

- **தன்னிய இரட்டிப்பாதல்:** தன்னிய இரட்டிப்பாகக் கூடிய திறன் இருக்க வேண்டும். நிரப்புதல் மற்றும் காரண இணைகள் உருவாதல் விதிகளின்படி, இரு வகை நியுக்ளிக் அமிலங்களுக்கும் (ஆர்.என்.ஏ மற்றும் டி.என்.ஏ) நேரடி நகலாக்க திறனுண்டு. புரதத்திற்கு இப்பண்பு கிடையாது.
- **நிலைப்புத் தன்மை:** கட்டமைப்பு மற்றும் வேதித்தன்மை ஆகியவற்றில் நிலைப்புத் தன்மை வேண்டும். உயிரினத்தின் வயது, வாழ்க்கை சுழற்சி நிலைகள் மற்றும் மாறும் உடற்செயலியல் செயற்பாடுகள் ஆகியவற்றால் பாதிக்கப்படாத நிலைப்புத் தன்மையை மரபணுப்பொருள் பெற்றிருக்க வேண்டும். கிரி.ஃப்பித்தின் தோற்றமாற்றக் கோட்பாட்டில் மரபுப்பொருளின் முக்கியமான பண்பு நிலைப்புத் தன்மை என்பதற்கான தெளிவான சான்றுகள் உள்ளன. பாக்டீரியாவை கொல்லக்கூடிய வெப்பம்கூட மரபுப் பொருளின் சில பண்புகளை அழிப்பதில்லை. டி.என்.ஏவின் இரு இழைகளும் நிரப்புக் கூறுகளைக் கொண்டவை. அவற்றை வெப்பத்தால் பிரித்தாலும், மீண்டும் இயல்பு சூழலில் இணைந்து விடுகின்றன. மேலும், ஆர்.என்.ஏவில் உள்ள ஒவ்வொரு நியுக்ளியோடைடுவிலும் 2' நிலையில் OH குழு இருக்கிறது. இது எதிர் வினைபுரியும் குழுவாகும். ஆதலால் எளிதில் சிதைகிறது. அதனால்தான் ஆர்.என்.ஏவை வினையூக்கியாகவும் எதிர் வினையாற்றியாகவும் அறிகிறோம். ஆர்.என்.ஏவை ஒப்பிடுகையில், வேதியியல் ரீதியாக டி.என்.ஏ அதிக நிலைப்புத் தன்மையையும் குறைவான எதிர் வினையாற்றும் பண்பையும் பெற்றுள்ளது. யுரேசிலுக்கு பதிலாக தைமின் இருப்பது டி.என்.ஏவின் நிலைப்புத் தன்மைக்கு கூடுதல் உறுதியைத் தருகின்றது.
- **தகவல் சேமிப்பு:** மரபுப்பொருள், மெண்டலின் பண்புகள் வடிவில் தன்னை வெளிப்படுத்திக் கொள்ளும் திறன் பெற்றிருக்க வேண்டும். ஆர்.என்.ஏவை பொறுத்த அளவில், புரத உற்பத்திக்கான தகவல்களைத் தருவதில் நேரடியாக பங்கேற்பதால் பண்புகளை வெளிப்படுத்துவது எளிதானதாகும். ஆனால், டி.என்.ஏ. புரத உற்பத்திக்கு ஆர்.என்.ஏவை சார்ந்தே இருக்கிறது. டி.என்.ஏ மற்றும் ஆர்.என்.ஏ ஆகிய இரண்டுமே மரபணுப்பொருள்கள் தான், ஆனால் டி.என்.ஏ அதிக நிலைப்புத்தன்மை கொண்டதால், மரபுத் தகவல்களை சேமிக்க முடியும். ஆர்.என்.ஏ அத்தகைய மரபுத் தகவல்களை கடத்தும்.
- **திடீர் மாற்றம் மூலம் மாறுபாடுகள்:** மரபுப்பொருட்கள், திடீர்மாற்றத்திற்கு ஆட்பட வேண்டும். டி.என்.ஏ மற்றும் ஆர்.என்.ஏ ஆகிய இரண்டுமே திடீர் மாற்றமடையும் திறன் பெற்றவை. இதில், நிலைப்புத் தன்மை குறைவாக உள்ளதால் ஆர்.என்.ஏ எளிதில் வேகமாக திடீர் மாற்றமடைகிறது. இவ்வாறே, ஆர்.என்.ஏ மரபுத் தொகுதியையும் குறுகிய வாழ்நாளையும் கொண்ட வைரஸ்கள் வேகமாக திடீர் மாற்றமடைகிறது. இவ்வாறே, ஆர்.என்.ஏ மரபுத் தொகுதியையும் குறுகிய வாழ்நாளையும் கொண்ட வைரஸ்கள் வேகமாக திடீர் மாற்றமடைந்து, பரிணமிக்கின்றன. மேற்கண்ட கருத்துக்களின் அடிப்படையில் பார்த்தால், ஆர்.என்.ஏ மற்றும் டி.என்.ஏ ஆகிய இரண்டுமே மரபணுப் பொருளாக பணியாற்றும் திறன் பெற்றவையே, என்றாலும் டி.என்.ஏவில் நிலைப்புத் தன்மை அதிகம் என்பதால், மரபுத் தகவல்களை சேமிக்க அதற்கு அதிக முன்னுரிமை தரப்பட்டுள்ளது.

டி.என்.ஏ திருகுச் சுழலின் பொதிவு

- ஒரு பாலூட்டியின் செல்லில் உள்ள டி.என்.ஏவின் இரட்டைவட திருகுசுழலில், அடுத்தடுத்துள்ள கார இணைகளுக்கிடையேயான இடைவெளி $0.34\text{nm}(0.34 \times 10^{-9}\text{m})$ ஆகும். மொத்த கார இணைகளின் எண்ணிக்கையை இவ்வெளி அளவால் பெருக்கினால் $(6.6 \times 10^{-9} \times 0.34 \times 10^{-9}\text{m/bp})$, வரும் ஒரு இரட்டைவட திருகுச்சுழலின் நீளம் ஏறத்தாழ 2.2மீ ஆகும். (டி.என்.ஏவின் இரட்டை வட திருகுச்சுழலின் மொத்த நீளம் = மொத்த கார இணைகளின் எண்ணிக்கை \times அடுத்தடுத்துள்ள கார இணைகளுக்கு இடையேயான இடைவெளி). எ.கோலை பாக்டீரியாவில் உள்ள டி.என்.ஏவின் நீளம் ஏறத்தாழ 1.36 மி.மீ எனில், அதில் உள்ள கார இணைகளின் 4×10^6 மீ $(1.36 \times 10^3 \text{ மீ} / 0.34 \times 10^{-9})$ ஆகும். மாதிரி பாலூட்டி உட்கருவின் அளவை (ஏறத்தாழ 10^{-6} மீ) விட டி.என்.ஏவின் இரட்டை வட திருகுச்சுழலின் நீளம் மிக அதிகம். ஒரு செல்லுக்குள் இவ்வளவு நீளமான டி.என்.ஏ பாலிமர் எவ்வாறு பொதித்து வைக்கப்பட்டுள்ளது?

- மரபணுக்களை தன்னகத்தே வைத்துள்ள குரோசோம்கள், ஒரு தலைமுறையிலிருந்து இன்னொரு தலைமுறைக்கு பல்வேறு பண்புகளை கடத்துகின்றன. டுப்ரா (1965) என்பவர் ஒற்றை இழை மாதிரி (U nineme) ஒன்றை முன்மொழிந்தார். அதன்படி யூகேரியோட்டுகளில், நீண்ட சுருள் தன்மை கொண்ட மூலக்கூறான ஒற்றை இழை டி.என்.ஏ மாதிரி ஹிஸ்டோன் புரதங்களுடன் இணைந்துள்ளன. பாக்டீரியங்களை விட, தாவரங்களிலும் விலங்குகளிலும் அதிகமான டி.என்.ஏ பொருள் உள்ளது. எனவே செல்லின் உட்கருவுக்குள் பொருந்துவதற்கேற்ப பல மடிப்புகளாக்கப்பட்டு வைக்கப்பட்டுள்ளன. எ.கோலை போன்ற புரோகேரியோட்டுகளில் தெளிவான உட்கரு கிடையாது என்றாலும் டி.என்.ஏ செல்லினுள் சிதறி காணப்படுவதில்லை. எதிர்மறை மின்தன்மை கொண்ட சில புரதங்களோடு இணைந்து 'நியூக்ளியாய்டு (Nucleoid)' எனும் பகுதியில் காணப்படுகின்றன. இப்பகுதியில் புரதத்தால் கட்டப்பட்டுள்ள டி.என்.ஏ பல பெரிய மடிப்பு வளையங்களாக உள்ளன. புரோகேரியோட்டுகளின் டி.என்.ஏ ஏறத்தாழ வட்ட வடிவமானது. மேலும் அதில் குரோமேட்டின் அமைப்பு இல்லாததால் அவை ஜீனோ.போர் (Genophore) என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

டி.என்.ஏ இறுக்கமாதல் அ) டி.என்.ஏ ஆ) நியூக்ளியோசோம்கள் மற்றும் ஹிஸ்டோன்கள் இ) குரோமேட்டின் இழை ஈ) சுருண்ட குரோமேட்டின் இழை உ) சுருண்ட இழை ஊ) மெட்டாநிலை குரோமேட்டின்

- யூகேரியோட்டுகளில் அதிக சிக்கலான அமைப்பு காணப்படுகிறது. தொடர்ச்சியான மீள்தோன்று அலகுகளான நியூக்ளியோசோம்களால் (Nucleosomes) குரோமேட்டின் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. நியூக்ளியோசோமிற்கான மாதிரியை கோர்ன்பெர்க் (Kornberg) என்பவர் முன்மொழிந்துள்ளார். அதில் H2A, H2B, H3 மற்றும் H4 எனும் நான்கு ஹிஸ்டோன் புரதங்களின் இரண்டு மூலக்கூறுகள் வரிசையாக அமைந்து எட்டு மூலக்கூறுகளை உடைய அலகை உருவாக்குகின்றன. இவ்வலகிற்கு ஹிஸ்டோன் எண்மம் (Histone Octamere) என்று பெயர். நேர்மறை மின்தன்மை கொண்ட ஹிஸ்டோன் எண்மத்தை சுற்றி, எதிர்மறை மின்தன்மை கொண்ட டி.என்.ஏ உறையாக அமைந்து நியூக்ளியோசோம் எனும் அமைப்பை

உருவாக்குகிறது. மாதிரி நியுக்ளியோசோம் ஒன்றில் டி.என்.ஏ இரட்டை வட திருகு சுழற்சியின் 200 கார இணைகள் அடங்கியுள்ளன. ஹிஸ்டோன் எண்மம் நெருக்கமாக அமைந்து, நியுக்ளியோசோமின் வெளிப்புறத்தில் டி.என்.ஏ சூழ்ந்து சுருளாகக் காணப்படுகிறது. அடுத்தடுத்துள்ள நியுக்ளியோசோம்களை, நொதிகளின் உதவியுடன் இணைப்பு டி.என்.ஏக்கள் இணைகின்றன. ஹிஸ்டோன் எண்மத்தைச் சுற்றி டி.என்.ஏ இரு முழுமையான திருகுகளை உருவாக்கியுள்ளன. இரண்டு திருகுகளையும் H1 மூலக்கூறு (இணைப்பு டி.என்.ஏ) முடுகிறது. H1 இல்லாத நிலையில் குரோமேட்டின் மணிகோர்த்த மாலையைப் போல தோன்றுகிறது. இவ்வமைப்பின் எந்த இடத்திலும் டி.என்.ஏ உட்செல்லவும், நியுக்ளியோசோமை விட்டு வெளியேறவும் முடியும். ஒரு நியுக்ளியோசோமின் H1, அடுத்துள்ள நியுக்ளியோசோமின் H1 உடன் வினைபுரிவதால் இழை, மேலும் மடிகிறது. இடைநிலையில் உள்ள உட்கருவின் குரோமேட்டின் இழை மற்றும் குன்றல் பிரிவின் போதான குரோமோசோம் ஆகியவற்றின் விட்டம் 200nm முதல் 300nm வரை இருக்கும். இது செயலற்ற குரோமேட்டின் ஆகும். நியுக்ளியோசோமின் மடிப்பிலிருந்து தோன்றும் 30nm நீளமுள்ள இழை, ஒரு சுற்றுக்கு ஆறு நியுக்ளியோசோமைக் கொண்ட வரிச்சுருளமைப்பைத் (Solenoid) தோற்றுவிக்கிறது. வெவ்வேறு H1 மூலக்கூறுகளுக்கு இடையேயான வினையால் இவ்வமைப்பு நிலைப்புத் தன்மையைப் பெறுகிறது. தற்போது டி.என்.ஏ வரிச்சுருள் அமைப்புடன் சுமார் 40 மடிப்புகளைக் கொண்டு பொதிக்கப்படுகிறது. குரோமோசோம் அமைப்பின் உயர்படிநிலையின் வரிசைக்கிரமம் தரப்பட்டுள்ளது. மேலும் உயர்நிலை குரோமேட்டின் பொதிவுக்கு கூடுதலான புரதத் தொகுதிகள் தேவையாய் உள்ளன. இப்புரதங்கள், ஹிஸ்டோனற்ற குரோமோசோம் புரதங்கள் (Non-hostone chromosomal proteins - NHC) எனப்படுகின்றன. மாதிரி உட்கருவில், குரோமேட்டினின் சில பகுதிகள் தளர்வாக பொதிக்கப்பட்டுள்ளன. (குறைவான நிறமேற்பி) இதற்கு யுகரோமேட்டின் என்று பெயர். இறுக்கமாக பொதிக்கப்பட்ட (அடர்நிறமேற்பரப்பி) குரோமேட்டின் பகுதி ஹெட்டிரோகுரோமேட்டின் எனப்படும். யுகரோமேட்டினில் படியெடுத்தல் நிகழ்வு தீவிரமாக நிகழும் ஆனால் ஹெட்டிரோகுரோமேட்டினில் படியெடுத்தல் நிகழ்வதில்லை.

