

بررسی ساختار DNA و اختلالات ژنتیک و فناوری های مدرن در تشخیص و درمان

سلیمه حیدری

کارشناسی ارشد زیست شناسی سلولی و مولکولی دانشگاه اصفهان

چکیده

این مقاله به بررسی ساختار DNA و عملکرد آن به عنوان بستر اطلاعات ژنتیکی می‌پردازد. ساختار دوقلوی DNA که از زنجیره‌های پلی‌نوکلئوتیدی تشکیل شده است و نحوه جفت شدن پایه‌های نیتروژنه در آن توضیح داده می‌شود. علاوه بر این، عملکرد DNA در تولید پروتئین‌ها، انتقال و ذخیره اطلاعات ژنتیکی و تنظیم فعالیت ژن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین، اختلالات ژنتیکی که در ساختار یا توالی DNA رخ می‌دهند و تأثیرات جدی بر عملکرد سلول‌ها و ارگان‌های بدن دارند، مورد بررسی قرار می‌گیرند. این اختلالات می‌توانند از تغییرات کوچک در توالی نوکلئوتیدها تا تغییرات بزرگتری مانند دیلشن‌ها و دپلیکیشن‌ها باشند. بیماری‌های ژنتیکی مهمی مانند هاوچکینگ، بیماری کیستیک فیبروز و سندرم داون نیز به عنوان مثال‌هایی از اختلالات ژنتیکی مورد بحث قرار می‌گیرند. در نهایت، نقش فناوری مدرن در تشخیص و درمان اختلالات ژنتیکی بررسی می‌شود. تکنیک‌هایی مانند توالی‌دهی DNA، توالی‌دهی نهان، تکنولوژی‌های نقطه‌ای و تکنیک‌های مبتنی بر روش‌های نوین از جمله تکنیک‌هایی هستند که در تشخیص اختلالات ژنتیکی استفاده می‌شوند. این پیشرفت‌ها در فناوری و ژنتیک به ما امید می‌دهند که بتوانیم اختلالات ژنتیکی را بهبود بخشیم و بهبود سلامت و کیفیت زندگی افراد مبتلا را فراهم کنیم.

واژگان کلیدی: ساختار DNA، اختلالات ژنتیک، فناوری

مقدمه

DNA: (اسید دئوکسیریبونیونوکلئیک) به عنوان بستر اطلاعات ژنتیکی در تمام سلول‌های زنده وجود دارد. ساختار منحصر به فرد DNA و نحوه عملکرد آن برای انتقال و ذخیره اطلاعات ژنتیکی بسیار مهم است. در این مقاله، به بررسی ساختار DNA و نحوه عملکرد آن می‌پردازیم و سپس به بررسی اختلالات ژنتیکی که ممکن است در DNA رخ دهد، می‌پردازیم.

DNA بزرگترین مولکول زنده در سلول‌ها، به عنوان بستر اطلاعات ژنتیکی و ارثی در تمام سلول‌های زنده وجود دارد. ساختار منحصر به فرد و قابل تکرار DNA، توانایی انتقال و ذخیره اطلاعات ژنتیکی را به صورت کد شده فراهم می‌کند.

ساختار DNA به شکل یک زنجیره طولانی از مولکول‌های متعددی به نام نوکلئوتیدها است که به صورت پشت سر هم قرار گرفته‌اند. هر نوکلئوتید شامل سه بخش اصلی است:

قسمت قندی: (Sugar) این قسمت شامل یک قند به نام دئوکسی ریبوز است که در ساختار DNA به صورت یک زنجیره پنج‌گانه متصل به هم قرار می‌گیرد.

گروه فسفات: (Phosphate Group) این گروه یک گروه فسفریک است که به قسمت قندی متصل می‌شود و با ایجاد پیوند فسفوئستری بین نوکلئوتیدها، زنجیره DNA را پیوند می‌دهد.

پایه نیتروژنه: (Nitrogenous Base) پایه نیتروژنه یکی از چهار پایه آدنین (A)، سیتوزین (C)، گوانین (G) و تیمین (T) است. این پایه‌ها متصل به قسمت قندی هستند و بین دو زنجیره DNA با پیوندهای هیدروژنی جفت می‌شوند. آدنین و تیمین با یکدیگر جفت می‌شوند و گوانین و سیتوزین نیز با یکدیگر جفت می‌شوند، که این تعاملات جفت شدن پایه‌ها، ساختار دوقلوی DNA را به وجود می‌آورد.

