dNTPs واحد آنزیم *pfu* (fermentase) و ddH₂O تا حجم 50 میکرولیتر اضافه شد و در دستگاه ترموسایکلر TECHNE Flexigene قرار داده شد. واکنش PCR طبق برنامه 94 درجه سانتی‌گراد یک دقیقه، 50 درجه سانتی‌گراد یک دقیقه، 72 درجه سانتی‌گراد 7 دقیقه در 30 چرخه انجام شد. محصول PCR روی ژل آگارز 1% الکتروفورز و بررسی گردید. DNA تکثیر شده با استفاده از کیت خالص سازی محصول PCR (شرکت Roche) خالص و جهت شناسایی تعیین توالی گردید.

همسان سازی ژن *virG* در پلاسمید ناقل T: محصول PCR ژن *virG* با استفاده از ناقل پلاسمیدی pGEM-7zf خطی شده با آنزیم *SmaI* به کمک کیت PCR product cloning (Fermentas) انجام گردید و سپس به سویه اشرشیا کلی (سویه DH5α) منتقل و کلونی‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک آمپی‌سیلین (غلظت 100 میکروگرم در میلی لیتر) بر روی محیط LB پس از گذشت 16 ساعت غربالگری شد.

واکنش هضم آنزیمی: ناقل پلاسمیدی pGEM-7zf فاقد جایگاه برش آنزیمی برای آنزیم محدود کننده *HincII* می باشد. پس از همسانه سازی ژن *virG* در حامل pGEM-7zf، نقشه برش آنزیمی پلاسمید pGEM*virG* با استفاده از نرم افزار تحت شبکه webcutter و نیز نرم افزار DNASIS استخراج گردید. ژن *virG* دارای سه جایگاه برش برای آنزیم *HincII* می باشد و بنابراین، در اثر برش آنزیمی حامل pGEM*virG* با استفاده از آنزیم محدود کننده *HincII* سه قطعه 705، 1046 و 4473 جفت بازی ایجاد خواهد شد. با توجه به اطلاعات فوق، پلاسمید pGEM*virG* تحت برش آنزیمی با آنزیم *HincII* قرار گرفت و در اثر برش آنزیمی 1751 جفت باز از ژن *virG* حذف گردید. قطعه 4473 جفت بازی از پلاسمید pGEM*virG* و 1476 جفت باز از ژن *virG* تشکیل شده با استفاده از کیت استخراج DNA از روی ژل شرکت Roche خالص سازی گردید. سپس برای قطعه باقیمانده بر روی پلاسمید pGEM*virG* واکنش خود اتصالی (self ligation) گذاشته شد و ساختار جهش یافته pGEMΔ*virG* حاصل گردید.

تایید حذف بخشی از ژن *virG* با استفاده از واکنش PCR: برای تایید وجود ژن *virG* دارای حذف از نمونه‌های واجد pGEMΔ*virG* با آغازگرهای *vrgF* و *vrgR* واکنش PCR

هدف این مطالعه، طراحی و ساخت یک ساختار جهش یافته از ژن *virG* در یک سویه شیگلای بومی است که بتوان از آن در برنامه‌های توسعه واکسن علیه شیگلوز بر مبنای سویه بومی از آن استفاده نمود. به این منظور ژن *virG* از سویه شیگلایی که قبلاً در بیمارستان بقیه الله (عج) از یک بیمار ایرانی جدا شده بود، استفاده شد.