டி.என்.ஏ இரட்டிப்பாதல்

- செல்சுழற்சியின் S-நிலையின் போது டி.என்.ஏ இரட்டிப்பாதல் நிகழ்கிறது. இரட்டிப்பாதலின் போது, ஒவ்வொரு டி.என்.ஏ மூலக்கூறும், ஒன்றுக்கொன்று ஒத்த தன்மை கொண்ட இரண்டு இழைகளைத் தருகின்றன. இவை பெற்றோரின் இழைகளையும் ஒத்திருக்கின்றன. டி.என்.ஏ இரட்டிப்பாதல் தொடர்பாக மூன்று கோட்பாடுகள் முன்மொழியப்பட்டுள்ளன. அவையாவன: பழையன காத்தல் முறை இரட்டிப்பாதல், சிதறல் முறை இரட்டிப்பாதல் மற்றும் பாதி பழையன காத்தல் முறை இரட்டிப்பாதல்.
- பழையன காத்தல் இரட்டிப்பாதலில், மூல இரட்டை வட திருகுச்சுழல் வார்ப்புருவாகப் பணியாற்றுகிறது. மூல மூலக்கூறுகள் பாதுகாக்கப்பட்டு, முழுதும் புதிதான இரு இழைகளாக டி.என்.ஏ மூலக்கூறுகள் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. சிதறல் முறை இரட்டிப்பாதலில், மூல மூலக்கூறு பல துண்டுகளாக உடைந்து, ஒவ்வொரு துண்டமும் வார்ப்புருவாக செயல்பட்டு அதற்கு ஈடான இழைகளை புதிதாய் உருவாக்குகின்றன. இறுதியாக இரண்டு

புதிய மூலக்கூறுகள் உருவாகின்றன அதில் பழைய மற்றும் புதிய துண்டங்கள் இணைந்தேயுள்ளன.

பாதி பழையன காத்தல் - டி.என்.ஏ இரட்டிப்பாதல் முறை

- 1953ல் வாட்சன் மற்றும் கிரிக் ஆகியோர், பாதி பழையன காத்தல் முறை இரட்டிப்பாதலை முன்மொழிந்தனர். இது டி.என்.ஏவின் மாதிரி வடிவத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டதாகும். டி.என்.ஏவின் இரு இழைகளும் ஒரு முனையிலிருந்து தொடங்கி பிரியத் தொடங்குகின்றன. இந்நிகழ்வின் போது ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகள் உடைகின்றன. இவ்வாறு பிரிக்கப்பட்ட ஒவ்வொரு இழையும், புதிய இழையின் வார்ப்புருவாக செயல்படுகிறது. இதன் தொடர்ச்சியாக உருவாகும் இரண்டு இரட்டை திருகுச்சுழல் இழைகள் ஒவ்வொன்றிலும் வார்ப்புருவாக செயல்பட்ட ஒரு பெற்றோர் (பழைய) பாலி நியூக்ளியோடைடு சங்கிலி இழையும் ஒரு புதிய நிகரொத்த பாலி நியூக்ளியோடைடு சங்கிலி இழையும் ஒரு புதிய நிகரொத்த பாலி நியூக்ளியோடைடு சங்கிலி இழையும் உள்ளன.

டி.என்.ஏ இரட்டிப்பாதலுக்கான சோதனை வழி உறுதியாக்கம்

- மெசெல்சென் மற்றும் ஸ்டால் ஆகியோர் 1958-ல், டி.என்.ஏ இரட்டிப்பாதல் வழிமுறைகளை வடிவமைத்தனர். இவ்வடிவமைப்பின் மூலம், பாதி பழையன காத்தல் மற்றும் சிதறல் முறைகளை வேறுபடுத்திப் பார்க்கவும் முயன்றனர். இச்சோதனையின் போது எ.கோலை பாக்டீரியாவின் இரு குழுக்களை ஊடகத்தில், தனித்தனியாக பல தலைமுறைகளுக்கு வளர்த்தனர். கன நைட்ரஜன் ஐசோடோப்பான ^{15}N அடங்கிய நைட்ரஜன் ஐசோடோப்பான ^{14}N அடங்கிய ஊடகத்தில் இன்னொரு குழுவும் பல தொடர் தலைமுறைகளாக வளர்க்கப்பட்டன. இறுதியில், கன நைட்ரஜனில் வளர்ந்த பாக்டீரியாக்களின் டி.என்.ஏ வில் ^{15}N ம், இலகு நைட்ரஜனில் வளர்ந்தவைகளில் ^{14}N மட்டுமே இருந்தன. ^{15}N ஐ ^{14}N லிருந்து வேறுபடுத்தி அறிய சீசியம் குளோரைடு (CsCl) அடர்த்தி வேறுபாட்டு மைய விலக்குசுழற்சிக்கு (Cesium chloride density gradient centrifugation) உட்படுத்தப்படுகிறது. இச்செயற்பாட்டின் போது, இரு செல் குழுக்களிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்பட்ட கன மற்றும் இலகு டி.என்.ஏக்கள் இரு தனித்தனி பட்டைகளாகப் படிந்தன. (கலப்பு டி.என்.ஏ).
- பிறகு கன நைட்ரஜன் (^{15}N) வளர்ப்பிலிருந்து, பாக்டீரியாக்கள், அம்மோனியம் குளோரைடு (NH_4Cl) மட்டுமே உள்ள ஊடகத்திற்கு மாற்றப்பட்டு, அதிலிருந்து ஒவ்வொரு 20 நிமிட இடைவெளியில் மாதிரிகள் எடுக்கப்பட்டன. முதல் இரட்டிப்பாதலுக்குப் பிறகு பிரித்தெடுக்கப்பட்ட டி.என்.ஏ பட்டை, இதற்கு முன்பு படிந்த கன மற்றும் இலகு பட்டைகளுக்கு இடையில் அமைந்தது. இரண்டாம் இரட்டிப்பாதலுக்குப் பிறகு (40 நிமிடங்களுக்குப்பின்) பிரித்தெடுக்கப்பட்ட டி.என்.ஏ, இம்முறை இரு பட்டைகளாக படிந்தது. ஒன்று இலகு பட்டை நிலையிலும் மற்றொன்று இடைநிலையிலுமாய் இருந்தன. இம்முடிவுகள், வாட்சன் மற்றும் கிரிக் ஆகியோரின் பாதி பழையன காத்தல் இரட்டிப்பாதல் கோட்பாட்டினை மெய்ப்பித்தன.

நொதிகளும் இரட்டிப்பாதல் முறையும்

மெசெல்சென் மற்றும் ஸ்டால் பரிசோதனை வழி/மூலம் பாதி பழையன காத்தல் முறையை உறுதி செய்தல்

- புரோகேரியாட்டுகளில் இரட்டிப்பாதலுக்காக மூன்று வகையான டி.என்.ஏ பாலிமெரேஸ் நொதிகள் தேவைப்படுகின்றன. (டி.என்.ஏ பாலிமெரேஸ் I, II மற்றும் III). இவற்றில் டி.என்.ஏ பாலிமெரேஸ் III எனும் நொதி இரட்டிப்பாதலில் மிக முக்கிய பங்காற்றுவதாகும். 'கோரன்பெர்க் நொதி' என்று அழைக்கப்படும் டி.என்.ஏ.பாலிமெரேஸ் I மற்றும் டி.என்.ஏ.பாலிமெரேஸ் II ஆகியவை டி.என்.ஏ பழுது நீக்கத்தில் பங்காற்றுவவை ஆகும். யுகேரியோட்டுகளில் ஐந்து வகையான டி.என்.ஏ பாலிமெரேஸ்கள் உள்ளன. இவை குறுகிய காலத்தில் புதிய இழையின் 3' OH- இடத்தில் நியூக்ளியோடைடுகளின் பல்படியாக்கல் நிகழ்வில் வினை மாற்றியாக செயல்படுகின்றன. 4x10⁶bp நீளமுள்ள எ.கோலையில், இரட்டிப்பாதல் நிகழ்வு, 38 நிமிடங்களில் முழுமை பெறுகிறது. மிக வேகமாகவும், துல்லியமாகவும் நடைபெறும் இரட்டிப்பாதல் நிகழ்வில் சிறு பிழை ஏற்பட்டாலும் அது திடீர்மாற்றத்திற்கு வழி வகுக்கும். இருப்பினும், நியூக்ளியேசஸ் எனும் நொதிகள் இத்தகைய பிழைகளை சீர்படுத்த உதவுகின்றன. இந்த பல்படியாக்க (Polymerization) நிகழ்வுக்கு, டி-ஆக்ஸி-நியூக்ளியோடைடு-டிரைபாஸ்பேட், தளப்பொருளாக செயலாற்றி தேவையான ஆற்றலை அளிக்கிறது.
- இரட்டிப்பாதலுக்கான இடத்திலிருந்து (அதாவது தொடக்க இடம் (Initiation site)) இரட்டிப்பாதல் தொடங்குகிறது. புரோகேரியோட்டுகளில் 'தொடக்க இடம்' என்பது ஒன்று மட்டுமே. ஆனால், பெரிய அளவிலான டி.என்.ஏ மூலக்கூறுவைக் கொண்ட யுகேரியோட்டுகளில், பல தொடக்க இடங்கள் (replicons) காணப்படுகின்றன. டி.என்.ஏவின் நீளமான இரு இழைகளும் முழுவதுமாக ஒரே நேரத்தில் இரட்டிப்பாதலுக்கு பிரிய வாய்ப்பில்லை. ஏனெனில், அதற்கான ஆற்றல் தேவை அதிகம். எனவே, டி.என்.ஏ திருகுச்சுழலில் சிறு திறப்பின் வழி இது தொடங்குகிறது. இத்திறப்பிற்கு 'இரட்டிப்பாதல் பிளவு' (Replication fork) என்று பெயர். டி.என்.ஏவின் சுருள் நீக்கத்தை டி.என்.ஏ ஹெலிகேஸ் (DNA helicase) எனும் நொதி செயல்படுத்துகிறது. இவ்வாறு ஒரு இழையின் 3' 5' திசை கொண்ட வார்ப்புரு இழையில், இரட்டிப்பாதல் தொடர்ச்சியாக நடைபெறும். இவ்விழைக்கு தொடர் இழை அல்லது வழிகாட்டு இழை என்று பெயர். மற்றொரு 3' 5' திசை கொண்ட இழையின் இரட்டிப்பாதல் தொடர்ச்சி அற்றதாகும். இவ்விழைக்கு தொடர்ச்சியற்ற இழை அல்லது பின்தங்கு இழை (lagging strand) என்று பெயர். பின் தங்கு இழையால் உருவாக்கப்பட்ட தொடர்ச்சியற்ற புதிய துண்டங்களை (ஒகேசாகி துண்டங்கள்) டி.என்.ஏ. லிகேஸ் நொதி ஒன்றிணைக்கிறது.
- இப்பிளவு இரு எதிர்த்திசைகளில் நகர்கிறது. இதனால் உருவாக்கப்படும் புதிய நிரப்பு நியூக்ளியோடைடுகளுடன், டி.என்.ஏ பாலிமெரேஸ் நொதியால் இணைதிறன் பிணைப்பு (Covalent bond) கொண்டு பிணைக்கப்படுகின்றன. புதிய இழையின் உருவாக்கம் தொடங்க ஆர்.என்.ஏவின் சிறு பகுதியான, தொடக்க இழை (Primer) தேவைப்படுகிறது. தொடக்க இழை முதலில் 3'-OH முனையின் மீது ரிபோ நியூக்ளியோடைடு வரிசையை உருவாக்கிய பின்னர்

டி.ஆக்ஸி ரிபோ நியுக்ளியோடைடுகள் சேர்க்கப்படுகின்றன. ஆர்.என்.ஏ தொடக்க இழை இறுதியில் நீக்கப்படுவதால், புதிய டி.என்.ஏ இழையில் சிறு இடைவெளி ஏற்படுகிறது. டி.என்.ஏ பாலிமேரேஸ் நொதியின் புற நியுக்ளியேஸ் (exnuclease) வகை செயல்பாட்டினால், 5' முனையில் இவை ஒன்றன் பின் ஒன்றாக நீக்கப்படுகின்றன.

இரட்டிப்பாதல் முறை இரட்டிப்பாதல் பிளவை காட்டுகின்றது.

