

मानव जीनोम : सम्भावनाएं और चुनौतियां

डॉ. दिनेश मणि

अभी तक यह खुशफहमी थी कि जीनोम अनुक्रम खोजने का काम पूरा होने के साथ ही हमें जानकारी हो जाएगी कि हम कौन हैं? क्यों बीमार होते हैं? बूढ़े क्यों होते हैं? लेकिन मानव जीनोम प्रोजेक्ट के लगभग पूरा होने के बावजूद हम इस ज्ञान से कोसों दूर हैं। प्रश्न यह है कि मानव जीनोम से सम्बंधित अनुसंधानों का सदुपयोग कैसे किया जाए?

हमें इससे क्या-क्या लाभ मिल सकते हैं या कहिए कि हम इसका फायदा कैसे उठा सकते हैं?

विगत बीस वर्षों में आणविक जीव विज्ञान तथा कम्प्यूटर प्रौद्योगिकी में हुई उल्लेखनीय प्रगति के चलते बहुत-सी अनुवांशिक बीमारियों के जीन पहचाने जा चुके हैं। इस संदर्भ में विज्ञान के क्षेत्र में हो रहे मानव जीनोम प्रोजेक्ट से सम्बंधित अनुसंधान अत्यंत महत्वपूर्ण उपलब्धि कहे जा सकते हैं। यह एक सुखद संयोग ही है कि जब वर्ष 2003 में मानव जीनोम प्रोजेक्ट पूर्ण होगा, वह साल वॉटसन और क्रिक द्वारा 1953 में डी.एन.ए. संरचना की खोज का स्वर्ण जयंती वर्ष होगा। दुनिया भर में इस प्रोजेक्ट को लेकर काफी उम्मीदें लगाई जा रही हैं।

आजकल मानवीय व्यवहार के लगभग सभी पहलुओं का जीन के साथ अटूट सम्बंध दिखाई देने लगा है। हर महीने कोई न कोई नई खोज, किसी न किसी जीन का सम्बंध मनुष्य के सामान्य व्यवहार से जोड़ती हुई दिखाई दे रही है। रक्त के डी.एन.ए. परीक्षण द्वारा लोगों के व्यक्तित्व को जानने की विधि खोजी जा रही है। इसी सब के चलते मानव जीनोम परियोजना का महत्व बहुत बढ़ गया है।

शुरुआत

मानव जीनोम परियोजना की औपचारिक शुरुआत 1990 में हुई थी। उस समय इसे पूरा करने के लिए 15 साल की समयावधि तय की गई थी। लेकिन तकनीकी क्षेत्र में आई क्रांति की बदौलत यह परियोजना पूर्व निर्धारित समय से दो साल पहले ही पूरी होने जा रही है।

हम सभी जानते हैं कि हमारा शरीर हजारों-लाखों जीवित इकाइयों (यानी कोशिकाओं) से बना हुआ है। प्रत्येक कोशिका इतनी छोटी होती है कि उसे देखने के

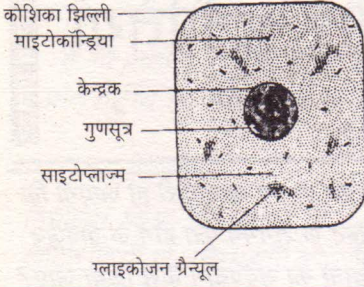
लिए हमें सूक्ष्मदर्शी का सहारा लेना पड़ता है। हमारे शरीर में कुल मिलाकर लगभग 1000 अरब (10^{10}) कोशिकाएं होती हैं। प्रत्येक कोशिका के अन्दर (खून की लाल कोशिका और प्लेटलेट को छोड़कर) एक केन्द्रक होता है और केन्द्रक के अन्दर धागेनुमा संरचना होती है जिसे गुणसूत्र कहते हैं। प्रत्येक केन्द्रक में 46 गुणसूत्र होते हैं। इसमें से 23 पिता से (शुक्राणु के जरिए) तथा 23 गुणसूत्र माता से (अण्डाणु के द्वारा) आते हैं।