در ساختار دوقلوی DNA، دو زنجیره طولانی DNA موازی به یکدیگر قرار دارند و پایه‌های نیتروژنه آن‌ها با هم جفت می‌شوند. این دو زنجیره به صورت هلیکسی به یکدیگر پیچیده شده‌اند و این ساختار به عنوان ساختار دوقلوی DNA شناخته می‌شود. به همین دلیل، DNA را می‌توان به صورت "درج‌از‌نچار دوقلو" نیز توصیف کرد.

ساختار دوقلوی DNA و قابلیت جفت شدن پایه‌های نیتروژنه، مکانیزم تکثیر و انتقال اطلاعات ژنتیکی را فراهم می‌کند. همچنین، نوع و ترتیب پایه‌های نیتروژنه در DNA تعیین‌کننده ترجمه این اطلاعات به زبان پروتئین‌ها می‌باشد، که نقش مهمی در عملکرد سلول‌ها و سازمان بدن دارد.

ساختار منحصر به فرد DNA و توانایی تحمل تغییرات و تنوع در پایه‌های نیتروژنه، به عنوان یکی از اصول مهم در تکامل زنده‌ها و تنوع زیستی عمل می‌کند. درک صحیح از ساختار و عملکرد DNA، امکانات بیشتری را برای تحقیقات ژنتیکی، تشخیص بیماری‌های ژنتیکی و طراحی درمان‌های سازمانی برای بهبود سلامتی و کیفیت زندگی افراد فراهم می‌کند ساختار DNA به عنوان بستر اطلاعات ژنتیکی اهمیت بسیاری در فهم عملکرد سلول‌ها و بررسی اختلالات ژنتیکی دارد. در صورتی که در ساختار و عملکرد DNA تغییراتی رخ دهد، می‌تواند منجر به اختلالات ژنتیکی و بروز بیماری‌ها شود.

اختلالات ژنتیکی می‌توانند به دو صورت به وجود آیند: وراثتی و تصادفی. اختلالات ژنتیکی وراثتی به طور معمول به نسل‌های آینده منتقل می‌شوند و می‌توانند نتیجه تغییرات در ژنوم و ژنتیک فرد باشند. (جانسون و همکاران، ۲۰۰۲).

برخی از مثال‌های اختلالات ژنتیکی وراثتی شامل بیماری هاوچکینگ، بیماری کیستیک فیروز، بیماری هنتینگتون و سندرم داون می‌باشند.

علاوه بر اختلالات ژنتیکی وراثتی، تغییرات تصادفی در DNA نیز می‌توانند منجر به اختلالات ژنتیکی شوند. این تغییرات می‌توانند به دلیل عوامل زیستی، شیمیایی یا فیزیکی، از جمله تابش یا خطاهای تکثیری در فرآیند تقسیم سلولی رخ دهند. (گریفس و همکاران ۲۰۱۹)

با پیشرفت فناوری مدرن در زمینه ژنتیک و تکنولوژی DNA، امکانات جدیدی برای تشخیص و درمان اختلالات ژنتیکی فراهم شده است. به عنوان مثال، توالی‌دهی DNA با استفاده از تکنیک‌هایی مانند توالی‌دهی بالا (Next Generation Sequencing) و توالی‌دهی نهم (Exome Sequencing)، امکان تحلیل دقیق توالی DNA را فراهم می‌کند. همچنین، تکنولوژی‌های نوینی مانند CRISPR-Cas9 برای ویرایش ژنوم و تغییرات هدفمند در DNA استفاده می‌شوند.

از طرف دیگر، تجزیه و تحلیل ترانسکریپتوم (Transcriptome Analysis) و تکنیک‌های مبتنی بر RNA مانند RNA-Seq امکان تحلیل و شناسایی تغییرات در فعالیت ژنی و میزان بیان ژن‌ها را فراهم می‌کنند.