- இறுதியில், எல்லா நியுக்ளியோடைடுகளும் அவற்றுக்குரிய இடத்தில் நிலைத்த பின், டி.என்.ஏ. லிகேஸ் நொதியால் இடைவெளிகள் மூடப்படுகின்றன.
- இரட்டிப்பாதலின் தொடக்க இடத்தில், ஹெலிகேஸ் மற்றும் டோபோஐசோமேரேஸ் நொதிகள் (டி.என்.ஏ. கைரேஸ்) டி.என்.ஏவின் சுருளை நீக்கி, இரு இழையையும் பிரித்து 'Y' வடிவ அமைப்பான, 'இரட்டிப்பாதல் கவையை' தோற்றுவிக்கின்றன. ஒவ்வொரு தொடக்கத்திலும் இரண்டு 'இரட்டிப்பாதல் கவைகள்' உண்டு. டி.என்.ஏவின் இரு இழைகளும் எதிர் அமைப்பைக் கொண்டவை. புதிய இழையின் 5' 3' திசையில் புதிய நியுக்ளியோடைடுகளை சேர்க்கும் வினைக்கு டி.என்.ஏ.பாலிமேரேஸ் மட்டுமே வினையாற்றியாகச் செயல்படுகிறது. அது 3' நிலை கார்பனில் நியுக்ளியோடைடுகளை இணைக்கின்றது.

படியெடுத்தல் (Transcription)

- மூலக்கூறு உயிரியலின் மையக்கருத்தை (Central dogma) பிரான்சிஸ் கிரிக் என்பவர் உருவாக்கினார். அதன்படி, மரபியல் தகவல்கள் கீழ்க்கண்டவாறு கடத்தப்படுகின்றன.



- டி.என்.ஏ. வின் ஒரு இழையிலிருந்து ஆர்.என்.ஏ இழைக்கு செய்திகள் நகலெடுக்கப்படும் செயல்முறைகளே படியெடுத்தல் எனப்படும். டி.என்.ஏ சார்ந்த ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேஸ் என்ற நொதியின் முன்னிலையில் இந்நிகழ்ச்சி நடைபெறுகிறது. ஆர்.என்.ஏவை மரபுப்பொருளாகக் கொண்ட ரெட்ரோவைரஸ்களில் இத்தகவல் ஓட்டம் (அ) பாய்வு தலைகீழாக நடைபெறும். (எ.கா. HIV). தலைகீழ் படியெடுத்தல் மூலம் ஆர்.என்.ஏ, டி.என்.ஏவை உருவாக்குகிறது. பின் தூது ஆர்.என்.ஏவாக படியெடுக்கப்பட்டு, மொழிபெயர்த்தல் மூலம் புரதமாகிறது.
- மரபணுக்கள், தங்களின் பண்புகளை வெளிப்படுத்தினால் மட்டுமே ஒரு செல் திறனுடன் செயல்பட முடியும். அதாவது, புரதம் அல்லது ஆர்.என்.ஏ

மூலக்கூறுகள் பொன்ற மரபணு பொருட்கள் உருவாக்கப்பட வேண்டும். மரபணுவிலிருந்து புரதத்திற்கான தகவல்களை குறியீடாகச் செல்லுக்குக் கொண்டுசெல்லும் ஆர்.என்.ஏவை தூது ஆர்.என்.ஏ (mRNA) என்றழைக்கப்படும். மரபணு படியெடுக்கப்பட வேண்டுமென்றால், இரட்டைத் திருகுச்சுழலமைப்புக் கொண்ட டி.என்.ஏவின் இழைகள் தற்காலிகமாகப் பிரிய வேண்டும். பின் டி.என்.ஏ வின் ஒரு வார்ப்புரு இழையிலிருந்து ஆர்.என்.ஏ பாலிமெரேஸ் நொதியின் உதவியுடன் ஆர்.என்.ஏ உற்பத்தி செய்யப்பட வேண்டும். இந்நொதி மரபணுவின் ஆரம்பத்தில் டி.என்.ஏவுடன் இணைந்து, திருகுச்சுழல் அமைப்பை திறக்கிறது. இறுதியில் ஆர்.என்.ஏ மூலக்கூறு உற்பத்தியாகிறது. ஆர்.என்.ஏவின் நியுக்ளியோடைடுகள், அது உருவான டி.என்.ஏ வார்ப்புரு இழையின் நிகரொத்த அமைப்பாகும்.

- படியெடுத்தலின் போது டி.என்.ஏ வின் இரு இழைகளும் படியெடுக்கப்படுவதில்லை. இதற்கு இரண்டு காரணங்கள் உண்டு.

1. இரு இழைகளும் வார்ப்புருவாக செயலாற்றுமேயானால் ஆர்.என்.ஏவிற்கான குறியீடு இரண்டிலும் வெவ்வேறு வரிசையில் இருக்கும். இதனால் புரதத்தின் அமினோ அமில வரிசையிலும் பாதிப்பு ஏற்படும். இதனால் டி.என்.ஏவின் ஒரு பகுதியிலிருந்து இரு வேறு புரதங்கள் உற்பத்தியாகி மரபுத் தகவல் பரிமாற்ற நிகழ்முறையில் சிக்கல் ஏற்படுகின்றது.
2. இரு வித ஆர்.என்.ஏ மூலக்கூறுகள் ஒரே நேரத்தில் உற்பத்தியாகுமேயானால், ஆர்.என்.ஏவின் இரு இழைகளும் ஒன்றுக்கொன்று நிகரொத்ததாக இருக்கும். இதனால் புரதத்தின் அமினோ அமில வரிசையிலும் பாதிப்பு ஏற்படும். இதனால் டி.என்.ஏவின் ஒரு பகுதியிலிருந்து இரு வேறு புரதங்கள் உற்பத்தியாகி மரபுத் தகவல் பரிமாற்ற நிகழ் முறையில் சிக்கல் ஏற்படுகின்றது.

படியெடுத்தல் அலகு மற்றும் மரபணு

- படியெடுத்தல் அலகு மூன்று பகுதிகளால் வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது. அவை ஊக்குவிப்பான், அமைப்பு மரபணு மற்றும் நிறைவி ஆகியனவாகும். 5'முனையையொட்டி ஊக்குவிப்பான் அமைந்துள்ளது. ஆர்.என்.ஏ பாலிமெரேஸ் நொதிக்கான பிணைப்பு இடத்தை அளிக்கும் டி.என்.ஏ தொடரே ஊக்குவிப்பான் ஆகும். படியெடுத்தல் அலகில் ஊக்குவிப்பான் இருப்பதால் தான், பார்ப்புரு மற்றும் குறியீட்டு இழைகள் தெளிவாகின்றன. குறியீட்டு இழையின் 3' முனையில் நிறைவி பகுதி அமைந்துள்ளது. அதற்கேற்ப, அதில், ஆர்.என்.ஏ. பாலிமெரேஸின் செயல்பாடுகளை நிறுத்திவைக்கும் டி.என்.ஏ வரிசையமைப்பு காணப்படுகிறது. யூகேரியோட்டுகளில், ஊக்குவிப்பான் பகுதியில் அதிக எண்ணிக்கையிலான அடினைன் (A) மற்றும் தைமின் (T) ஆகியவை உள்ளன. இப்பகுதி “டாடா பெட்டி” (TATA Box) அல்லது “கோல்ட்பெர்க்-ஹோக்னெஸ் பெட்டி” (Goldberg-Hogness box) என்று அழைக்கப்படுகிறது. புரோகேரியோட்டுகளில் இப்பகுதியை, “பிரிப்னோ பெட்டி” (Prinbnow box) என்பர். ஊக்குவிப்பானைத் தவிர, யூகேரியோட்டுகளுக்கு அதிகரிப்பான்களும் தேவைப்படுகின்றன.



- படியெடுத்தல் அலகில் உள்ள டி.என்.ஏவின் இரு இழைகளும் எதிரெதிர் துருவத்துவம் பெற்றவை. டி.என்.ஏ சார்ந்த ஆர்.என்.ஏ. பாலிமேரேஸ், ஒரு திசையில் மட்டுமே பல்படியாக்கம் செய்யக் கூடியதாகும். வார்ப்புருவாக செயல்படும் இவ்விழை 3' → 5' துருவத்துவம் கொண்ட இன்னொரு இழையில், தைமினுக்கு பதில் யுரேசில் உள்ள ஆர்.என்.ஏ வரிசைக் காணப்படும். இவ்விழை குறியீட்டு இழை எனப்படும்.
- அமைப்பு மரபணுக்கள், யுகேரியோட்டுகளில் உள்ளது போல மோனோசிஸ்ட்ரானிக் ஆகவோ அல்லது புரோகேரியோட்டுகளில் உள்ளது போல பாலிசிஸ்ட்ரானிக் ஆகவோ இருக்கலாம். யுகேரியோட்டுகளில், ஒவ்வொரு தூது ஆர்.என்.ஏவும் ஒரு மரபணுவை மட்டும் தாங்கி உள்ளன. அதனால் அவை ஒற்றை புரதத்தை மட்டுமே குறிக்குமாதலால், அது மோனோசிஸ்ட்ரானிக் தூது ஆர்.என்.ஏவாகும். புரோகேரியோட்டுகளில், தொடர்புடைய மரபணுக்களின் கூட்டமான ஓபரான், குரோமோசோமில் அடுத்தடுத்து அமைகின்றன. எனவே படியெடுத்தலின் போது அவை கூட்டமாக படியெடுக்கப்பட்டு ஒற்றை தூது ஆர்.என்.ஏவை உற்பத்தி செய்கின்றன. எனவே, இத்தகைய தூது ஆர்.என்.ஏக்கள் பாலிசிஸ்ட்ரானிக் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.
- படியெடுத்தல் தொடங்குவதற்கு முன்பு, மரபணுவின் முன்பகுதியிலுள்ள ஊக்குவிப்பானுடன், ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேஸ் பிணைகிறது. புரோகேரியோட்டான பாக்டீரியாவின் ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேஸில் இரு முக்கிய உட்பொருட்கள் உள்ளன. அவை 'முக்கிய நொதி' மற்றும் 'சிக்மா துணை அலகு' ஆகியனவாகும். முக்கிய நொதி (β_1 , β மற்றும் α) ஆர்.என்.ஏ உற்பத்திக்கும் முக்கியமானது. அதைப்போல் சிக்மா துணை அலகு ஊக்குவிப்பான்களின் அங்கீகாரத்திற்கு பொறுப்பாகும். உயிரினங்களுக்கு ஏற்ப, ஊக்குவிப்பானின் வரிசையிலும் மாற்றம் காணப்படுகிறது. ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேஸ் டி.என்.ஏவை திறப்பதால் படியெடுத்தல் குமிழ் உருவாகிறது. ஊக்குவிப்பான் பகுதியில் முன்நகரும் முக்கிய நொதி ஆர்.என்.ஏவை உற்பத்தி செய்து சிக்மா துணை அலகை ஊக்குவிப்பான் பகுதியிலேயே விட்டு விடுகிறது. ஆர்.என்.ஏவில் கொண்டை ஊசி வளைவு அமைப்பை உருவாக்கும் நிறைவி வரிசையால் மரபணுவின் முடிவு குறிக்கப்படுகிறது. இவ்வாறான நிறைவியின் துணை அலகின், முழுமையான செயல்பாட்டிற்கு அங்கீகாரப் புரதமான 'ரோ' (ρ) தேவைப்படுகிறது.

படியெடுத்தல் நிகழ்முறை

- தூது ஆர்.என்.ஏ (mRNA), கடத்து ஆர்.என்.ஏ (tRNA) மற்றும் ரிபோசோம் ஆர்.என்.ஏ (rRNA) என மூன்று வகையான ஆர்.என்.ஏக்கள் புரோகேரியோட்டுகளில் காணப்படுகின்றன.