ये गुणसूत्र प्रोटीन तथा न्यूक्लिक अम्ल से मिलकर बने होते हैं। इस न्यूक्लिक अम्ल को डी.एन.ए. (डी-ऑक्सीराइबो न्यूक्लिक एसिड) कहते हैं। न्यूक्लिक अम्ल की बुनियादी संरचनात्मक इकाई को न्यूक्लियोटाइड कहते हैं। अगर एक केन्द्रक के प्रत्येक गुणसूत्र का डी.एन.ए. निकालकर एक दूसरे से जोड़ दिया जाए तो वह 6 फीट लम्बा होगा। हर बार जब एक कोशिका का विभाजन होकर दो कोशिकाएं बनती हैं तो उसमें स्थित जीनोम भी दुगुना हो जाता है। कोशिका के विभाजन के समय डी.एन.ए. के दोनों तंतु अलग हो जाते हैं और न्यूक्लियोटाइड जोड़ी बनाने (या क्षार जोड़ी बनाने) के नियम के अनुसार प्रत्येक तंतु से एक नया समपूरक तंतु बनता है। अतः प्रत्येक नई कोशिका के डी.एन.ए. में एक नया और एक पुराना तंतु होता है। नया बना तंतु पुराने तंतु की हूबहू प्रतिलिपि होता है।

डी.एन.ए.

डी.एन.ए. चार मूल क्षारों से बना होता है; एडिनिन (A), थाइमिन (T) गुआनिन (G) तथा साइटोसिन (C)। डी.एन.ए. के एक तंतु का A दूसरे तंतु के T से तथा एक तंतु का G दूसरे तंतु के C से जुड़ा रहता है।

एक-जीवीय कोशिका



डी.एन.ए. का एक तंतु दूसरे का समपूरक होता है। इसीलिए यदि डी.एन.ए. के एक तंतु का अनुक्रम पता हो तो दूसरे तंतु का अनुक्रम बताया जा सकता है। डी.एन.ए. के तंतु में इन क्षारों का अनुक्रम उस डी.एन.ए. के कार्य का निर्धारण करता है। कोशिका के कार्य को सम्पन्न करने वाला डी.एन.ए. का छोटा-सा टुकड़ा जीन कहलाता है। आर.एन.ए. (राइबोन्यूक्लिक अम्ल) एकल तंतु वाला अणु है जो डी.एन.ए. के ऑर्डर पर प्रोटीन बनाने के लिए कोशिकीय पदार्थ जुगाड़ता है। डी.एन.ए. की सीढ़ीनुमा रचना खुलने पर न्यूक्लियोटाइड मुक्त हो जाते हैं। इस समय बना एक नया क्षार युरेसिल, न्यूक्लियोटाइड के थाइमिन क्षार की जगह फिट हो जाता है। अपनी तय लम्बाई पाने के बाद आर.एन.ए. की लड़ अलग हो जाती है।

जीनोम परियोजना

एक अनुमान के मुताबिक हमारे शरीर के सभी कार्यों को सम्पन्न करने हेतु प्रत्येक कोशिका में तकरीबन 1 से 1.5 लाख तक सक्षम जीन हैं। ये जीन कोशिका में मौजूद डी.एन.ए. का लगभग 3 प्रतिशत ही होती हैं। शेष 97 प्रतिशत डी.एन.ए. को वैज्ञानिक बेकार या जंक डी.एन.ए. कहते हैं। इनका सही कामकाज आज भी अनजाना है। मनुष्य के पूरे जीनोम में लगभग 300 करोड़ और प्रत्येक गुणसूत्र में औसतन करीबन 130,000,000 (तेरह करोड़) क्षार जोड़ियां हैं। प्रत्येक कोशिका के गुणसूत्र में मौजूद डी.एन.ए. के चार क्षारों का अनुक्रम पता लगाना मानव जीनोम प्रोजेक्ट का मुख्य उद्देश्य था। इस प्रोजेक्ट के अन्य लक्ष्य थे:

1. मनुष्य के डी.एन.ए. की लगभग एक लाख जीन की पहचान करना।

2. मनुष्य में डी.एन.ए. बनाने वाले करीबन 1 अरब 200 करोड़ क्षारों का पता लगाना।
3. सूचनाओं को डाटा बेस में संचित करना।
4. ज़्यादा तेज़ और कार्यक्षम अनुक्रमण (sequencing) प्रौद्योगिकी का विकास करना।
5. आंकड़ों के विश्लेषण के लिए तरीके विकसित करना।
6. परियोजना से उठने वाले नैतिक, विधिक और सामाजिक मुद्दों का निराकरण।