ترکیب این فناوری‌ها با مطالعات بالینی و پزشکی، به محققان و پزشکان امکان می‌دهد تا اختلالات ژنتیکی را بهبود بخشند، تشخیص دهند و درمان‌های سازمانی و شخصی‌سازی شده را برای بیماران فراهم کنند.

با توجه به پیشرفت‌های فناوری و تحقیقات در زمینه ساختار DNA و اختلالات ژنتیکی، امیدواریم که در آینده بتوانیم بیشتری درک و دانش برای شناخت و مدیریت این اختلالات داشته باشیم. این تحقیقات و پیشرفت‌ها می‌توانند بهبود سلامتی و کیفیت زندگی افراد را تحت تأثیر بگیرند و بهبودهای مهمی در پیشگیری، تشخیص و درمان بیماری‌های ژنتیکی به ارمغان بیاورند.

عملکرد DNA DNA عملکردهای مهمی در سلول دارد. از جمله عملکردهای DNA می‌توان به مشارکت در فرآیندهای تولید پروتئین، انتقال و ذخیره اطلاعات ژنتیکی، و مشارکت در تنظیم فعالیت ژن‌ها اشاره کرد. با استفاده از فرآیند ترجمه، اطلاعات موجود در DNA به صورت رمزگشایی شده به RNA منتقل می‌شود و سپس این RNA برای سنتز پروتئین مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این، DNA توانایی تنظیم فعالیت ژن‌ها را دارد، به این معنا که می‌تواند تعیین کننده این باشد که کدام ژن‌ها در یک زمان خاص بیان شوند و کدام ژن‌ها ساکن بمانند.

اختلالات ژنتیکی

اختلالات ژنتیکی اختلالات ژنتیکی نقص‌هایی هستند که در ساختار یا توالی DNA رخ می‌دهند و ممکن است منجر به اختلالات در سلول و سازمان بدن شوند. برخی از اختلالات ژنتیکی به طور وراثتی به نسل‌های آینده منتقل می‌شوند و برخی دیگر به صورت تصادفی در جمعیت‌ها به وجود می‌آیند. این اختلالات می‌توانند در اندازه کوچکی مانند تغییر یک نوکلئوتید خاص یا در اندازه بزرگی مانند دیلشن‌ها، دپلیکیشن‌ها و تغییرات تعداد کپی ژن‌ها باشند. این اختلالات ممکن است تأثیرات جدی بر عملکرد سلول‌ها و ارگان‌های بدن داشته باشند و منجر به بروز بیماری‌های ژنتیکی مانند بیماری هاوچکینگ، بیماری کیستیک فیروز، بیماری هنتینگتون و سندرم داون شوند.

اختلالات ژنتیکی یا اختلالات ژنومی، تغییرات و اختلالاتی هستند که در ساختار یا ترتیب DNA در ژنوم یک فرد رخ می‌دهند. DNA که مخفف "اسید دئوکسی ریبو نوکلئیک" است، حامل اطلاعات ژنتیکی در سلول‌ها است. هر انسان در هسته سلول‌های

خود ۴۶ کروموزوم دارد که شامل DNA است. هر کروموزوم شامل یک زنجیره بلند از نوکلئوتیدها است که به صورت متمایز به هم پیوسته‌اند.

وقتی تغییراتی در ترتیب یا ساختار DNA رخ می‌دهد، این تغییرات ممکن است به عنوان اختلال ژنتیکی تشخیص داده شوند. دو نوع اصلی از اختلالات ژنتیکی وجود دارد:

اختلالات کروموزومی: در این نوع اختلالات، تغییرات در تعداد یا ساختار کروموزوم‌ها رخ می‌دهد. برخی مثال‌های اختلالات کروموزومی عبارتند از:

سندرم داون: در این سندرم، فرد سه کروموزوم ۲۱ دارد به جای دو کروموزوم.