مواد و روشها

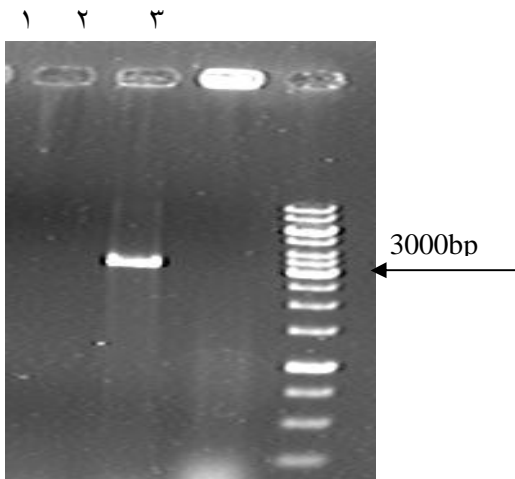
تهیه کشت خالص از نمونه: در ابتدا باکتری شیگلا از بیماران مبتلا به اسهال خونی در بیمارستان بقیه الله (عج) جدا شد. به منظور تایید نمونه تهیه شده، سویه‌های مورد نظر در محیط سالمونلا - شیگلا آگار، در دمای 37 درجه سانتی‌گراد کشت و به مدت 16 ساعت انکوبه شدند. پس از ارزیابی‌های اولیه ریخت‌شناسی (Morphological) بر روی محیط فوق، آزمون‌های بیوشیمیایی شامل اورنیتین دکربوکسیلاز، هکتوتن، زایلوز لایزین دکربوکسیلاز، مک کانکی، TSI، ONPG، آزمون تخمیر قند آرابینوز و تولید اندول انجام شد و پس از کشت در محیط LB مایع و افزودن گلیسرول (غلظت نهایی 20%) در دمای 80- درجه سانتی‌گراد ذخیره گردید.

تکثیر ژن *virG*: به منظور شناسایی ژن *virG* از سویه شیگلا جدا شده یک جفت آغازگر اختصاصی برای تشخیص حضور این ژن با توجه به اطلاعات موجود در بانک ژنی (شماره دسترسی CP000035) با استفاده از نرم افزار Gene Runner طراحی و سپس سنتز گردید (سینا کلون، ایران). توالی آغازگرهای بالادست و پایین دست تشخیص ژن *virG* در جدول 1 آمده است.

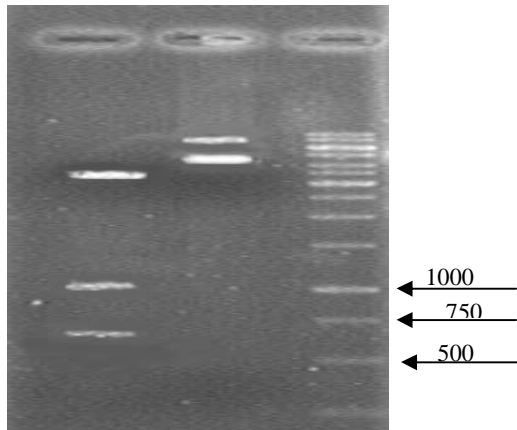
جدول 1- توالی آغازگرهای شناسایی به کارگرفته شده به منظور تکثیر ژن *virG*

نام آغازگر	توالی آغازگر از 5' به 3'
<i>vrgF</i>	5' CGGAGAATTACCTACGGTAAAGG 3'
<i>vrgR</i>	5' CACCCAAAATACCTTGGGTGTC 3'

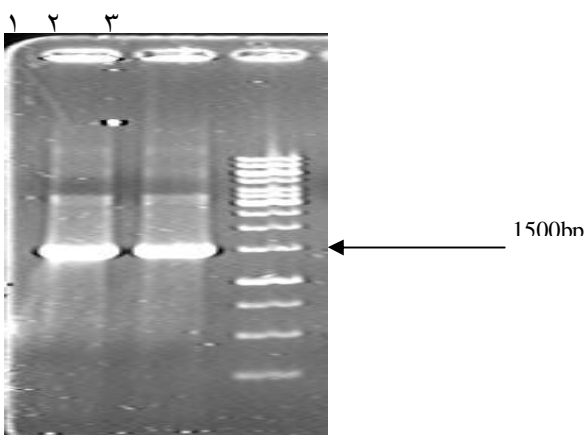
آماده سازی DNA باکتری و واکنش PCR: کلیه روش‌های مولکولی مطابق دستورالعمل هارتمن و همکاران انجام شد (26). برای تکثیر ژن *virG* یک کلنی از کشت تازه باکتری در 50 میکرولیتر آب دوبار تقطیر استریل مخلوط و حدود 15 دقیقه در آب در حال جوش قرار داده شد. 5 میکرولیتر از این