புரோகேரியோட்டுகளில் படியெடுத்தல் நடைபெறும் விதம்

- செல்லில் நடைபெறும் புரத உற்பத்திக்கு இம்மூன்று வகை ஆர்.என்.ஏக்களும் தேவையாயிருக்கின்றன. தூது ஆர்.என்.ஏ, வார்ப்புருவாகவும், மரபணுவின் முக்கியக்குறியீட்டைப் படிப்பதற்கும் அமினோ அமிலங்களைக் கொண்டு வருவதற்கும் பயன்படுகிறது. கடத்து ஆர்.என்.ஏ மொழிபெயர்ப்பின்போது பயன்படுகிறது. அமைப்பு மற்றும் வினை மாற்றியாக ரிபோசோம் ஆர்.என்.ஏ செயல்படுகிறது. அனைத்து ஆர்.என்.ஏ க்களின் படியாக்க செயல்களின் வினைமாற்றியாக டி.என்.ஏ சார்ந்த ஆர்.என்.ஏ. பாலிமேரேஸ் எனும் ஒற்றை நொதி மட்டும் செயல்படுகிறது. இந்நொதி, ஊக்குவிப்பானுடன் பிணைந்து பின்பு படியெடுத்தலை தொடங்கி வைக்கிறது. பல் படியாக்க பிணைப்பு இடங்களே ஊக்குவிப்பான்கள் ஆகும். இவை நியுக்ளியோசைடு டிரைபாஸ்பேட்டை தளப்பொருளாகவும், நிரப்புக்கூறு விதியைப் பின்பற்றி, பாலிமேரேஸ்களை வார்ப்புரு சார்ந்த முறையிலும் பயன்படுத்திக் கொள்கின்றன. படியெடுத்தல் தொடங்கப்பட்டதும் நியுக்ளியோடைடுகளை வளரும் ஆர்.என்.ஏ வோடு அடுத்தடுத்து இணைப்பதன் மூலம் பாலிமேரேஸ், ஆர்.என்.ஏ வின் நீளத்தை அதிகரிக்கிறது. மரபணுவின் முடிவில், பாலிமேரேஸ் நிறைவியை அடையும்போது ஆர்.என்.ஏவின் சிறு பகுதி மட்டுமே நொதியுடன் பிணைந்து காணப்படுகின்றது. முடிவில் தனி ஆர்.என்.ஏவும் ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேஸும் உதிர்க்கப்படுகின்றன.
- தொடங்கி வைத்தல், நீட்டுதல் மற்றும் முடித்துவைத்தல் ஆகிய மூன்று படிநிலைகளிலும் ஆர்.என்.ஏ. பாலிமேரேஸ் எவ்வாறு வினைமாற்றியாக செயல்படுகிறது என்பத மிகப்பெரிய வினாவாகும். ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேஸ், ஆர்.என்.ஏ நீட்டுதலுக்கு மட்டுமே வினைமாற்றியாக செயல்படுகிறது. தொடக்கத்தில் சிக்மா (σ) வுடனும், நிறைவிக் காரணியான 'ரோ' (ρ) வுடனும் ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேஸ் இணைந்து செயலாற்றி படியெடுத்தலின் முறையே, தொடக்குதல் மற்றும் முடித்தல் நிகழ்வுகளை நிகழ்த்துகின்றது. இக்காரணிகளுடனான ஆர்.என்.ஏவின் தொடர்பின் மூலம் படியெடுத்தல் நிகழ்வை தொடங்குவதா? முடிப்பதா என்னும் தகவலை ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேஸ் பெறுகிறது.
- பாக்டீரியாவில் தூது ஆர்.என்.ஏ செயல்திறன் பெற எந்த நிகழ்முறையும் தேவையில்லை. மேலும், பாக்டீரியாவில் சைட்டோசோல், உட்கரு ஆகிய பிரிவுகள் இல்லையாதலால், படியெடுத்தலும் மொழிபெயர்த்தலும் ஒரே இடத்தில், ஒரே நேரத்தில் நடைபெறுகிறது. பல நேரங்களில் தூது ஆர்.என்.ஏ படியெடுத்தல் முடியும்முன்பே, மொழிபெயர்த்தல் தொடங்கிவிடுகிறது. ஏனெனில், பிற செல் உறுப்புகளிலிருந்து மரபுப்பொருட்கள் உட்கரு சவ்வினால் பிரிக்கப்பட வில்லை. இதன் விளைவாகவே பாக்டீரியாவில் படியெடுத்தலும், மொழிபெயர்த்தலும் இணைந்தேயுள்ளன.

- யூகேரியோட்டுகளின் உட்கருவில் குறைந்தது மூன்று வகை ஆர்.என்.ஏ. பாலிமெரேஸ்கள் காணப்படுகின்றன. (செல் உட்பொருட்களில் உள்ள ஆர்.என்.ஏ பாலிமெரேஸ்கள் இல்லாமல்) இம்மூன்று பாலிமெரேஸ்களும் வெவ்வேறு பணிகளைச் செய்கின்றன. ஆர்.என்.ஏ பாலிமெரேஸ்-I, tRNA வை (28S 18S 58S) படியெடுக்கிறது. ஆர்.என்.ஏ பாலிமெரேஸ்-III கடத்து ஆர்.என்.ஏ, 5S ரிபோசோம் ஆர்.என்.ஏ மற்றும் snRNA க்களை படியெடுக்கிறது.

யூகேரியோட்டுகளில் படியெடுத்தல் நடைபெறும் முறை

- ஆர்.என்.ஏ பாலிமெரேஸ்-II, தூது ஆர்.என்.ஏவின் முன்னோடியான hnRNA வை (வேறுபட்ட தன்மையுடைய உட்கரு ஆர்.என்.ஏ) (Heterogenous RNA) படியெடுக்கிறது. யூகேரியோட்டுகளில், வெளிப்பாட்டு வரிசையமைப்பின் குறியீடுகளான எக்ஸான் (Exon) மற்றும் வரிசையமைப்பின் குறியீடுகளற்ற இன்ட்ரான் (Intron) ஆகியவற்றிற்கு, மோனோசிட்ரானிக் அமைப்பு மரபணுக்கள் இடையூறு செய்கின்றன. பிளத்தல் (Splicing) நிகழ்வால், இன்ட்ரான்கள் நீக்கப்படுகின்றன. hnRNA வில் கூடுதலாக அதன் 5' முனையில், மீதைல் குவானோசைன் ட்ரைபாஸ்பேட் இணைக்கப்படுகிறது. இச்செயல்முறை காப்புறையாக்கம் (Capping) எனப்படுகிறது. அதே வேளையில் 3' முனையில், அடினைலைட் எச்சங்கள் (300-200PolyA) இணைக்கப்படுகின்றன. இந்நிகழ்வு 'வாலாக்கம்' (tailing) எனப்படும். இவ்வாறான செயல்முறைகளுக்கு ஆட்பட்ட hnRNA, தற்போது தூது ஆர்.என்.ஏ என அழைக்கப்படுகிறது. இது உட்கருவிலிருந்து மொழியாக்கத்திற்காக வெளியேற்றப்படுகிறது.
- புரோகேரியோட்டுகளில், யூகேரியோட்டுகளில் உள்ளதைப் போல மரபணு பிளத்தல் பண்பு இல்லை. ஒவ்வொரு எக்ஸானும் குறிப்பிட்ட வேலையைக் கொண்ட ஒரு பாலிபெப்டைடுக்கான குறியீட்டினை பெற்றுள்ளன. எக்ஸான் வரிசையமைப்பு, இன்ட்ரான் நீக்கம் ஆகியவை எளிதில் நெகிழ்ந்து கொடுக்கும் தன்மையுடையவையாதலால், பாலிபெப்டைடு துணை அலகுக்கான குறியீடுகளைக் கொண்ட எக்ஸான், செயல்மிகு இடமாகி பலவழிகளில் இணைந்து புதிய மரபணுக்களை உருவாக்குகின்றன. ஒரே மரபணு, தன் எக்ஸான்களை மாற்றுபிளவு முறைகளில் பல்வேறு விதமாக வரிசைப்படுத்துவதன் விளைவாக வெவ்வேறு வகை புரதங்களை உற்பத்தி செய்கின்றது. விலங்குகளில், புரதம் மற்றும் செயல்பாடுகளின் பல்வகைத் தன்மைக்கு இது முக்கியப் பங்காற்றுகிறது. யூகேரியோடிக் மரபணுக்கள் தோன்றுவதற்கு முன்போ அல்லது பின்போ இன்ட்ரான்கள் தோன்றியிருக்க வேண்டும். பின்னால் தோன்றியிருப்பின் யூகேரியோட் மரபணுக்களுக்குள் எவ்வாறு அது உள்ளேற்றப்பட்டது? தானாகவே பிளவுறும் தன்மை கொண்ட டி.என்.ஏ வரிசையமைப்பை இன்ட்ரான்கள் பெற்று, கிடைமட்ட மரபணுமாற்றத்திற்கு (உயிரிகளுக்கு இடையேயான கிடைமட்ட மரபணு மாற்றம் - HGT) உதவி புரிகிறது. புரோகேரியோட் செல்களுக்கிடையே அல்லது புரோகேரியோட்டிலிருந்து யூகேரியோட்செல்கள் மற்றும் யூகேரியோட் செல்களுக்கிடையேயான கிடைமட்ட மரபணு மாற்றம் நிகழலாம். புவியில் உள்ள உயிரிகளின் பரிணாமத்திற்கு கிடைமட்ட மரபணு மாற்றம் பெரும்பங்கு ஆற்றியுள்ளது எனும் கோட்பாடும் தற்காலத்தில் நிலவி வருகிறது.

மரபணுக் குறியீடுகள்

- மரபுப்பொருளான மரபணுக்கள், செல்லில் மரபுச் செய்திகளை வைத்திருப்பதோடு, அடுத்த தலைமுறைகளுக்கும் இச்செய்திகளை கடத்தக்கூடியனவாகும். டி.என்.ஏ மூலக்கூறுகளில் இம்மரபுச் செய்திகள் எவ்வாறு வைக்கப்பட்டுள்ளன? டி.என்.ஏ மூலக்கூறுகளில் குறியீட்டு முறையில் எழுதப்பட்டுள்ளதா? அவ்வாறெனில் மரபணுக் குறியீடுகளின் தன்மை என்ன? என்பதற்கான தேடல் அவசியமாகிறது.
- புரதமொழியாக்கம் முக்குறியியங்கள் விதியை பின்பற்றுகிறது. தூது ஆர்.என்.ஏ வின் மூன்று காரப்பொருட்களின் வரிசை ஒரு அமினோ அமிலத்தை குறிக்கிறது. இவ்வாறு புரத உற்பத்திக்குத் தேவையான வெவ்வேறு வகையான 20 அமினோ அமிலங்களுக்கான குறியீடுகள் உண்டு.
- மரபணுக்குறியீடு என்பது மரபணுவிலுள்ள நியுக்ளியோடைடுகளுக்கு இடையேயான தொடர்பையும் அவை குறியீடு செய்யும் அமினோ அமிலங்களையும் குறிக்கக் கூடியதாகும். மொத்தத்தில் 64 முக்குறியியங்களுக்கு வாய்ப்புள்ளன. அதில் 61 முக்குறியியங்கள் அமினோ அமிலங்களைக் குறிக்கும். மற்ற மூன்றும் பாலிபெப்டைடு சங்கிலியின் முடிவுக்கான நிறைவு முக்குறியியங்களாகும். மொத்தத்தில் 20 அமினோ அமிலங்கள் மட்டுமே புரத உற்பத்தியில் பங்கேற்பதால் பல அமினோ அமிலங்கள் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட முக்குறியியங்களால் குறியீடு செய்யப்படுகின்றன. இவ்வாறான பல குறியீட்டு முறையை இரண்டு உண்மைகள் சாத்தியமாக்குகின்றன. முதலாவதாக, பெரும்பாலான அமினோ அமிலங்களுக்கு ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட கடத்து ஆர்.என்.ஏ க்கள் உண்டு. ஒவ்வொன்றிலும் வெவ்வேறு எதிர்க்குறியீடுகள் (anticodon) உள்ளன. இரண்டாவதாக, ஒவ்வொரு முக்குறியியத்தின் இரண்டு பகுதிகள், வாட்சன் - கிரிக்கின் கார இணைகள் (A-U மற்றும் G-C) உருவாக அனுமதிக்கிறது. ஆனால், மூன்றாவது நிலை அதிக நெகிழ்வுத் தன்மைக் கொண்டு எல்லா காரணிகளும் ஏற்றுக் கொள்ளும் வகையில் உள்ளன. பெரும்பாலான மரபுக்குறியீடுகள் புரோகேரியோட்டுகள் மற்றும் யூகேரியோட்டுகளில், பொதுவானவையாக உள்ளன.
- டி.என்.ஏ மூலக்கூறில் உள்ள கார இணைகளின் வரிசையமைப்பு, உயிரிகளின் புரதங்களில் உள்ள அமினோ அமிலங்களின் வகையையும் வரிசையையும் தீர்மானிக்கிறது. கார இணைகளின் இத்தகைய வரிசையே மரபணுக் குறியீடு எனப்படும். உயிரினத்தின் தனித்துவத்தை நிர்ணயிக்கும் புரதவகைகளை உற்பத்தி செய்வதற்கான வரைபடமாக இக்குறியீடு விளங்குகிறது.
- மார்ஷல் நிரன்பெர்க் (Marshall Nirenberg), சவிரோ ஓச்சோவா (Saverio Ochoa) (பாலி நியுக்ளியோடைட் பாஸ்பாரிலேஸ் எனும் நொதி இவர் பெயரால், ஓச்சோவாநொதி என்றழைக்கப்படுகிறது), ஹர்கோபிந்த் கொரானா, ஃபிரான்சிஸ் கிரிக் மற்றும் இவர்களைப் போன்ற பல அறிவியலாளர்கள் மரபணு குறியீடுகளுக்காக தங்கள் பங்கினை ஆற்றியுள்ளனர். தூது ஆர்.என்.ஏவில் அமைந்துள்ள காரவரிசையே, புரதங்களின் அமினோ அமில வரிசையை முடிவு செய்கிறது. இறுதியாக வடிவமைக்கப்பட்ட மரபணுக் குறியீடுகளுக்கான அகராதி அட்டவணை கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