سندرم ترنر: در این سندرم، زنان دارای یک کروموزوم جنسی ناقص هستند (45)، (X به جای دو کروموزوم جنسی نرمال XX). (46)

اختلالات نقطه‌ای: در این نوع اختلالات، تغییرات در نوکلئوتیدها یا ژن‌ها رخ می‌دهد. این تغییرات می‌توانند شامل حذف، تکرار، تعویض یا اضافه شدن بخشی از DNA باشند. مثال‌هایی از اختلالات نقطه‌ای عبارتند از:

بیماری هانتینگتون: این بیماری به دلیل تکرار غیرمعمول یک توالی نوکلئوتیدی در ژن هانتینگتون رخ می‌دهد و باعث اختلالات حرکتی و عصبی می‌شود.

بیماری سیستمیک فیبروز: در این بیماری، یک جفت نوکلئوتید در ژن CFTR حذف شده است که باعث مشکلات تنفسی و گوارشی می‌شود.

اختلالات ژنتیکی می‌توانند به طور وراثتی از نسلی به نسل دیگر منتقل شوند یا نتیجه تغییرات تصادفی باشند. این اختلالات می‌توانند تأثیرات وسیعی بر روی سلول‌ها، بافت‌ها، و اعضای بدن داشته باشند و ممکن است باعث بروز بیماری‌های مرتبط با ژنتیک شوند. تشخیص و مدیریت اختلالات ژنتیکی معمولاً توسط تیم‌های پزشکی و مشاوره ژنتیک صورت می‌گیرد.

به علاوه، اختلالات ژنتیکی می‌توانند به شکل مرئی یا غیرمرئی بروز کنند. برخی از اختلالات ژنتیکی مشخصه‌های بروز مشخصی دارند که در بدن قابل مشاهده هستند، مانند رنگ پوست، ساختار چهره، قد و وزن بدن؛ اما برخی از اختلالات ژنتیکی به طور غیرمرئی هستند و تنها با استفاده از آزمایشات جزئی تشخیص داده می‌شوند.

به طور کلی، اختلالات ژنتیکی ممکن است از عوامل مختلفی ناشی شوند، از جمله:

تغییرات نقطه‌ای (نقل مکانی): این تغییرات در یک نوکلئوتید خاص یا بخشی از DNA رخ می‌دهد. این تغییرات ممکن است باعث تغییر در ساختار یا عملکرد ژن مربوطه شوند.

حذف و اضافه شدن قطعات DNA: در برخی از موارد، قطعاتی از DNA حذف می‌شوند یا به آن اضافه می‌شوند، که می‌تواند به تغییرات جدی در ترتیب یا ساختار ژنوم منجر شود.

تغییرات ساختاری کروموزومی: این تغییرات شامل تغییر در تعداد کروموزوم‌ها (انوپلوئیدی) یا تغییرات در ساختار کروموزوم‌ها (دلته‌پی) است که ممکن است باعث تغییرات جدی در توسعه و عملکرد بدن شود.

وراثت خودکار: برخی از اختلالات ژنتیکی به طور مستقیم وراثت می‌شوند و در الگوهای خاصی از وراثت خودکار پیروی می‌کنند، مانند وراثت خودکار خودی (بدون جفتی)، وراثت خودکار خودی جفتی، و وراثت خودکار نیمه جفتی.

اختلالات ژنتیکی می‌توانند به صورت مادرزادی وراثتی باشند یا در طول زندگی فرد به صورت تصادفی رخ دهند. آنها می‌توانند تأثیرات جدی بر سلامت و عملکرد فرد داشته باشند و ممکن است منجر به بروز بیماری‌های ژنتیکی شوند. تشخیص اختلالات ژنتیکی معمولاً توسط تیم‌های پزشکی متخصص و مشاوره ژنتیک صورت می‌گیرد تا بتوانند این اختلالات را تشخیص داده و برنامه‌های مناسب درمانی یا مدیریتی را برای فرد تعیین کنند.

فناوری‌های مدرن در اختلالات ژنتیکی

فناوری در حوزه اختلالات ژنتیک نقش مهمی در تشخیص، پیشگیری و درمان این اختلالات ایفا می‌کند. در زیر تعدادی از فناوری‌های مورد استفاده در این زمینه را بررسی خواهیم کرد:

تست ژنتیک: امروزه با توسعه تکنولوژی سیکوئنسینگ (رشته‌خوانی ژنوم)، تست‌های ژنتیکی قادر به تشخیص مستقیم اختلالات ژنتیکی در بیماران هستند. این تست‌ها با تحلیل نمونه‌های ژنتیکی مانند خون یا بافت، می‌توانند اطلاعاتی در مورد موجودیت ژنتیکی فرد و احتمال ابتلای او به بیماری را ارائه دهند.