شکل 1- تکثیر ژن *virG* توسط PCR با استفاده از پرایمرهای اختصاصی *vrgF* و *vrgR*. 1- نمونه جدا شده از بیمار ایرانی، در حدود 3200 باند دارد، 2- نمونه *E. coli* به عنوان کنترل منفی، 3- مارکر وزن مولکولی DNA



شکل 2- برش آنزیمی pGEMvrg با آنزیم *HincII*. ستون 1- پGEMvrg برش خورده با *HincII*. ستون 2- پGEMvrg برش نخورده، ستون 3- مارکر وزن مولکولی DNA



شکل 3- بررسی کلنی‌های حاوی pGEMΔvrg توسط PCR. 1 و 2- محصول PCR کلون‌های واجد pGEMΔvrg با استفاده از پرایمرهای *vrgF* و *vrgR*. 3- مارکر وزن مولکولی DNA

انجام و اندازه قطعه حاصل با اندازه ژن *virG* در سویه طبیعی مقایسه و ارزیابی گردید. در نهایت، با هدف القای نوترکیبی بین پلاسمید pGEMΔ*virG* و ژن *virG* در سویه جدا شده از بیمار، پلاسمید ساخته شده با سویه اشرشیا کلی (سویه DH5α) به منظور تثبیت ساختار ساخته شده تراریخت سازی گردید.

تحلیل بیوانفورماتیکی ساختار سوم پروتئین VirG: به منظور ارزیابی ساختار سوم پروتئین VirG در حالت طبیعی و مقایسه آن با فرم جهش یافته از نرم افزارهای تحت شبکه Esy Pred3D Web server Status و پیشگویی ساختار آن با استفاده از نرم افزار VMD1.4.7 که در دانشگاه ایلینویز (ایالات متحده آمریکا) طراحی گردیده است، استفاده شد.

یافته‌ها

بر اساس اطلاعات موجود در پایگاه داده های ژنومی (NCBI)، اندازه ژن *virG* 3309 جفت باز می باشد. واکنش PCR با استفاده از آغازگرهای *vrgF* و *vrgR* مطابق مراحل ارائه شده در بالا انجام گردید. با توجه به محدودیت‌های ساختاری توالی این ژن (از نظر وجود نواحی تکراری غنی از A/T) آغازگرها به نحوی طراحی گردیدند که قادر به تکثیر 3227 جفت باز (نوکلئوتید شماره 57 تا 3293) از ژن *virG* بودند. محصول این PCR روی ژل آگارز 1/5 درصد الکتروفورز و پس از رنگ آمیزی با اتیدیوم بروماید (25 میکروگرم در میلی لیتر) ارزیابی شد. شکل 1 تصویر محصول واکنش PCR در کنار نشانگر مولکولی DNA را نشان می دهد.

مراحل ثبت توالی نوکلئوتیدی ژن *virG* بومی (ایران) در پایگاه داده های ژنومی NCBI در حال انجام است. نقشه جایگاه های آنزیمی پلاسمید pGEM*virG* نشان داد، این پلاسمید دارای سه جایگاه برش برای آنزیم *HincII* می باشد. واکنش هضم آنزیمی یگانه با استفاده از آنزیم *HincII* انجام شد. همانطور که در شکل 2 مشاهده می گردد، صحت فرآیند فوق با حضور قطعات 705، 1046 و 4473 جفت بازی بر روی ژل آگاروز (1/5 درصد) تایید گردید. پس از انجام خالص سازی قطعه 4473 جفت بازی و انجام واکنش خود الحاقی ساختار جهش یافته pGEMΔ*virG* به دست آمد که در آن 1751 جفت باز از ژن *virG* دچار حذف گردیده است.

اقتصادی تولید است که باید در کشورهای در حال توسعه انجام شود. سویه‌های واکسن متعددی برای انواع سروتیپ‌های شیگلا معرفی شده که در آنها با استفاده از روش‌های مختلف ژن‌های خاصی حذف شده‌اند. یکی از ژن‌های مهم مورد توجه *virG* است که سویه‌های واکسن متعددی دارای جهش در این ژن هستند (5، 10، 17).