மரபணுக் குறியீடுகளின் சிறப்புப் பண்புகள்

- மரபணுக் குறியீடுகள் முக்குறியங்கள் ஆகும். 61 முக்குறியங்கள் அமினோ அமிலங்களுக்கான குறியீடுகள் ஆகும். எந்த அமினோ அமிலத்தையும் குறிக்காத மூன்று முக்குறியங்கள் நிறுத்துக் குறியீடுகளாக (stop codon) உள்ளன.
- மரபணுக் குறியீடுகள் பொதுவானவைகள் ஆகும். எல்லா உயிரின மண்டலங்களும் உட்கரு அமிலங்களையும் அதே முக்குறியங்களையும் பயன்படுத்தி, அமினோ அமிலங்களிலிருந்து புரதத்தை உற்பத்தி செய்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, தூது ஆர்.என்.ஏவில் உள்ள UUU எனும் முக்குறியம் எல்லா உயிரிகளிலும் பினைல் அலனைன் எனும் அமினோ அமிலத்துக்கானது. எனினும், புரோகேரியோட்டுகளில், மைட்டோகாண்டிரியா, குளோரோபிளாஸ்ட் ஆகியவற்றின் மரபுத் தொகுதியில் இதற்கு சில விதி விலக்குகள் இருக்கின்றன. இருப்பினும் இத்தகைய வேறுபாடுகள், ஒற்றுமைகளை ஒப்பிடுகையில் மிகச் சிலவேயாகும்.
- ஒரே மாதிரியான எழுத்துகள், வெவ்வேறு முக்குறியங்களுக்குப் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை. எடுத்துக்காட்டாக GUU GUC ஆகிய நியுக்ளியோடைடு வரிசை இரண்டு முக்குறியங்களை மட்டுமே குறிக்கும்.
- இரு முக்குறியங்களுக்கிடையே காற்புள்ளி அவசியமில்லை. ஏனெனில், செய்திகள் ஒரு முனையிலிருந்து இன்னொரு முனைவரை வரிசையாக படிக்கப்படுகின்றன.
- ஒரு குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலத்திற்கு, ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட முக்குறியங்கள் இருக்குமானால் அக்குறியீடுகள் சிதைவு குறியீடுகள் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக GUU, GUC, GUA மற்றும் GUG ஆகிய அனைத்து முக்குறியங்களும் வேலைன் எனும் அமினோ அமிலத்தை குறிப்பனவாகும்.
- இக்குறியீடுகள் குழப்பமற்றவை. ஏனெனில் ஒவ்வொரு குறியீடும் ஒரே ஒரு அமினோ அமிலத்தை மட்டுமே குறிக்கின்றது.
- துருவத்துவம் என்றழைக்கப்படும் 5' → 3' திசையிலேயே எப்போதும் குறியீடுகள் படிக்கப்படுகின்றன.

மரபணு குறியீடு அகராதி

குறியீட்டுமொழியின் இரண்டாம் நியுக்ளியோடைடு

	U	C	A	G	
U	UUU Phe F பினைல்அலனைன்	UCU Ser S சீரன்	UAU Tyr Y தைரோசின்	UGU Cys C சிஸ்தீன்	U C A G
	UUC Phe F பினைல்அலனைன்	UCC Ser S சீரன்	UAC Tyr Y தைரோசின்	UGC Cys C சிஸ்தீன்	
	UUA Leu L லியூசின்	UCA Ser S சீரன்	UAA முடிவுறுதல்	UGA முடிவுறுதல்	
	UUG Leu L லியூசின்	UGC Ser S சீரன்	UAG முடிவுறுதல்	UGG Trp W ட்ரிப்டோபைன்	
C	CUU Leu L லியூசின்	CCU Pro P புரோலைன்	CAU His H ஹிஸ்டிடின்	CGU Arg R அர்ஜினைன்	U C A G
	CUC Leu L லியூசின்	CCC Pro P புரோலைன்	CAC His H ஹிஸ்டிடின்	CGC Arg R அர்ஜினைன்	
	CUA Leu L லியூசின்	CCA Pro P புரோலைன்	CAA Gln Q குளுட்டாமைன்	CGA Arg R அர்ஜினைன்	
	CUG Leu L லியூசின்	CCG Pro P புரோலைன்	CAG Gln Q குளுட்டாமைன்	CGG Arg R அர்ஜினைன்	
A	AUU Ile I ஐலீசா லியூசின்	ACU Thr T திரியோனைன்	AAU Asn N அஸ்பராஜின்	AGU Ser S சீரன்	U C A G
	AUC Ile I ஐலீசா லியூசின்	ACC Thr T திரியோனைன்	AAC Asn N அஸ்பராஜின்	AGC Ser S சீரன்	
	AUA Ile I ஐலீசா லியூசின்	ACA Thr T திரியோனைன்	AAA Lys K லைசின்	AGA Arg R அர்ஜினைன்	
	AUG Met M மெத்தியோனின்	ACG Thr T திரியோனைன்	AAG Lys K லைசின்	AGG Arg R அர்ஜினைன்	
G	GUU Val V வேலைன்	GCU Ala A அலனைன்	GAU Asp D அஸ்பார்டிக் அமிலம்	GGU Gly G கிளைசின்	U C A G
	GUC Val V வேலைன்	GCC Ala A அலனைன்	GAC Asp D அஸ்பார்டிக் அமிலம்	GGC Gly G கிளைசின்	
	GUA Val V வேலைன்	GCA Ala A அலனைன்	GAA Glu E குளுட்டாமிக் அமிலம்	GGA Gly G கிளைசின்	
	GUG Val V வேலைன்	GCG Ala A அலனைன்	GAG Glu E குளுட்டாமிக் அமிலம்	GGG Gly G கிளைசின்	

குறியீடு

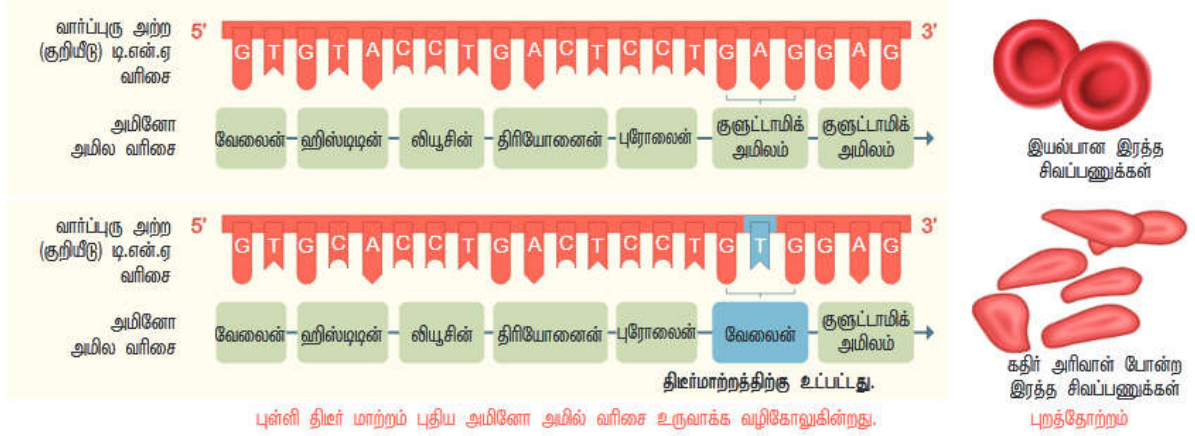
மூன்றெழுத்து மற்றும் ஒரெழுத்து விரிவாக்கம்

- AUG எனும் குறியீடு இரண்டு வேலைகளைச் செய்கின்றன. இது தொடக்கக் குறியீடாக உள்ள அதே நேரத்தில் மெதியோனின் அமினோ அமிலத்திற்கான குறியீடாகவும் உள்ளது.
- UAA, UAG (டைரோசின்) மற்றும் UGA (டிரிப்டோ.:பேன்) ஆகியவை நிறைவுக் குறியீடுகளாக செயல்படுகின்றன. இவற்றை 'பொருளற்ற குறியீடுகள்' என்றும் அழைப்பர்.

திடீர் மாற்றமும் மரபணு குறியீடும்

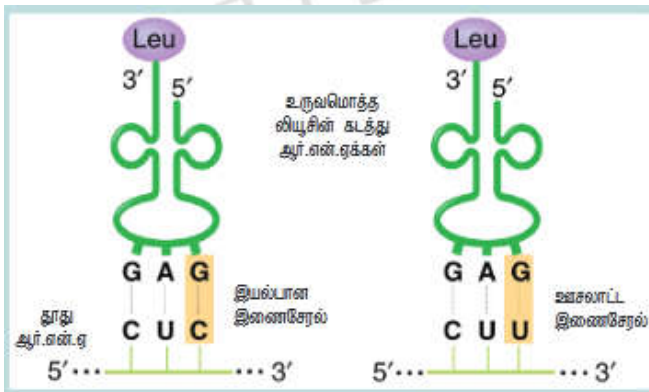
- திடீர்மாற்றத்தையும், அதனால் குறிப்பிட்ட புரதத்தின் அமினோ அமில வரிசையில் ஏற்பட்ட மாற்றத்தையும் ஒப்பிட்டதில், மரபணுக் குறியீட்டின் மதிப்பு உறுதிப்படுத்தப்பட்டது. திடீர்மாற்றம் பற்றிய ஆய்வுகள் மூலம் மரபணுவிற்கும் டி.என்.ஏவிற்கும் உள்ள தொடர்பு நன்கு புரிந்துகொள்ளப்பட்டிருக்கிறது. ஒரு நியுக்ளியோடைடுவில் உள்ள காரத்திற்கு பதிலியாக இன்னொரு காரப் பொருளை மாற்றியமைத்தலே எளிமையான திடீர்மாற்றமாகும். இத்தகு மாற்றங்கள் சுயமாகவோ அல்லது திடீர் மாற்றத் தூண்டிகளாலோ நடைபெறுகின்றன. இதற்கான சிறந்த எடுத்துக்காட்டு, அரிவாள் வடிவ செல்களைக்கொண்ட இரத்தசோகையாகும். இது, β ஹீமோகுளோபின் மரபணு (βHb) வில் ஏற்படும் புள்ளி திடீர் மாற்றத்தால் உருவாகிறது. ஒவ்வொரு 'ஹீமோகுளோபின் மூலக்கூறிலும் இரண்டு α-சங்கிலிகள் மற்றும் இரண்டு β சங்கிலிகள் என மொத்தம் நான்கு பாலிபெப்டைடு சங்கிலிகள் உள்ளன. ஒவ்வொரு சங்கிலியிலுள்ள 'ஹீம்' பகுதியில் ஆக்ஸிஜன் பிணைதல் நடைபெறும். இயல்பற்ற ஹீமோகுளோபினால், அரிவாள் வடிவ செல் இரத்தசோகை ஏற்படுகிறது. ஹீமோகுளோபின் இயல்பற்ற தன்மைக்குக் காரணம் பீட்டா குளோபின் சங்கிலியிலுள்ள β குளோபின் மரபணுவின் ஆறாவது குறியீடு CAG என்பதற்கு GTG என மாறியதே ஆகும்.

டி.என்.ஏ புள்ளி திடீர்மாற்றம்



இதன் விளைவாக, β-சங்கிலியின் 6-வது இடத்தில் குளுட்டாமிக் அமிலம் என்பதற்கு பதிலாக வேலைன் எனும் அமினோ அமிலம் மாற்றி இணைக்கப்படுகிறது. இது புள்ளி திடீர்மாற்றத்தினால் அமினோ அமிலம் மாற்றப்பட்டதற்கான சிறந்த எடுத்துக்காட்டாகும். இவ்வாறு CAG என்பதற்கு பதில் GTG என மாறியதே ஆகும். இதன் விளைவாக, β-சங்கிலியின் 6வது இடத்தில் குளுட்டாமிக் அமிலம் என்பதற்கு பதிலாக வேலைன் என்னும் அமினோ அமிலம் மாற்றி இணைக்கப்படுகிறது. இது புள்ளி திடீர் மாற்றத்தினால் அமினோ அமிலம் மாற்றப்பட்டதற்கான சிறந்த எடுத்துக்காட்டாகும். இவ்வாறு திடீர்மாற்றமடைந்த ஹுமோகுளோபின், ஆக்ஸிஜனின் அழுத்தத்தால் பாலிமெரைசேஷனுக்கு ஆட்படுவதால், இரத்த சிவப்பணுக்கள், இருபக்க குழிவு தன்மையை இழந்து அரிவாள் வடிவத்தைப் பெறுகின்றன.

ஊசலாட்டக் கோட்பாடு (Wobble hypothesis)



1966-ல் கிரிக் என்பவரால் இக்கோட்பாடு உருவாக்கப்பட்டது. இக்கோட்பாட்டின்படி, கடத்து ஆர்.என்.ஏவின் எதிர் குறியீடு தன் 5' முனையில் தூது ஆர்.என்.ஏவின் பொருந்தாகுறியீடோடு இணைந்து ஊசலாட்டத்தன்மையைப் பெறுகிறது. இக்கோட்பாட்டின்படி, குறியீடு - எதிர்குறியீடுகள் இணையாகும்போது மூன்றாவது

காரம் இணையற்றதாக உள்ளது. குறியீட்டின், இம்மூன்றாவது காரமான ஊசலாட்ட காரம் உள்ள இடம் ஊசலாட்ட நிலை' (Wobble position) எனப்படும். முதல் இரண்டு இடங்களில் மட்டுமே காரங்கள் நிரப்புகின்றன. ஒரு பாலிபெப்டைடை உருவாக்க கடத்து ஆர்.என்.ஏக்களின் அளவு குறைக்கப்படுகிறது. சிதைதல் குறியீடுகளின் விளைவிலிருந்து விரைவில் வெளிவருகிறது. இவை இக்கோட்பாட்டின் முக்கியத்துவம் ஆகும். மேற்கண்ட எடுத்துக்காட்டில் குறியீடும், எதிர்குறியீடும் ஒன்றுக்கொன்று மிகச்சரியாக பொருந்தவில்லை எனினும் தேவையான அமினோ அமிலம்

கொணரப்படுகிறது. வேலைனுக்கான குறியீடுகளாகிய GUU, GUC, GUA, மற்றும் GUG ஆகியவற்றை கடத்து ஆர்.என்.ஏ பயன்படுத்திக் கொள்கிறது.

