

Paper name: mRNA vaccine sequence and structure design and optimization: Advances and challenges

Publish year: 2025

Citation: 23

چکیده

فناوری واکسن‌های mRNA به‌عنوان یکی از موفق‌ترین دستاوردهای زیست‌پزشکی نوین، نقش مهمی در پیشگیری و درمان بیماری‌های عفونی و غیرعفونی ایفا کرده است. با این حال، کارایی و ایمنی این واکسن‌ها به‌شدت تحت تأثیر طراحی توالی و ساختار مولکول mRNA قرار دارد. این مقاله مروری، پیشرفت‌ها و چالش‌های موجود در طراحی و بهینه‌سازی توالی و ساختار mRNA را بررسی می‌کند. موضوعاتی مانند بهینه‌سازی کدون، تنظیم GC content، طراحی نواحی غیرترجمه‌شونده (UTRs)، کنترل ساختار ثانویه mRNA، افزایش پایداری و کاهش تحریک ایمنی ذاتی مورد بحث قرار می‌گیرند. همچنین، استفاده از روش‌های محاسباتی پیشرفته و یادگیری ماشین برای پیش‌بینی بازده ترجمه و بهینه‌سازی چندهدفه ویژگی‌های mRNA معرفی می‌شود. در نهایت، محدودیت‌های داده‌ای، چالش‌های تفسیرپذیری مدل‌ها و مسیرهای آینده تحقیق در حوزه واکسن‌های mRNA مورد توجه قرار می‌گیرد.

نتیجه‌گیری

طراحی و بهینه‌سازی mRNA یکی از عوامل کلیدی در موفقیت واکسن‌های mRNA است و نیازمند درک عمیق تعامل بین توالی، ساختار و پاسخ ایمنی میزبان می‌باشد. همان‌طور که در این مقاله نشان داده شد، روش‌های سنتی مبتنی بر قواعد زیستی اگرچه ساده و قابل تفسیر هستند، اما برای مدل‌سازی روابط پیچیده زیستی کافی نیستند. در مقابل، مدل‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق امکان پیش‌بینی دقیق‌تر عملکرد mRNA و بهینه‌سازی هم‌زمان چندین ویژگی مهم مانند ترجمه، پایداری و ایمنی‌زایی را فراهم کرده‌اند. با این حال، چالش‌هایی مانند کمبود داده‌های استاندارد، تعمیم‌پذیری مدل‌ها و توازن بین افزایش بیان پروتئین و کاهش پاسخ ایمنی ناخواسته همچنان پابرجا هستند. در مجموع، آینده طراحی واکسن‌های mRNA به سمت چارچوب‌های یکپارچه محاسباتی و بهینه‌سازی چندهدفه حرکت می‌کند که می‌تواند توسعه واکسن‌های ایمن‌تر، مؤثرتر و قابل شخصی‌سازی را تسهیل کند.