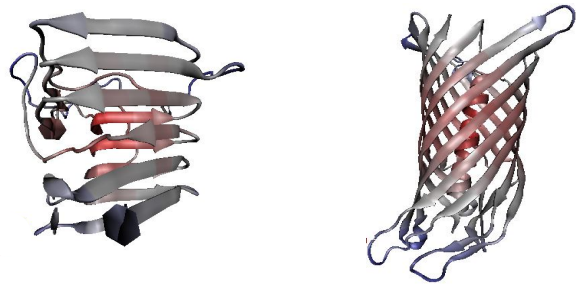
ژن *virG* در سال 1998 توسط هافمن و همکاران در سویه شیگلا سونه‌ای (Mosely) با به کارگیری روش تبادل آلی حذف گردید. آنها با استفاده از پلاسمید انتحاری pCVD442 که تنها 212 جفت از ژن *virG* در آن حذف شده بود توانستند طی دو مرحله انجام نوترکیبی در این ژن گسستگی ایجاد نمایند. یافته‌های بالینی این سویه کاندید واکسنی (WRSS1) حاکی از ایمنی‌زایی و حفاظت 100 درصدی در مدل حیوانی کوچک هندی بود (21). سویه کاندید واکسنی SC602 از سویه والدی شیگلا فلکسنری 2a توسط در سال 1990 توسط سنزوتی و تامپسون ساخته شد. مطالعات ایمنی سنجشی و ارزیابی‌های بالینی آن در سال 2010 توسط رحمان و همکاران در بنگلادش بر روی 88 فرد بالغ و 79 کودک (8 تا 10 ساله) انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد که هیچ کدام از داوطلبان دچار اسهال نشدند، اما درجه پایینی از تحریک سیستم ایمنی و واکنش مجدد (reactogenicity) را از خود نشان دادند (9، 20).

در سال 2002 ونکاتسن و همکاران توانستند با استفاده از روش هافمن و همکاران در ژن *virG* ایجاد جهش نمایند، آنها به منظور حذف ژن عامل تولید سم شیگلا توکسین از کشت مداوم بر روی محیط حاوی پرکلرات استفاده نمودند. تست Sereny این سویه کاندید واکسنی در مدل حیوانی منفی گزارش گردید و نیز در آزمون ایمنی حفاظتی پاسخ مناسبی از خود نشان داد (22).

نورجیا و همکاران با ایجاد جهش کروموزومی در مسیر بیوسنتزی پیش‌سازهای پورینی توانستند تأثیرات حاصل از آن را در نمونه‌های حیوانی ارزیابی نمایند. آنها در ابتدا با وارد نمودن جهش در اپرون *guaBA*، سویه کاندید واکسنی CVD1204 را تولید نموده و در ادامه این سویه را با سویه واکسنی CVD1203 که تنها فاقد ژن *aroA* بود مورد مقایسه قرار دادند. نتایج حاصل از این مقایسه نشان داد که قدرت تهاجمی سویه CVD1204 در سلول‌های هلا (Hella) و نیز پتانسیل ایجاد التهاب کراتینی در چشم کوچک هندی به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد (23، 24).

همانطور که در شکل 3 مشاهده می‌نمایید، محصول PCR سویه‌های غربالگری شده دارای پلاسمید pGEMΔ*virG* با استفاده از آغازگرهای *vrgF* و *vrgR* نشان داده شده است. حضور باند 1476 جفت بازی نمایانگر حذف 1751 جفت باز از ژن *virG* می‌باشد.

با توجه به ساختار سوم پروتئینی ژن *virG*، شکل 4 ساختار سوم پیشگویی شده این ژن را در دو حالت طبیعی و جهش یافته نشان می‌دهد.



شکل 4. تصویر پیشگویی ساختار سوم پروتئین VirG. پیشگویی در سایت Esy Pred 3D Web Server Status و بر اساس pDB No. 2QOM صورت گرفته و تصویر توسط نرم افزار VDM1.4.7 به صورت نمودار new cartoon طراحی شده است. الف- ساختار پیشگویی شده برای پروتئین طبیعی، ب- ساختار پیشگویی شده برای پروتئین جهش یافته

بحث

باکتری شیگلا متعلق به خانواده انتروباکتریاسه و عامل مسری‌ترین اسهال باسیلی می‌باشد (3-1). با توجه به فراوانی بالا و نیز ظهور سویه‌های جدید مقاوم به آنتی‌بیوتیک و همچنین عدم موفقیت درمان‌های آنتی‌بیوتیکی، ساخت واکسن‌های موثر، کارا و ارزان در اولویت‌های سازمان بهداشت جهانی (WHO) قرار دارد (16).