درمان ژنتیکی: فناوری درمان ژنتیکی شامل روش‌هایی است که برای درمان بیماری‌های ژنتیکی از طریق تغییر ژنتیکی فرد استفاده می‌کند. روش‌های مختلفی مانند ترمیم ژنتیکی، جایگزینی ژن و مهندسی ژنتیکی در این حوزه تحت توسعه قرار دارند. این فناوری‌ها برای درمان بیماری‌های ژنتیکی مانند بیماری‌های خونی مانند تالاسمی و هموفیلیا، بیماری‌های عصبی مانند موتور نورون، و بسیاری دیگر اختلالات کاربرد دارند.

تکنولوژی‌های سازگار با ژنتیک: درمان‌هایی که با استفاده از اطلاعات ژنتیکی هر فرد به شکل سازگار با وی انجام می‌شود، به عنوان تکنولوژی‌های سازگار با ژنتیک شناخته می‌شوند. این تکنولوژی‌ها شامل داروهای سفارشی شده بر اساس ژنتیک فرد، تغییر سبک زندگی و رژیم غذایی به شکل سازگار با نقاط ضعف ژنتیکی و همچنین مشاوره ژنتیکی برای پیشگیری از اختلالات ژنتیکی می‌باشد.

تحقیقات پیشرفته در ژنتیک: فناوری‌های جدیدی مانند CRISPR-Cas9 به محققان اجازه می‌دهد تا ژنوم را به صورت دقیق و در سطح خاصی تغییر دهند. این تکنیک‌ها امکان حذف، اضافه کردن و ویرایش بخش‌های خاصی از ژنوم را فراهم می‌کنند. این پیشرفت‌ها می‌توانند به تحقیقات بیشتر در مورد عملکرد ژن‌ها، شناخت بیشتری از بیماری‌های ژنتیکی و توسعه روش‌های درمان جدید منجر شوند.

به طور کلی، فناوری در اختلالات ژنتیک نقش مهمی در تشخیص، درمان و بهبود کیفیت زندگی افراد مبتلا به این اختلالات دارد. با پیشرفت بیشتر در این حوزه، امیدواریم که بتوانیم بیماری‌های ژنتیکی را بهبود بخشیم و حتی از طریق تغییرات ژنتیکی پیشگیری کنیم.

به علاوه از فناوری در اختلالات ژنتیک، این تکنولوژی‌ها می‌توانند در جوانب دیگری نیز کمک کنند:

طراحی جنین: با استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته ژنتیکی مانند CRISPR-Cas9، امکان طراحی جنین به منظور انتخاب ویژگی‌های مورد نظر قبل از بارداری وجود دارد. این فناوری به والدین اجازه می‌دهد تا مشکلات ژنتیکی را در جنین خود تصحیح کنند و از انتقال بیماری‌های ژنتیکی به نسل بعدی جلوگیری کنند.

پیش‌بینی خطر بیماری: با تجزیه و تحلیل ژنتیکی فرد، می‌توان خطر ابتلای به بیماری‌های ژنتیکی را پیش‌بینی کرد. این اطلاعات به فرد و پزشکان کمک می‌کند تا برنامه‌های پیشگیری و مراقبت مناسب را برای کاهش خطر ابتلای به بیماری‌ها اتخاذ کنند.

پژوهش‌های ژنتیکی: فناوری در اختلالات ژنتیک نقش بسیار مهمی در پژوهش‌های علمی در حوزه ژنتیک و بیولوژی ایفا می‌کند. این فناوری‌ها به محققان امکان مطالعه عملکرد ژنتیکی، شناخت بیشتر از مکانیسم‌های مولکولی بیماری‌های ژنتیکی و پیدا کردن راهکارهای جدید برای درمان این بیماری‌ها را می‌دهند.