கீழ்க்கண்ட எடுத்துக்காட்டு மூலம் புள்ளி திடீர்மாற்றத்தை மேலும் தெளிவாகப் புரிந்து கொள்ளலாம்.

ABC DEF GHI JKL

DEF GHI ஆகியவற்றுக்கிடையே 'O' எழுத்து சேர்க்கப்பட்டால் வரிசையமைப்பு,
ABC DEF OGH IJK L

என மாறும். அதே இடத்தில் O வுடன் Q எழுத்தை சேர்க்க, வரிசையமைப்பு,

ABC DEF OQG HIJ KL என மாறும்.

- மேற்கண்ட செய்திகளால், ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட காரங்கள் சேர்க்கப்பட்டாலும் அல்லது நீக்கப்பட்டாலும் சேர்க்கப்பட்ட அல்லது நீக்கப்பட்ட புள்ளியில் காரங்களின் படிப்பு வரிசையில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது. இக்குறியீடுகள் முக்குறியங்களாக படிக்கப்படுகின்றன என்பதற்கும் மற்றும் அவை தொடர்ச்சியாகப் படிக்கப்படுகின்றன என்பதற்கும். இது சிறந்த மரபு அடிப்படையிலான மெய்ப்பிப்பு ஆகும்.

கடத்து ஆர்.என்.ஏ (tRNA) இணைப்பு மூலக்கூறு

- செல்லின் சைட்டோபிளாசத்தில் சிதறி காணப்படும் அமினோ அமிலங்களை எடுத்து வரும் கடத்தியாக செயல்படுத்தலும், தூது ஆர்.என்.ஏ மூலக்கூறில் உள்ள குறியீட்டை குறியீடுகளைப் படிப்பதாகவும் கடத்து ஆர்.என்.ஏக்களின் வேலையாகும். எனவே அவை 'இணைப்பு மூலக்கூறுகள்' எனப்படுகின்றன. இந்த சொற்களை :.பிரான்சிஸ் கிரிக் உருவாக்கினார்.
- ராபர்ட் ஹோலே (Robert Holley) கடத்து ஆர்.என்.ஏவின் கிராம்பு இலை வடிவ மாதிரியை (Clover leaf model) இரு பரிமாண வடிவில் முன்மொழிந்தார். படத்தில் கொடுக்கப்பட்ட கடத்து ஆர்.என்.ஏவின் இரண்டாம் நிலை கட்டமைப்பு கிராம்பு இலை வடிவத்தை ஒத்திருக்கிறது. உண்மையில் இறுக்கமான மூலக்கூறான கடத்து ஆர்.என்.ஏ, தலைகீழ் 'L' வடிவத்தைப் பெற்றதாகும். கடத்து ஆர்.என்.ஏவில் DHU கரம், நடுகரம் மற்றும் TyC கரம் என மூன்று கரங்கள் உள்ளன. இக்கரங்களில், அமினோ அசைல் பிணைப்பு வளையம், எதிர் குறியீட்டு வளையம் மற்றும் ரிபோசோம் பிணைப்பு வளையம் என மூன்று வளையங்கள் (loops) காணப்படுகின்றன. இவற்றுடன் மிகச்சிறிய கூடுதல் கை அல்லது மாறி வளையம் ஒன்றும் உண்டு. அமினோ அமில ஏற்புமுனைப் பகுதியில் அமினோ அமிலமும் அதன் எதிர்முனையில் எதிர் குறியீட்டிற்கான மூன்று நியுக்ளியோடைடுகளும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. தூது ஆர்.என்.ஏ வில் உள்ள குறியீட்டுடன் எதிர் குறியீடு பொருந்தி, வளரும் பாலிபெப்டைடு சங்கிலியில் சரியான அமினோ அமிலம் இணைக்கப்பட்டிருப்பதை உறுதி செய்கிறது. மடித்தல் நிகழ்வின் போது ஈரிழை ஆர்.என்.ஏவில் நான்கு வெவ்வேறு பகுதிகள் தோன்றுகின்றன. காரங்கள் மாறுவதென்பது கடத்து ஆர்.என்.ஏவில் சாதாரணமானது ஆகும். குறியீடு மற்றும் எதிர்

குறியீடுகளுக்கிடையேயான ஊசலாட்டத்தின் காரணமாக, ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட குறியீடுகளை கடத்து ஆர்.என்.ஏ படிக்கிறது.

- கடத்து ஆர்.என்.ஏவுடன் கூடுதலாக அமினோ அமிலம் சேர்க்கப்படும் செயல்முறை அமினோஅசைலேசன் அல்லது ஆற்றலேற்றம் என்று அழைக்கப்படுகிறது. இதன் விளைவாக பெறப்படும் விளைபொருள் அமினோ அசைல் கடத்து ஆர்.என்.ஏ (ஆற்றலேற்றம் பெற்ற கடத்து ஆர்.என்.ஏ) எனப்படும். அமினோ அசைல் ஏற்றம்பெறாத ஆர்.என்.ஏக்கள் ஆற்றலற்றவை எனப்படும்.

ஹாலி உருவாக்கிய கடத்து ஆர்.என்.ஏயின் இரு பரிமாண கிராம்பு இலை மாதிரி

- இவ்வாறான இரண்டு கடத்து ஆர்.என்.ஏக்களை ஒன்று சேர்க்கும்போது ஆற்றல் மிக்க பெப்டைடு பிணைப்பு உருவாகிறது. பெப்டைடு பிணைப்புகளைக் கொண்டு அமினோ அமிலங்கள் இணைக்கப்பட்டுப் பாலிபெப்டைடு சங்கிலி உருவாக்கப்படுகிறது. அமினோ அசைல்கடத்து ஆர்.என்.ஏ சிந்தடேஸ் என்னும் நொதி, அமினோ அசைலேஷன் வினைக்கு வினை வேகமாற்றியாக செயல்படுகிறது. வெப்பம் கொள்வினையான இதில், ATP, நீரால் பகுக்கப்படுகிறது. 20 வெவ்வேறு வகையான அமினோ அசைல் கடத்து ஆர்.என்.ஏ சிந்தடேஸ் நொதிகள் கண்டறியப்பட்டுள்ளன. தூது ஆர்.என்.ஏவில் உள்ள குறியீடுகளை அடையாளம் காணும் திறன் கடத்து ஆர்.என்.ஏவில் இருக்கிறதே தவிர, இணைந்துள்ள அமினோ அமில மூலக்கூறுகளில் இல்லை.
- அமினோ அமிலங்களால் ஆற்றலேற்றம் பெற்ற கடத்து ஆர்.என்.ஏ இணைப்பு மூலக்கூறாக செயல்பட்டு, தூது ஆர்.என்.ஏவில் உள்ள செய்திகளை குறியீடுகளிலிருந்து விளக்கிக் கொள்கின்றன. கடத்து ஆர்.என்.ஏவுக்கும் தூது ஆர்.என்.ஏவுக்கும் இடையிலான உள்வினையே இதற்குக் காரணமாகும். தூது ஆர்.என்.ஏவில் உள்ள குறியீடுகளுக்கு நிரப்புக் கூறுகளாக கடத்து ஆர்.என்.ஏவில் காரங்கள் உள்ளன. புரத உற்பத்தியை தொடங்குவதற்காக தனிப்பட்ட கடத்து ஆர்.என்.ஏ உண்டு. அதற்குத் 'தொடக்கி கடத்து ஆர்.என்.ஏ' என்று பெயர். நிறைவுக் குறியீடுகளைக் கொண்ட கடத்து ஆர்.என்.ஏ எதுவுமில்லை.

ஆர்.என்.ஏவின் ஆற்றலேற்ற படிநிலைகள்.

X என்பது ஒவ்வொரு அமினோ அமிலத்திற்கு குறிப்பிட்ட கடத்தி ஆர்.என்.ஏ மற்றும் குறிப்பிட்ட அமினோ அசைல் கடத்தி ஆர்.என்.ஏ சிந்தடேஸ் நொதி ஆற்றலேற்றத்தில் ஈடுபடுவதை குறிக்கிறது.

மொழிபெயர்த்தல்

- பாலிபெப்டைடு சங்கிலியை உருவாக்குவதற்காக அமினோ அமிலங்கள் பல்படியாக்கம் ஆகும். செயல்பாடுகளே மொழிபெயர்த்தல் எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றது. ரிபோசோமினால் முக்குறி நீக்கம் நடைபெறுகிறது. ரிபோசோம் தூது ஆர்.என்.ஏ மற்றும் ஆற்றலேற்றம் பெற்ற கடத்து ஆர்.என்.ஏக்கள் மூலக்கூறுகளுடன் இணைகின்றன. தூது ஆர்.என்.ஏவின் 5' முனையிலிருந்தே மொழிபெயர்ப்பு தொடங்குகிறது. தூது ஆர்.என்.ஏ உடன், இணைந்த பிறகு, ரிபோசோம்கள் தூது ஆர்.என்.ஏ மேல் நகர்ந்து சென்று,

குறியீட்டைப் படிக்கும் ஒவ்வொரு முறையும் பாலிபெப்டைடு சங்கிலியுடன் ஒரு புதிய அமினோ அமிலத்தைச் சேர்க்கின்றன.

- ஒவ்வொரு குறியீடும் அதற்கென தனித்த, அதோடு பொருந்தக்கூடிய எதிர்குறியீட்டால் படிக்கப்படுகின்றன. எனவே அமினோ அமிலங்களின் வரிசை தூது ஆர்.என்.ஏக்களின் கார வரிசையைச் சார்ந்தது.

மொழிபெயர்த்தல் முறை

- செல்லில் புரத உற்பத்தி செய்யும்தொழிற்சாலை, ரிபோசோம் ஆகும். ரிபோசோமில் அமைப்பு ஆர்.என்.ஏக்களும், 80க்கும் மேற்பட்ட பல்வகைப் புரதங்களும் உள்ளன. செயலற்ற நிலையில் ரிபோசோமில் இரு துணை அலகுகள் உள்ளன. அதில் ஒன்று பெரியதாகவும் மற்றொன்று சிறியதாகவும் உள்ளன. துணை அலகுகளை தூது ஆர்.என்.ஏ சந்திக்கும்போது புரத உற்பத்தி தொடங்குகிறது. 70S அளவுள்ள புரோகேரியோட்டுகளின் ரிபோசோமில் 50S அளவுள்ள பெரிய துணை அலகும் 30S அளவுள்ள சிறிய துணை அலகும் உள்ளன. யூகேரியோட்டுகளின் ரிபோசோம் பெரியதாகவும் (80S). 60S மற்றும் 40S ஆகிய துணை அலகுகளைக் கொண்டும் காணப்படுகின்றன. 'S' என்பது வீழ்படிவுத் திறனை குறிப்பதாகும். இது, ஸ்வெட்பெர்க் அலகால் (S) குறிக்கப்படுகிறது. 30S துணை அலகு கொண்ட பாக்டீரியாவின் ரிபோசோமில் 16S rRNA வும், 50S துணை அலகில் 5S rRNA மூலக்கூறுகளும் மற்றும் 23S rRNA மற்றும் 31 ரிபோசோம் புரதங்களும் உள்ளன. யூகேரியோட்டின் சிறிய துணை அலகில் 18S rRNAவும் மற்றும் 33 புரதங்களும் உள்ளன.
- டி.என்.ஏ அல்லது ஆர்.என்.ஏவில் உள்ள கார வரிசைகளை பிரித்து குறியீடுகளாக மாற்றும் மாற்றுவழிகளில் ஒன்று, 'சட்டகம் படித்தல்' (Reading frame) எனப்படும். புரதமாக மொழிபெயர்ப்பு செய்யக்கூடிய தொடக்கக்குறியீட்டைக் கொண்ட டி.என்.ஏ அல்லது ஆர்.என்.ஏ வரிசை, 'வெளிப்படை சட்டகம் படித்தல்' (Open reading frame) எனப்படும். தூது ஆர்.என்.ஏவில் உள்ள மொழிபெயர்ப்பிற்கான அலகில் உள்ள ஆர்.என்.ஏ வரிசையில் இருபக்கத்திலும் தொடக்கக் குறியீடு (AUG), நிறைவுக்குறியீடு மற்றும் பாலிபெப்டைடுகளுக்கான குறியீடுகள் ஆகியவை உள்ளன. தூது ஆர்.என்.ஏவில் உள்ள சில வரிசைகள் மொழிபெயர்ப்பு செய்யப்படுவதில்லை. இது, மொழிபெயர்க்கப்படாத பகுதிகள் (UTR) எனக் குறிக்கப்படும். இப்பகுதி 5' முனை (தொடக்க குறியீடுக்கு முன்) மற்றும் 3' முனை (நிறைவுக் குறியீடுக்குப்பின்) ஆகிய இடங்களில் அமைந்துள்ளன. தொடக்கக் குறியீடு (AUG), குறியீட்டு வரிசையை தொடங்கி வைக்கிறது. மெத்தியோனைன் (met) க்கான சிறப்பு கடத்து ஆர்.என்.ஏவால் இது படிக்கப்படுகிறது. மெத்தியோனைனை தாங்கிய தொடக்கி கடத்து ஆர்.என்.ஏ. தொடக்கக்குறியீடான AUG யுடன் பிணைகிறது. புரோகேரியோட்டுகளில், N-பார்மைல் மெத்தியோனைன் (f^{met}), தொடக்கி கடத்து ஆர்.என்.ஏவுடன் இணைந்துள்ளது. ஆனால், யூகேரியோட்டுகளில் மாறுபாடடையாத மெத்தியோனைன் பயன்படுத்தப்படுகிறது. புரோகேரியோட்டுகளின் தூது ஆர்.என்.ஏவின் 5' முனையில் தொடக்கக்குறியீடான AUG க்கு முன்பு சிறப்பு