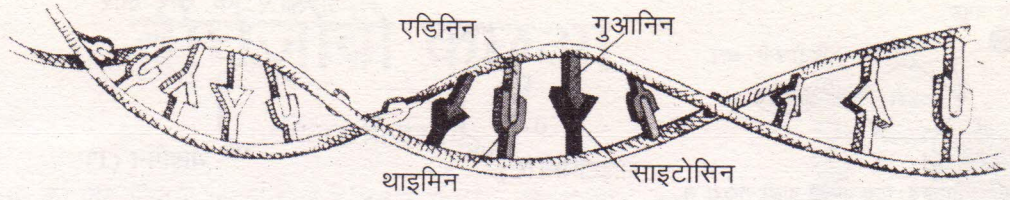
उम्मीद है कि मानव जीनोम की खोज के सकारात्मक मानवीय प्रभाव स्वास्थ्य और चिकित्सा के क्षेत्र में अधिक स्पष्ट रूप से परिलक्षित होंगे। इस समय रोगी की चिकित्सा को हम रोकथाम और उपचार के दो हिस्सों में बांटते हैं। इसमें अब पूर्वानुमान चिकित्सा भी जुड़ जाएगी, यानी रोग के होने का इंतज़ार किए बिना व्यक्ति की वंशाणु कुण्डली के हिसाब से उसका उपचार पहले से ही शुरू कर दिया जाएगा। दोषपूर्ण जीनों अर्थात वंशाणुओं का पता लगते ही चिकित्सक बता देंगे कि आपको कौन-सा रोग हो सकता है? फिर उस दोषपूर्ण वंशाणु को निकालकर सामान्य स्वस्थ वंशाणु रोपने का 'जीन उपचार' शुरू कर दिया जाएगा। दोषपूर्ण वंशाणु की पहचान भ्रूण में ही की जा सकेगी और वहीं उसे समस्त वंशानुगत विकारों से मुक्त कर दिया जाएगा।

रास्ता आसान नहीं है

आज हम मनुष्य की सम्पूर्ण अनुवांशिक कूटसंहिता पढ़ने में समर्थ हो गए हैं लेकिन यह इतना आसान नहीं है। शुरू से अन्त तक A, T, G और C के भिन्न अनुक्रमों से बनी यह कूटसंहिता यदि लिखी जाए तो 200 से अधिक टेलीफोन डायरेक्ट्रियां भर जाएंगी।

अभी तक यह खुशफहमी थी कि जीनोम अनुक्रम खोजने का काम पूरा होने के साथ ही हमें जानकारी हो जाएगी कि हम कौन हैं? क्यों बीमार होते हैं? बूढ़े क्यों होते हैं? लेकिन मानव जीनोम प्रोजेक्ट के लगभग पूरा होने के बावजूद हम इस ज्ञान से कोसों दूर हैं।

प्रश्न यह है कि मानव जीनोम से सम्बंधित अनुसंधानों का सदुपयोग कैसे किया जाए? हमें इससे क्या-क्या लाभ मिल सकते हैं या कहिए कि हम इसका फायदा कैसे उठा सकते हैं? वास्तव में जीनोम परियोजना के कारण अनुवांशिक क्षेत्र में एक नई क्रांति आई है। मरीजों की

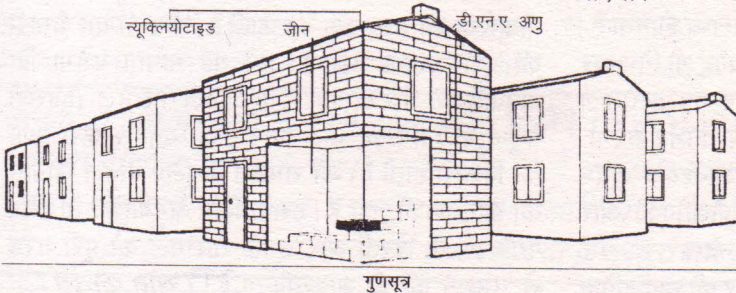


डी.एन.ए. अणु का एक हिस्सा: क्षार एक-दूसरे से रासायनिक बंध के जरिए जुड़े रहते हैं। केवल अनुरूप क्षार ही आपस में जुड़ते हैं - जैसे एडिनिन थाइमिन से जुड़ता है और गुआनिन साइटोसिन से। इस डी.एन.ए. के छोटे से टुकड़े में भी 'जानकारियों' की संख्या अपार होगी। यहां पर क्षारों की कुछ ही जोड़ियां दिख रही हैं। शरीर में ऐसे करोड़ों अलग-अलग अनुक्रम होते हैं।

जांच तथा रोग निदान के लिए चिकित्सकों को अनुवांशिक जानकारी की दरकार होती जा रही है। इससे औषधियों के भावी स्वरूप में तब्दीली आ सकती है यानी ज़रूरी नहीं कि एक औषधि विशेष हर व्यक्ति के लिए समान रूप से कारगर हो। दवाइयों के दुष्परिणाम भी व्यक्तियों के लिए अलग-अलग होंगे। लेकिन दुख की बात है कि वर्तमान शिक्षा प्रणाली चिकित्सकों को इस नए विज्ञान के लिए पर्याप्त रूप से तैयार नहीं करती।