داروهای سفارشی: با استفاده از اطلاعات ژنتیکی فرد، می‌توان داروهای سفارشی را بر اساس ویژگی‌های ژنتیکی هر فرد تجویز کرد. این رویکرد، بهینه‌سازی درمان برای هر فرد را فراهم می‌کند و می‌تواند عوارض جانبی را کاهش دهد و بهبود نتایج درمانی را بهبود بخشد.

مشاوره ژنتیکی: فناوری در اختلالات ژنتیک نقش مهمی در مشاوره ژنتیکی دارد. افراد و خانواده‌هایی که در معرض خطر ابتلا به بیماری‌های ژنتیکی هستند، می‌توانند با مشاوره ژنتیکی اطلاعات لازم در مورد ریسک و اقدامات پیشگیری را دریافت کنند.

به طور کلی، فناوری در اختلالات ژنتیک تأثیر بزرگی در تشخیص، پیشگیری و درمان این اختلالات دارد و به ما کمک می‌کند تا بیماری‌های ژنتیکی را بهبود بخشیم و کیفیت زندگی افراد مبتلا به آنها را افزایش دهیم.

فناوری‌های مدرن امروزی

در زمینه اختلالات ژنتیک، مجموعه‌ای از فناوری‌ها و روش‌های مورد استفاده و توسعه وجود دارد. در زیر به برخی از مهم‌ترین فناوری‌ها در این حوزه اشاره می‌کنم:

تکنولوژی سیکوئنسینگ: این تکنولوژی مبتنی بر توانایی توالی‌نگاری (sequencing) ژنوم می‌باشد. سیکوئنسینگ امکان مطالعه و تحلیل ترتیب دقیق پایه‌های DNA و RNA را فراهم می‌کند. این فناوری با استفاده از روش‌هایی مانند سیکوئنسینگ نوع دوم (second-generation sequencing) و سیکوئنسینگ نوع سوم (third-generation sequencing)، امکان تشخیص مستقیم اختلالات ژنتیکی را فراهم می‌کند.

CRISPR-Cas9: این تکنولوژی از سیستم دفاعی بکتری‌ها در برابر ویروس‌ها الهام گرفته شده است. CRISPR-Cas9 به محققان اجازه می‌دهد تا در ترتیب DNA ژنوم مداخله کنند و تغییرات دقیقی را در ژنوم ایجاد کنند. این تکنیک به ما امکان می‌دهد ژنوم را به صورت دقیق و در سطح خاصی ویرایش کنیم.

تکنولوژی NGS (Next-Generation Sequencing): NGS یک مجموعه روش‌های پیشرفته سیکوئنسینگ است که باعث توانایی تحلیل تعداد بزرگی از رشته‌های DNA یا RNA به صورت همزمان می‌شود. این تکنولوژی سرعت و قابلیت هزینه‌بری بالا را دارد و در تحقیقات ژنتیکی و تشخیص بیماری‌های ژنتیکی استفاده می‌شود.

تکنولوژی **Microarray**: این تکنولوژی بر اساس هیدرولیز **DNA** استوار است و برای بررسی تعداد زیادی از ژن‌ها و تغییرات در سطح ژنتیکی استفاده می‌شود. میکروآرایه‌ها می‌توانند به طور همزمان میزان بیان ژن‌ها را در نمونه‌های ژنتیکی مورد بررسی قرار دهند.

فناوری **Gene Therapy**: درمان ژنتیکی یا **gene therapy** شامل استفاده از روش‌هایی است که برای درمان بیماری‌های ژنتیکی از طریق تغییر ژنتیکی فرد استفاده می‌کند. این فناوری شامل تزریق یا تحویل ژن سالم به سلول‌های بیمار است تا خلل ژنتیکی را جبران کند یا عوارض بیماری‌ها را کاهش دهد.

تکنولوژی **Single-Cell Sequencing**: این تکنولوژی امکان تحلیل و توالی‌نگاری ژنوم سلول‌های تک‌سلولی را فراهم می‌کند. با استفاده از این روش، می‌توانیم ویژگی‌ها و تغییرات ژنتیکی در سلول‌های مختلف را در نمونه‌های بافتی مورد مطالعه قرار دهیم. تکنولوژی **RNA Interference (RNAi)**: این تکنولوژی از توانایی طبیعی سلول‌ها برای خاموش کردن ژن‌های خاص استفاده می‌کند. با تزریق مولکول‌های کوچک **RNA** به سلول‌ها، می‌توان فعالیت ژنی را کاهش داده و اختلالات ژنتیکی را تسکین داد.