வரிசையமைப்பு ஒன்று உண்டு. ரிபோசோம் இணைப்புப் பகுதியான இதனை ஷைன் - டால்கார்னோ வரிசை (Shine - Dalgarno sequence or S-D sequence) என்று அழைப்பர். சிறிய ரிபோசோமின் துணை அலகான 16S rRNA யின் இவ்வரிசை மொழிபெயர்ப்பை தொடங்குகிறது. மொழிபெயர்ப்பில் ஈடுபடாத நிலையில் ரிபோசோமின் துணை அலகுகள் (30S மற்றும் 50S) பிரிந்தநிலையில் இருக்கும். (படம்-அ)

அ. மொழிபெயர்ப்புக் கூறுகள்

- எ.கோலையில் மொழிபெயர்த்தலின் தொடக்கமாக, தொடக்கி கூட்டமைப்பு உருவாகிறது. இக்கூட்டமைப்பில் ரிபோசோமின் 30 S துணை அலகுகள், தூது ஆர்.என்.ஏ ஆற்றலேற்றம் பெற்ற N-ஃபார்மைல் மெத்தியோனைன் கடத்து ஆர்.என்.ஏ (f_{met} -rRNA f_{met}), IF1, IF2, IF3 ஆகிய மூன்று புரதத் தன்மை கொண்ட தொடக்கக் காரணிகள், GTP மற்றும் மக்னீசியம் (Mg^{+2}) ஆகியவை அடங்கியுள்ளன.
- தொடக்கி கூட்டமைப்பின் உட்கூறுகள், தொடர்ச்சியாக வினைபுரிகின்றன. IF30, 3S ரிபோசோமோடு இணைவதால் 30S துணை அலகு தூது ஆர்.என்.ஏவோடு இணைகிறது. மற்றொரு தொடக்கக் காரணியான IF2, AUG முக்குறியத்திற்கான பதில் வினையாக, ஆற்றலேற்றம் பெற்ற ஃபார்மைல் மெத்தியோனைன் கடத்து ஆர்.என்.ஏ வுடனான சிறு துணை அலகுகளின் பிணைப்பை மேம்படுத்துகிறது. இச்செயலினால் படிப்புச் சட்டகம் அதற்குரிய இடத்தில் பொருந்தி அமைகிறது. இதனால் அடுத்துவரும் மூன்று ரிபோ நியுக்ளியோடைடுகள் துல்லியமாக மொழிபெயர்க்கப்படுகின்றன.

ஆ) தொடங்கிவைத்தல்

- ரிபோசோம் துணை அலகுகள், தூது ஆர்.என்.ஏ மற்றும் கடத்து ஆர்.என்.ஏ ஆகியவை சேர்ந்த அமைப்பு, 'தொடக்கிக் கூட்டமைப்பு' எனப்படும். தொடக்கிக் கூட்டமைப்பு உருவானவுடன், IF3 விடுவிக்கப்படுகிறது. இதனால், இக்கூட்டமைப்பு 50S ரிபோசோம் துணை அலகுடன் இணைந்து முழுமையான 70S ரிபோசோம் உருவாகிறது. இந்நிகழ்வின்போது, ஒரு GTP மூலக்கூறு நீராற்பகுக்கப்பட்டுத் தேவையான ஆற்றலை அளிக்கிறது. இறுதியாக தொடக்கக் காரணிகள் (IF1, IF2, GDP) விடுவிக்கப்படுகின்றன. படம் (ஆ).

மொழிபெயர்ப்பின் போது வளர்ந்து வரும் பாலி பெப்டைடு சங்கிலி நீட்சியடைதல் (இ)

- மொழிபெயர்த்தலின் இரண்டாம் நிலை நீட்சியடைதல் ஆகும். தூது ஆர்.என்.ஏவுடன் ரிபோசோமின் இரு துணை அலகுகளும் சேர்ந்தவுடன், இரு ஆற்றலேற்றம் பெற்ற கடத்து ஆர்.என்.ஏ மூலக்கூறுகளுக்கான பிணைப்பிடங்கள் தோன்றுகின்றன. ரிபோசோமில் உள்ள இப்பகுதிகள் அமினோ அசைல் பகுதி (A-இடம்) என்றும், பெப்டைடில் பகுதி (P-இடம்) என்றும் மற்றும் வெளியேற்றும் பகுதி (E-இடம்) என்றும் குறிக்கப்படுகின்றன. ஆற்றலேற்றம் பெற்ற தொடக்கிக் கடத்து ஆர்.என்.ஏ P-இடத்தில் பிணைகிறது. புரோகேரியோட்டுகளின்

மொழிபெயர்த்தலின் அடுத்தநிலை இரண்டாவது கடத்து ஆர்.என்.ஏ வை ரிபோசோமின் 'A' இடத்தில் பொருத்துவதாகும். இதனால், தூது ஆர்.என்.ஏவின் இரண்டாவது குறியீடு மற்றும் எதிர் குறியீடு ஆகியவற்றிற்கிடையே ஹைட்ரஜன் பிணைப்பு உருவாகிறது (படிநிலை-1). இப்படிநிலைக்கு, சரியான கடத்து ஆர்.என்.ஏ, இன்னொரு GTP மற்றும் நீட்சிக் காரணிக்கான இரு புரதங்கள் (EF-TS மற்றும் EFTu) ஆகியவை தேவைப்படுகின்றன.

- கடத்து ஆர்.என்.ஏ மூலக்கூறு A-இடத்தில் பொருந்தியவுடன் இரு அமினோ அமிலங்களை இணைப்பதற்கான பெப்பைடு பிணைப்புகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. (படிநிலை-2). இவ்வினைக்கு பெப்பைடில் டிரான்ஸ்-பெரேஸ் நொதி வினைவேக மாற்றியாக செயல்படுகிறது. அதே நேரத்தில் P-இடத்தில் உள்ள கடத்து ஆர்.என்.ஏ வுக்கும் அமினோ அமிலத்திற்கும் இடையேயான சகபிணைப்பு நீராற்பகுக்கப்பட்டு உடைகிறது. இவ்வினையின் விளைபொருளான டைபெப்பைடு, A-இடத்திலுள்ள கடத்து ஆர்.என்.ஏ வின் 3' முனையில் இணைக்கப்படுகிறது. நீட்சியடைதல் மீண்டும் நிகழ, P-இடத்திலுள்ள கடத்து ஆர்.என்.ஏ ஆற்றல் நீக்கம் பெற்று, பெரிய துணை அலகிலிருந்து விடுவிக்கப்படுகிறது. ஆற்றல் நீக்கம்பெற்ற கடத்து ஆர்.என்.ஏ ரிபோசோமின் E-இடத்திற்கு செல்கிறது.

(ஈ) மொழிபெயர்ப்பு செயல்முறைகள் நிறைவடைதல்

- தூது ஆர்.என்.ஏ - கடத்து ஆர்.என்.ஏ - அ.அ1 - அ.ஆ.2 கூட்டமைப்பு முழுவதும் மூன்று நியுக்ளிகைட் தொலைவில் P-இடம் உள்ள திசைநோக்கி இடம்பெயர்கிறது. (படிநிலை - 3). இந்நிகழ்வுக்கு நீட்சிக் காரணிகள் பலவும் நீராற் பகுக்கப்பட்ட GTP தரும் ஆற்றலும் தேவைப்படுகின்றன. இதன் விளைவாக தூது ஆர்.என்.ஏவின் மூன்றாவது முக்குறியம், ஆற்றலேற்றம் பெற்ற கடத்து ஆர்.என்.ஏவை A-இடத்தில் அனுமதிக்கிறது (படிநிலை - 4).
- இவ்வகையில் வரிசை நீட்சி தொடர்ந்து அடுத்தடுத்து நடைபெறுகிறது (படிநிலை 5 மற்றும் படிநிலை 6). ரிபோசோம் வழியாக தூது ஆர்.என்.ஏ முன்னேறும் ஒவ்வொரு முறையும் வளரும் பாலிபெப்பைடு கூடுதல் அமினோ அமிலங்கள் இணைக்கப்படுகின்றன. பாலிபெப்பைடு சங்கிலி சேர்க்கை முடிந்தவுடன், பெரிய அலகிலிருந்து அது விடுவிக்கப்படுகிறது. (படம் - இ)
- மொழிபெயர்த்தலின் மூன்றாம் நிலை, 'நிறைவடைதல்' ஆகும். ரிபோசோமின் A -இடத்தில் மூன்று நிறைவுக் குறியீடுகளில் ஏதாவதொன்று வரும் போது புரத உற்பத்தி நிறைவடைகிறது.

விருந்தோம்பி விலங்குகளில், நோயூக்கி பாக்டீரியங்கள் பெருகுவதற்கு பெரும்பாலான எதிர்ப்பொருட்கள் அனுமதியில்லை. ஏனெனில், அவை பாக்டீரியாவின் புரத உற்பத்தியை ஏதாவதொரு நிலையில் தடுத்துவிடுகின்றன. அமினோஅசைல் கடத்து ஆர்.என்.ஏவும் தூது ஆர்.என்.ஏவும் இணைவதை எதிர்பொருளான டெட்ராசைக்ளின் தடை செய்கிறது. கடத்து ஆர்.என்.ஏ மற்றும் தூது ஆர்.என்.ஏ ஆகியவற்றுக்கு இடையேயான வினையை நியோமைசின் தடுக்கிறது. ரிபோசோமில் தூது ஆர்.என்.ஏ இடமாற்றத்தை எரித்ரோமைசின் தடை செய்கிறது. ஸ்ட்ரெப்டோமைசின் மொழிபெயர்த்தலின் தொடக்கத்தைத்

தடுத்துத் தவறான படித்தலுக்கு உட்படுத்துகிறது. குளோரம்பெனிக்கால், பெப்டிடைல் டிரான்ஸ்-பரேஸ் நொதி மற்றும் பெப்டிடைல் பிணைப்பு உருவாதல் ஆகியவற்றைத் தடை செய்கிறது.

- GTP- சார்ந்த விடுவிப்பு காரணியை இக்குறியீடு செயலாக்கப்படுத்துவதால், பாலிபெப்டைடு சங்கிலி உடைக்கப்பட்டு, மொழிபெயர்ப்பு கூட்டமைப்பிலிருந்து (படிநிலை-1), கடத்து ஆர்.என்.ஏ விடுவிக்கப்படுகிறது. பிறகு, கடத்து ஆர்.என்.ஏ ரிபோசோமிலிருந்து விடுவிக்கப்பட்டவுடன் ரிபோசோம்கள் துணை அலகுகளாகப் பிரிக்கின்றன. (படிநிலை 2) (படம்-ஈ)

மரபணு வெளிப்படை நெறிப்படுத்துதல்

- டி.என்.ஏ மரபணுக்காக அமைந்திருப்பதையும், அதில் எவ்வாறு மரபுத்தகவல்கள் சேமிக்கப்பட்டுள்ளன என்பதையும், அத்தகவல் எவ்வாறு வெளிப்படுகிறது. என்பதையும் முந்தைய பாடங்கள் விளக்கின. மூலக்கூறு மரபியலின் அடிப்படை சிக்கலான, மரபணு வெளிப்பாட்டை நெறிப்படுத்துதல் குறித்து இனிக் காணலாம். மரபணுக்களை உசப்பவும் அணைக்கவும் இயலும் என்னும் கருத்துருவிற்கான சான்று மிகுந்த நம்பிக்கையை அளிக்கிறது. மரபணு வெளிப்பாடு மற்றும் அதை நெறிப்படுத்துதல் குறித்து புரோகேரியோட்டுகளில் அதிலும் குறிப்பாக எ.கோலையில் விரிவாக ஆராயப்பட்டுள்ளது. படியெடுத்தல் அல்லது மொழிபெயர்த்தல் நிகழ்விற்போது மரபணுவின் வெளிப்பாடு, கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது அல்லது நெறிப்படுத்தப்படுகிறது. தற்போது படியெடுத்தலிற்போது, மரபணு வெளிப்பாடு நெறிப்படுத்தப்படுவதை விரிவாக விவாதிக்கலாம்.
- வழக்கமாக மரபணு வெளிப்பாட்டைத் தூண்டுதல் அல்லது தடை செய்தல் ஆகியவற்றைச் செல்வெளி அல்லது செல் உள்வளர்சிதை மாற்ற பொருட்கள் செய்கின்றன. தொடர்புடைய வேலைகளைச் செய்கிறணு கூட்டத்திற்கு **ஓபரான்கள் (Operons)** என்று பெயர். அவை பொதுவாக ஒரு தூது ஆர்.என்.ஏ மூலக்கூறைப் படியெடுக்கின்றன. அவை பொதுவாக ஒரு தூது ஆர்.என்.ஏ மூலக்கூறைப் படியெடுக்கின்றன. எ.கோலையின் ஏறத்தாழ 260 மரபணுக்கள், 75 வெவ்வேறு ஓபரான் குழுக்களாக உள்ளன.