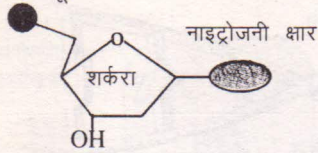
हमारे देश में राष्ट्रीय स्तर पर संक्रामक रोगों को प्राथमिकता दी गई है इसलिए हम अनेक राष्ट्रीय संस्थानों में ह्यूमन इन्फ़ोमेटिक्स एंड रिसर्च (एच.आई.वी) और उससे पैदा होने वाले एड्स रोग पर अनुसंधान को बढ़ावा दे रहे हैं। इसके लिए शिनाख्त किट तैयार किए जा चुके हैं। इसी तरह मलेरिया का एक टीका भी परीक्षण हेतु तैयार है। रेबीज का टीका भी आकार ले चुका है और जांचा जा रहा है। यह सब मानव जीनोम के अध्ययन के आधार पर अणुजैविकी की विधियां अपनाकर किया गया है। क्रियात्मक जीनोमिकी और अनुवांशिक विविधता का अध्ययन भी संतोषजनक गति पकड़ चुका है। पिछले 2-3 वर्षों में इन अनुसंधान परियोजनाओं पर लगभग 10 करोड़ रुपए खर्च किए जा चुके हैं।

किसी बीमारी का कारण यदि कोई जीन हो तो उस जीन के आधार पर यह भविष्यवाणी की जा सकती है कि आगे चलकर किन लोगों को उस बीमारी का खतरा है तथा वे कौन हैं जिनकी संतानें इस बीमारी की शिकार हो सकती हैं। इतना ही नहीं यह भविष्यवाणी किसी बच्चे के जन्म से पहले भी की जा सकती है। प्रत्येक मनुष्य में डी.एन.ए. अनुक्रमण का 99.9 प्रतिशत भाग एक जैसा होता है। केवल 0.1 प्रतिशत भाग व्यक्ति विशिष्ट होता है; और यही छोटा-सा हिस्सा लोगों में विविधता का आधार है। इसके अलावा सभी लोगों में कम से कम 5 से 50 तक त्रुटिपूर्ण जीन होते हैं। ये त्रुटिपूर्ण जीन कुछ बीमारियों के होने की सम्भावना को बहुत हद तक बढ़ा देते हैं और कभी-कभी घातक भी हो सकते हैं। लेकिन इन जीनों का पता लगाने से भावी बीमारियों की जांच तथा निदान के तरीकों में भारी परिवर्तन आएगा। बीस-पच्चीस वर्ष बाद एक नवजात बच्चे के डी.एन.ए. से हृदय रोग, कैंसर, ऑटोइम्यून या मेटाबॉलिक जैसी बहुत सारी बीमारियों का विश्लेषण करना शायद सम्भव हो जाए। प्रत्येक खराब जीन की शिनाख्त और उसकी मरम्मत के तरीके उपलब्ध होंगे। इस तरह दवा का उपयोग केवल बीमारों को ठीक करने की बजाए लोगों को बीमार होने से बचाने के लिए तथा उनको स्वस्थ रखने के लिए किया जाएगा।



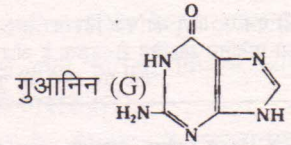
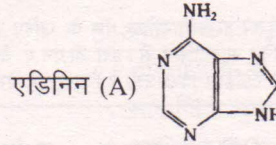
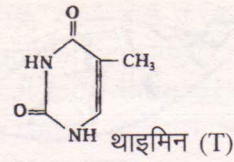
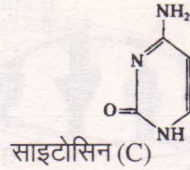
गुणसूत्र का शहरी अनुरूपण : गुणसूत्र यानी कोशिकीय केन्द्रक का वह हिस्सा जो कोशिका के सभी चरणों के लिए आदेश रखता है। सभी घर डी.एन.ए. के अणु हैं, जीन हैं कमरे और ईंटें हैं न्यूक्लियोटाइड यानी अणु का बुनियादी पदार्थ।

फॉस्फेट समूह



एक न्यूक्लियोटाइड: पांच कार्बन वाली शर्करा से जुड़े फॉस्फेट समूह और नाइट्रोजनी क्षार