تاکنون به منظور تهیه و تولید واکسن‌های مناسب علیه شیگلوز تلاش‌های متعددی توسط محققان صورت گرفته است، اما بنا به دلایلی مانند عدم ایمنی کافی و یا حفاظت نامناسب، عدم تحریک سیستم ایمنی میزبان، پیچیده بودن روند تولید و خالص‌سازی آن، بالا بودن هزینه‌های تولید آن، تاکنون این سویه‌های کاندید واکسنی نتوانسته‌اند مجوز استفاده را به صورت عمومی و در حجم وسیع دریافت کنند. امروزه ساخت واکسن‌های زیر واحدی و نیز سویه‌های کاندید واکسنی تهاجمی زنده تقلیل حدت یافته بیشترین نوید را انجام واکسن‌سازان موثر ایجاد نموده‌اند (4، 6، 9). مزیت‌های دیگر شامل دریافت واکسن بدون نیاز به سوزن و فرآیند

در پروتئین جهش یافته می‌باشد. ارزیابی‌های بیوانفورماتیکی بر روی پروتئین VirG نشان داده است که این پروتئین به لحاظ ویژگی‌های عملکردی از 3 ناحیه تشکیل شده است. بخش اول سیگنال ترشحی غیر طبیعی این ژن را شامل می‌گردد (VirG₁₋₅₂)، بخش دوم ناحیه آلفا دومین (VirG₅₃₋₇₅₇) که به منظور پلیمریزاسیون مونومرهای اکتینی میزبان مورد نیاز می‌باشد و در نهایت، ناحیه دومین بتا (VirG₇₅₈₋₁₁₀₂) وظیفه تشکیل ساختار β -barrel (شکله‌ای) را در غشای خارجی (OM) باکتری بر عهده دارد (19). حذف محدوده بین بازهای (1050 تا 2802) از ژن *virG* که در واقع شامل نواحی از بخش دوم و سوم این پروتئین می‌گردد (اسید آمینه‌های از شماره 350 تا 934)، می‌تواند به طور موثری باعث اختلال در عملکرد این ژن در باکتری شیگلا دیسانتری بومی گردد.

امروزه در دوران پس از ژنومیکس (Post genomics era) و با در اختیار داشتن توالی‌های ژنومی باکتری‌ها، روش‌هایی که مبتنی بر مهندسی ژنتیک معکوس هستند، بیشترین توجه را به خود جلب نموده‌اند. ایجاد جهش‌های هدفمند در ژنوم باکتری‌ها می‌تواند با اهداف مختلفی انجام پذیرد. ایجاد جهش در ژن *virG* یک روش مؤثر برای ساخت واکسن‌های زنده و تقلیل حدت یافته برای شیگلا است. از ساختار جهش یافته pGEM Δ *virG* می‌توان در جهت تهیه سویه‌های کاندید واکسنی استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاران گروه صنعت و محیط زیست در پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری و همچنین مهندس زند در دانشکده علوم پایه دانشگاه جامع امام حسین (ع) و همچنین از اعضای مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی کاربردی به خاطر همکاری‌های صمیمانه شان قدردانی می‌نمایم.

بارونی و همکاران با مطالعه بر روی سویه‌های کاندید واکسنی WRSs2 و WRSs3 (سویه‌های کاندید واکسنی نسل دوم از سویه والدی شیگلا سونه‌ای) نشان دادند که به دلیل حذف نواحی ShET2-1 و ShET2-2 توانایی ایجاد اسهال در نمونه‌های حیوانی و نیز به علت حذف ژن *MsbB2* علائم تب به طور قابل ملاحظه‌ای کاسته می‌گردد (19).