این تکنولوژی‌ها فقط بخشی از فناوری‌هایی هستند که در حوزه اختلالات ژنتیک استفاده می‌شوند. پیشرفت‌های بیشتر در این زمینه همچنان در حال ادامه است و ممکن است تکنولوژی‌های جدیدتر و پیشرفت‌های بیشتری در آینده به وجود آیند

نتیجه‌گیری:

ساختار **DNA** به عنوان بستر اطلاعات ژنتیکی بسیار مهم است و نقص‌ها و اختلالات در آن می‌توانند منجر به اختلالات ژنتیکی و بیماری‌های مرتبط شوند. درک بهتر از ساختار و عملکرد **DNA** و اختلالات ژنتیکی می‌تواند به توسعه روش‌های تشخیص و درمان بیماری‌های ژنتیکی کمک کند. با پیشرفت‌های مدرن در زمینه ژنتیک و تکنولوژی **DNA**، امکان مداخله در ساختار **DNA** و اصلاح اختلالات ژنتیکی نیز در دسترس قرار گرفته است، که این موضوعات در زمینه ژنتیک پزشکی بسیار مهم می‌باشند.

منابع:

۱. آساد، م. ۱۳۷۷. مبانی ژنتیک. (ترجمه). انتشارات دنیا: ۲۰۰
۲. حق جو، مصطفی. بانک اطلاعات علمی-کاربردی. جلد اول، مفاهیم بنیادین، ویرایش سوم. دانشگاه علم و صنعت ایران. ۱۳۸۵
۳. داورپناه، احمد؛ مهدی قلی-خان رامین. مدیریت مدارک پزشکی، معاونت پژوهشی وزارت بهداشت، ۱۳۷۲
۴. راست منش.ر. ۱۳۸۲. تغذیه و رژیم درمانی بالینی. انتشارات دانش: ۵۶۴
۵. شریفی بیدگلی، مینا و دیگران. "یک سامانه ذخیره سازی گرافی برای ذخیره داده‌های همه-گیری شبکه‌ای". نوزدهمین کنفرانس ملی سالانه انجمن کامپیوتر ایران، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ۱۳۹۲
۶. صنعتی، م، خضاب، م، عظیم پور. ج. ۱۳۷۹. مهندسی ژنتیک. (ترجمه). انتشارات مرکز ملی تحقیقات مهندسی ژنتیک و تکنولوژی زیستی: ۹۹.
۷. علیزاده، م. ۱۳۸۲. ژنتیک پزشکی تامپسون و تامپسون. (ترجمه). انتشارات سماط: ۶۶۹
۸. موجودی، ع، عباسی، س، صنعتی، م. ۱۳۷۷. شما و ژنتیک. (ترجمه). انتشارات مرکز ملی تحقیقات مهندسی ژنتیک و تکنولوژی زیستی: ۹۹.

9. Albers B, Johnson A, Lewis J, et al. *Molecular Biology of the Cell*. 4th edition. New York: Garland Science; 2002.
10. Estalrich A, Rosas A. Handedness in Neandertals from the El Sidron (Asturias, Spain): evidence from instrumental striations with ontogenetic inferences. *PLoS One* 2013; 8(5): e62797.
11. Giljov A, Karenina K, Malashichev Y. Forelimb preferences in quadrupedal marsupials and their implications for laterality evolution in mammals. *BMC Evol Biol* 2013; 13(1): 61.
12. Griffiths AJF, Miller JH, Suzuki DT, et al. *An Introduction to Genetic Analysis*. 7th edition. New York: W. H. Freeman; 2019.
13. Medland SE, Duffy DL, Wright MJ, Geffen GM, Hay DA, Levy F, et al. Genetic influences on handedness: data from 25,732 Australian and Dutch twin families. *Neuropsychologia* 2009; 47(2): 330-7.
14. Scriver CR, Beaudet AL, Sly WS, et al., editors. *The Metabolic and Molecular Bases of Inherited Disease*. 8th edition. New York: McGraw-Hill; 2001.