डी.एन.ए. के चार क्षार



अतः कुछ सालों बाद लोगों के डी.एन.ए. की जांच के आधार पर चिकित्सक बहुत सारे सम्भावित खतरों और उनके समाधानों की सूची बना सकेंगे। इन उपायों को अपनाने, चिकित्सक से बीच-बीच में जांच कराते रहने तथा उनकी दी हुई सलाह के अनुसार खानपान और रहन-सहन का पालन करने से आगे होने वाली बीमारियों के खतरे बहुत कम हो सकेंगे। यह प्रक्रिया दरअसल रोगों के निजी जीनटाइप के आधार पर सम्भव होगी।

एक अनुमान के मुताबिक मानव जीनोम द्वारा 100,000 से 150,000 तक प्रोटीन के कार्यों का पता लगाने से बहुत सारी समस्याओं का हल ढूँढना सम्भव हो सकेगा। इससे इन प्रश्नों का उत्तर देना आसान हो जाएगा:

1. एक कोशिका से एक सम्पूर्ण मनुष्य कैसे बनता है?
2. हमारा मस्तिष्क कैसे काम करता है?
3. एक मनुष्य दूसरे मनुष्य से इतना भिन्न क्यों होता है?
4. किस जीन की भिन्नता और विशेष वातावरण अलग-अलग लोगों के अलग-अलग प्रकार की बीमारियों का शिकार होने की सम्भावना बढ़ा देती है?

सवाल मूल्यों का भी है

इस प्रकार अब हमारे वैज्ञानिकों के पास मानव जीनोम के रूप में एक बहुत उपयोगी साधन उपलब्ध हो गया है। इस साधन का दुरुपयोग होने की आशंकाएं भी निराधार नहीं हैं। दरअसल इस उपयोगी साधन का इस्तेमाल हमारी मान्यताओं, मूल्यों और नैतिकता पर निर्भर करेगा। इसके लिए जैव-नैतिकता की दृष्टि से आवश्यक कदम उठाने की आवश्यकता है ताकि जैव प्रौद्योगिकी और 'जीनियामरी' का दुरुपयोग न हो। 11 नवम्बर 1997 के दिन 'मानव जीनोम और मानवाधिकार की सार्वजनिक

घोषणा' के बाद यूनेस्को की ओर से यह तय किया गया था कि यूनेस्को के सभी सदस्य देशों में अन्तर्राष्ट्रीय जैव नैतिक समितियां बनाई जाएंगी जो अंतरसरकारी होंगी। भारत सरकार के जैव प्रौद्योगिकी विभाग ने पहले एक 'बायोएथिक कमेटी' बना दी थी जिसे अब नवगठित 'नेशनल बायोएथिक्स कमेटी' में ही शामिल कर दिया गया है। यह राष्ट्रीय जैव नैतिक समिति मानव जीनोम और मानवाधिकार घोषणा में प्रस्तावित संशोधनों पर विचार करेगी और अन्तर्राष्ट्रीय स्तर पर अन्य देशों की ऐसी ही समितियों के साथ सम्पर्क बनाए रखेगी।

बीमारियों, मनुष्य के व्यक्तित्व के निर्माण और उसके व्यवहार और आचरण के बारे में जैसे-जैसे हमारा ज्ञान बढ़ता जा रहा है, वैसे-वैसे यह स्पष्ट होता जा रहा है कि उस पर वातावरण तथा रहन-सहन के तरीके का अनुमान से कहीं अधिक प्रभाव पड़ता है। अध्ययनों द्वारा यह स्पष्ट हो चुका है कि अनुवांशिक स्तर पर एक ही जैसे चूहे (चूहों के क्लोन) भिन्न वातावरण में पलने पर अलग-अलग चाल चलन दिखाते हैं। इससे यह सिद्ध होता है कि कुछ गुणों के विकास पर वातावरण का बहुत हद तक प्रभाव पड़ता है। लेकिन इस बात को ध्यान में रखना होगा कि भले ही हम बहुत सारी ऐसी जीनों की पहचान करने में समर्थ हो जाते हैं जिनकी वजह से मनुष्य में कुछ बीमारियों की सम्भावना बढ़ जाती है, फिर भी यह बीमारी की पूरी कहानी नहीं है। हमें यह मानना पड़ेगा कि अनुवांशिकी और वातावरण के जटिल तालमेल (जिससे मनुष्य के व्यक्तित्व, चालचलन तथा व्यवहार जैसे गुणों का विकास होता है) को समझने के लिए केवल जीनोम का ज्ञान काफी नहीं है। इसके लिए अनुवांशिकता और पर्यावरण के रिश्तों और उनके तालमेल को पूरी तरह से समझने की भी आवश्यकता है। (स्रोत फीचर्स)