سدروژ و همکاران در سال 2008 سویه کاندید واکسنی SC599 از سویه شیگلا دیسانتری تیپ 1 حامل جهش حذفی در ژن‌های *entF*، *virG* (ژن مسئول بیوسنتز انتروکالین)، *fepA* (گیرنده دریافت کننده انتروکالین) و *fes* (مسئول رها سازی از Fe³⁺ از انتروکالین) و *stx* ایجاد گردید. در این تحقیق از پلاسמיד از خود بین برنده pJM703/1 و کاست بیانی *npt1-sacB-sacR* استفاده شد. مطالعات بالینی سویه SC599 در سال 2009 توسط Launay و همکاران انجام گردید. مطالعات بالینی این سویه در داوطلبان انسانی نشان داد که حداکثر تحمل پذیری این سویه در دریافت کنندگان از (10⁸CFU) بیشتر می‌باشد (25).

در مطالعه حاضر که با هدف ساخت سازه ژنی حامل جهش در ژن *virG* صورت گرفت از سویه شیگلا دیسانتری بومی به منظور تکثیر ژن *virG* استفاده گردید. این سویه به دلیل دارا بودن سم شیگا توکسین یکی از شدیدترین عفونت‌های باسیلی را در کودکان زیر پنج سال ایجاد می‌کند. ساختار جهش یافته pGEM Δ *virG* که در این تحقیق به دست آمد، شامل یک حذف 1751 جفت بازی در ژن *virG* است. این منطقه شامل بخش قابل توجهی از ناحیه عمل کننده و بخشی از ناحیه انتقال دهنده پروتئین می‌باشد که وظیفه آن عبور دادن بخش عمل کننده از غشاء خارجی سلول است. بنابراین، به نظر می‌رسد با وجود چنین ناحیه حذف شده‌ای عملکرد طبیعی پروتئین VirG از بین رفته باشد. همانطور که پیشگویی ساختار پروتئین با استفاده از نرم افزار نیز در شکل 4 نشان می‌دهد، ساختار پروتئین جهش یافته نسبت به پروتئین طبیعی کاملاً تغییر کرده است که مؤید عدم فعالیت طبیعی

REFERENCES

- Banish LD, Sims R, Sack D, Montali RJ, Phillips L Jr, Bush M. Prevalence of shigellosis and other enteric pathogens in a zoologic collection of primates. J Am Vet Med Assoc 1993; 203: 126-32.
- Kelly-Hope LA, Alonso WJ, Thiem VD, Anh DD, Canh do G, Lee H, et al. Geographical distribution and risk factors associated with enteric diseases in Vietnam. Am J Trop Med Hyg 2007; 76: 706-12.
- Lan R, Alles MC, Donohoe K, Martinez MB, Reeves PR. Molecular evolutionary relationships of enteroinvasive *Escherichia coli* and *Shigella* spp. Infect Immun 2004; 72: 5080-88.
- Venkatesan MM, Ranallo RT. Live-attenuated *Shigella* vaccines. Expert Rev Vaccines 2006; 5: 669-86.
- Ranallo RT, Thakkar S, Chen Q, Venkatesan MM. Immunogenicity and characterization of WRSF2G11: a second generation live attenuated *Shigella flexneri* 2a vaccine strain. Vaccine 2007; 25: 2269-78.

6. Girard MP, Steele D, Chaignat CL, Kieny MP. A review of vaccine research and development: human enteric infections. *Vaccine* 2006; 24: 2732-50.
7. Venkatesan MM, Buysse JM, Kopecko DJ. Characterization of invasion plasmid antigen genes (ipaBCD) from *Shigella flexneri*. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1988; 85: 9317-21.
8. Phalipon A, Sansonetti PJ. Shigellosis: innate mechanisms of inflammatory destruction of the intestinal epithelium, adaptive immune response, and vaccine development. *Crit Rev Immunol* 2003; 23: 371-401.
9. Sansonetti PJ. The bacterial weaponry: lessons from *Shigella*. *Ann N Y Acad Sci* 2006; 1072: 307-12.
10. Bernardini ML, Mounier J, d'Hauteville H, Coquis-Rondon M, Sansonetti PJ. Identification of icsA, a plasmid locus of *Shigella flexneri* that governs bacterial intra- and intercellular spread through interaction with F-actin. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1989; 86: 3867-71.
11. Lett MC, Sasakawa C, Okada N, Sakai T, Makino S, Yamada M, et al. virG, a plasmid-coded virulence gene of *Shigella flexneri*: identification of the virG protein and determination of the complete coding sequence. *J Bacteriol* 1989; 171: 353-59.
12. Suzuki T, Sasakawa C. Molecular basis of the intracellular spreading of *Shigella*. *Infect Immun* 2001; 69: 5959-66.
13. Coster TS, Hoge CW, VanDeVerg LL, Hartman AB, Oaks EV, Venkatesan MM, et al. Vaccination against shigellosis with attenuated *Shigella flexneri* 2a strain SC602. *Infect Immun* 1999; 67: 3437-43.
14. May KL, Morona R. Mutagenesis of the *Shigella flexneri* autotransporter IcsA reveals novel functional regions involved in IcsA biogenesis and recruitment of host neural Wiscott-Aldrich syndrome protein. *J Bacteriol* 2008; 190: 4666-76.
15. Sakai T, Sasakawa C, Makino S, Yoshikawa M. DNA sequence and product analysis of the virF locus responsible for congo red binding and cell invasion in *Shigella flexneri* 2a. *Infect Immun* 1986; 54: 395-402.
16. Jennison AV, Verma NK. *Shigella flexneri* infection: pathogenesis and vaccine development. *FEMS Microbiol Rev* 2004; 28: 43-58.
17. Kotloff KL, Noriega FR, Samandari T, Sztein MB, Losonsky GA, Nataro JP, et al. *Shigella flexneri* 2a strain CVD 1207, with specific deletions in virG, sen, set, and guaBA, is highly attenuated in humans. *Infect Immun* 2000; 68: 1034-39.
18. Venkatesan MM, Goldberg MB, Rose DJ, Grotbeck EJ, Burland V, Blattner FR. Complete DNA sequence and analysis of the large virulence plasmid of *Shigella flexneri*. *Infect Immun* 2001; 69: 3271-85.
19. Barnoy S, Baqar S, Kaminski RW, Collins T, Nemelka K, Hale TL, et al. *Shigella sonnei* vaccine candidates WRSS2 and WRSS3 are as immunogenic as WRSS1, a clinically tested vaccine candidate, in a primate model of infection. *Vaccine* 2011; 29: 6371-78.
20. Rahman KM, Arifeen SE, Zaman K, Rahman M, Raqib R, Yunus M, et al. Safety, dose, immunogenicity, and transmissibility of an oral live attenuated *Shigella flexneri* 2a vaccine candidate (SC602) among healthy adults and school children in Matlab, Bangladesh. *Vaccine* 2011; 29: 1347-54.
21. Hartman AB, Venkatesan MM. Construction of a stable attenuated *Shigella sonnei* DeltavirG vaccine strain, WRSS1, and protective efficacy and immunogenicity in the guinea pig keratoconjunctivitis model. *Infect Immun* 1998; 66: 4572-76.
22. Venkatesan MM, Hartman AB, Newland JW, Ivanova VS, Hale TL, McDonough M, et al. Construction, characterization, and animal testing of WRSd1, a *Shigella dysenteriae* 1 vaccine. *Infect Immun* 2002; 70: 2950-58.
23. Noriega FR, Losonsky G, Wang JY, Formal SB, Levine MM. Further characterization of delta aroA delta virG *Shigella flexneri* 2a strain CVD 1203 as a mucosal *Shigella* vaccine and as a live-vector vaccine for delivering antigens of enterotoxigenic *Escherichia coli*. *Infect Immun* 1996; 64: 23-27.
24. Noriega FR, Wang JY, Losonsky G, Maneval DR, Hone DM, Levine MM. Construction and characterization of attenuated delta aroA delta virG *Shigella flexneri* 2a strain CVD 1203, a prototype live oral vaccine. *Infect Immun* 1994; 62: 5168-72.
25. Sadorge C, Ndiaye A, Beveridge N, Frazer S, Giemza R, Jolly N, et al. Phase 1 clinical trial of live attenuated *Shigella dysenteriae* type-1 DeltaicsA Deltaent Deltaefep DeltastxA:HgR oral vaccine SC599 in healthy human adult volunteers. *Vaccine* 2008; 26: 978-87.