ஓபரான் அமைப்பு

- மரபணு வெளிப்பாடு மற்றும் நெறிப்படுத்துதலுக்கான மற்றும் நெறிப்படுத்துதலுக்கான அலகே ஓபரான் ஆகும். இவ்வலகில் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட மரபணுக்களும் அதனை அடுத்து அமைப்பு மரபணுவின் படியெடுத்தலைக் கட்டுப்படுத்தும் இயக்கி மரபணுவும் அடங்கியுள்ளன.
- செல்லுக்கு தேவைப்படும் புரதங்கள் ரிபோசோம் ஆர்.என்.ஏ மற்றும் கடத்து ஆர்.என்.ஏ ஆகியவற்றை அமைப்பு மரபணுக்கள் குறியீடு செய்கின்றன.
- ஆர்.என்.ஏ உற்பத்தியைத் தொடங்கி வைக்கின்ற டி.என்.ஏவில் உள்ள சமிக்ஞை வரிசைகள், ஊக்குவிப்பான்கள் ஆகும். படியெடுத்தல் தொடங்குவதற்கு முன்பு, ஊக்குவிப்பானுடன் ஆர்.என்.ஏ பாலிமெரேஸ் இணைகிறது.

- அமைப்பு மரபணுக்களுக்கும் ஊக்குவிப்பான்களுக்கும் இடையே இயக்கிகள் அமைந்துள்ளன. ஓபரானின் இயக்கி பகுதியில் அடக்கி புரதம் பிணைகிறது.

லேக் (லேக்டோஸ்) ஓபரான்

- செல்களில் லேக்டோஸ் வளர்சிதை மாற்றத்திற்கு, பெர்மியேஸ், β -கேலக்டோசிடோசிஸ் (β -கேல்) மற்றும் டிரான்ஸ்அசிடேலேஸ் ஆகிய மூன்று நொதிகள் தேவைப்படுகின்றன. செல்லுக்குள் லேக்டோஸ் நுழைவதற்கு பெர்மியேஸ் நொதியும், லேக்டோசை குளுக்கோஸ் மற்றும் கேலக்டோஸாக மாற்றும் நீராற்பகுப்பு வினைக்காக β -கேலக்டேசிடேஸுக்கு அசிடேல் குழுவை இடமாற்றம் செய்ய டிரான்ஸ்அசிடேலேஸ் நொதியும் தேவைப்படுகின்றன.
- லேக் ஓபரானில், ஒரு நெறிப்படுத்தி மரபணு (i-என்பது தடைப்படுத்தியை குறிக்கும்), ஊக்குவிப்பான் இடம் (p) மற்றும் இயக்கி இடம் (O) ஆகியவை உள்ளன. இவை முறையே இவையன்றி, லேக் z, லேக் y மற்றும் லேக் a என மூன்று அமைப்பு மரபணுக்களும் உள்ளன. இவை முறையே β -கேலக்டோசிடேஸ், பெர்மிலேஸ் மற்றும் டிரான்ஸ் அசிடேலேஸ் நொதிகளுக்கான குறியீடுகளைக் கொண்டுள்ளன.
- ஜோகோப் மற்றும் மோனாடு (Jacob and monod) ஆகியோர், மரபணு வெளிப்பாட்டையும் நெறிப்படுத்தப்படுவதையும் விளக்க எ.கோலையை கொண்டு லேக் ஓபரான் மாதிரியில், பாலிசிஸ்ட்ரானிக் அமைப்பு மரபணுவின் செயலை, ஒரு ஊக்குவிப்பான் மற்றும் ஒரு நெறிப்படுத்தி மரபணு ஆகியவை நெறிப்படுத்துகின்றன. வழக்கமாகக் குளுக்கோசை ஆற்றல் மூலமாக செல் பயன்படுத்துகிறது. i- மரபணு அடக்கி தூது ஆர்.என்.ஏ வை படியெடுக்கிறது. இது, மொழிபெயர்ப்பு செய்யப்படுவதன் விளைவாக 'அடக்கி புரதம்' உற்பத்தியாகிறது.

லாக் ஓபரான் மாதிரி

- இப்புரதம், ஓபரானின் இயக்கி பகுதியில் பிணைவதால் மொழிபெயர்ப்பு தடுக்கப்படுகிறது. இதனால் β -கேலக்டோசிடேஸ் உற்பத்தியாவதில்லை. கார்பன் மூலமாக குளுக்கோஸ் இல்லாத நிலையில், ஆற்றல் மூலமாக லேக்டோஸ் கிடைத்தால், லேக்டோஸானது பெர்மியேஸ் நொதியால், பாக்டீரியா செல்லின் உள்ளே நுழைகிறது. லேக்டோஸ் தூண்டியாக செயல்பட்டு, அடக்கியுடன் இணைந்து அதனை செயலற்றதாக மாற்றுகிறது. ஓபரானின் இயக்கியுடன் பிணையும் அடக்கி புரதம் ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேசை தடுப்பதன் மூலம், ஓபரானின் படியெடுத்தல் நிகழ்வை தடுக்கிறது. லேக்டோஸ் அல்லது அல்லோ லேக்டோஸ் போன்ற தூண்டிகளுடனான வினையின் காரணமாக அடக்கி செயலற்றதாகிறது. இதனால், ஆர்.என்.ஏ பாலிமேரேஸ் இயக்கி இடத்தில் தானாகவே இணைந்து, இயக்கியைப் படியெடுத்து லேக் தூது ஆர்.என்.ஏ வை உற்பத்தி செய்கிறது. இதன் விளைவாக லேக்டோஸ் வளர்சிதை மாற்றத்திற்குத் தேவையான அனைத்து நொதிகளும் உருவாக்கப்படுகின்றன. அடக்கி மூலம் லேக் ஓபரானின் செயல்பாடு நெறிப்படுத்தப்படுதல், படியெடுத்தலின் தொடக்கத்தை கட்டுப்படுத்தும் எதிர்மறை

நிகழ்வாகும். அதே போல நேர்மறை நிகழ்வாலும் லேக் ஒபரான் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது.

மனித மரபணுத் திட்டம் (Human Genome Project - HGP)

- சர்வதேச மனித மரபணுத் திட்டம் 1990ஆம்ஆண்டு தொடங்கப்பட்டது. இந்த மாபெரும் திட்டம் நிறைவுற 13-ஆண்டுகள் எடுத்துக் கொண்டது. இன்றைய தேதி வரை வரிசைப்படுத்தப்பட்ட உயிரினங்களின் மரபணுவினை விட மனித மரபணுத் திட்டம் 25 மடங்கு பெரியதாகும். முதன்முதலில் நிறைவு செய்யப்பட்ட முதுகெலும்பி மரபணு, ஏறத்தாழ 3×10^9 கார இணைகளைக் கொண்டுள்ளதாக கூறப்படுகிறது. மனித மரபணு திட்டம் வேகமாக வளர்ந்து வரும் உயிரியலின் புதிய துறையான உயிரிதகவலியலுடன் நெருங்கிய தொடர்புடையது ஆகும்.

மனித மரபணு திட்டத்தின் இலக்குகள் மற்றும் வழிமுறைகள்

மனித மரபணு திட்டத்தின் முக்கிய இலக்குகள்

- மனித டி.என்.ஏவில் உள்ள அனைத்து மரபணுக்களையும் (ஏறத்தாழ 30,000) கண்டறிதல்.
- மனித டி.என்.ஏவை உருவாக்கிய மூன்று பில்லியன் வேதி கார இணைகளின் வரிசையை தீர்மானித்தல்.
- இந்த தகவல்களை தரவுதளங்களில் சேமித்தல்.
- தரவுகளை ஆய்வு செய்வதற்கான கருவிகளை மேம்படுத்துதல்.
- தொடர்புடைய தொழில்நுட்பங்களை தொழிற்சாலைகள் போன்ற பிற துறைகளுக்கு இடமாற்றுதல்
- இந்த திட்டத்தில் எழும் அறம், சட்டம் மற்றும் சமூக இடர்ப்பாடுகளைத் (ELSI) தெரிவித்தல்.
- மனித மரபணு திட்ட வழிமுறைகள் இரண்டு முக்கிய அணுகுமுறைகளை உள்ளடக்கியுள்ளது. ஒரு அணுகுமுறை, ஆர்.என்.ஏ வாக வெளிப்படும் அனைத்து மரபணுக்களையும் கண்டறிதலை குறிக்கிறது. (ETSs) வெளிப்பாடு வரிசை முத்திரைகள்). மற்றொரு அணுகுமுறை மேற்கொள் வரிசையாக்கம் (Annotation) ஆகும். இங்கு குறியீடுகள் உடைய மற்றும் குறியீடுகள் அற்ற வரிசைகளைக் கொண்ட முழுத் தொகுப்பு மரபணுக்களும் வரிசையாக்கத்திற்கு எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. பின்னர் வரிசையில் உள்ள பல்வேறுபட்ட பகுதிகளை அதன் பணிகளுடன் ஒதுக்கப்படுகிறது. வரிசைப்படுத்துவதற்காக ஒரு செல்லில் உள்ள அனைத்து டி.என்.ஏக்களும் பிரித்தெடுக்கப்பட்டு, சிறிய அளவுள்ள துண்டுகளாக மாற்றப்படுகிறது. மேலும், இவை சிறப்பு வாய்ந்த கடத்திகளைப் (Vectors) பயன்படுத்தித் தகுந்த விரும்புதோம்பிகளில் நகலாக்கம் செய்யப்படுகிறது. இந்த நகலாக்கம்

டி.என்.ஏ துண்டுகளை பெருக்கமடையச் செய்கின்றன. இது வரிசையாக்க நிகழ்வினை எளிதாக்குகின்றது. பாக்டீரியா மற்றும் ஈஸ்ட் ஆகிய இரண்டும் பொதுவாக பயன்படுத்தப்படும் விருந்தோம்பிகள் ஆகும். இந்தக் கடத்திகள் BAC (Bacterial artificial chromosomes - பாக்டீரிய செயற்கை குரோமோசோம்கள்) மற்றும் YAC (Yeast artificial Chromosomes - ஈஸ்ட் செயற்கை குரோமோசோம்கள்) எனப்படுகின்றன. இந்த துண்டுகள் தானியங்கி டி.என்.ஏ வரிசைப்படுத்திகளைப் (ப்ரெட்ரிக் சாங்கரால் உருவாக்கப்பட்டது) பயன்படுத்தி வரிசைப்படுத்தப்படுகிறது. இந்த வரிசைகள் பின்னர், சிறப்பு வாய்ந்த கணினி நிரல்களைப் பயன்படுத்தி ஒன்றின் மீது ஒன்றமைந்த சில பகுதிகளின் அடிப்படையில் அடுக்கப்படுகிறது. இந்த வரிசையாக்கம் ஒவ்வொரு குரோமோசோமிலும் முறையாக மேற்கொள்ளப்படுகிறது. வரையறுக்கப்பட்ட எண்டோநியூக்ளியேஸ் (Restriction endonuclease) நொதியால் அடையாளம் காணப்பட்ட பகுதிகள் மற்றும் **மைக்ரோசாட்டிலைட்டுகள் (நுண்துணைக்கோள்)** எனப்படும் அடுத்தடுத்துக் காணப்படும் சில டி.என்.ஏ வரிசைகளைப் பயன்படுத்தி மரபணுவின் மரபிய மற்றும் அமைப்பு வரைபடங்கள் உருவாக்கப்படுகிறது.

- மீத்திறனுள்ள கணினிகளைப் (Super computers) பயன்படுத்தி, சிறுதுப்பாக்கி வரிசையாக்கம் (Shot gun sequencing) என்ற முறையின் மூலம் நீளமான துண்டுகளையும் வரிசைப்படுத்துவது சமீபத்திய முறையாகும். இது பாரம்பரிய வரிசையாக்க முறைகளுக்குப் பதிலாக பயன்படுத்தப்படும் முறையாகும்.

மனித மரபணு திட்டத்தின் சிறப்பியல்புகள்

- மனித மரபணு 3 பில்லியன் நியூக்ளியோடைடு கார மூலங்களைக் கொண்டிருந்த போதிலும், மரபணுவின் 5% மட்டுமே புரதத்தைக் குறியீடு செய்யக்கூடிய டி.என்.ஏ வரிசைகளால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது.
- மரபணு சராசரியாக 3000 கார மூலங்களைக் கொண்டுள்ளது. மிகப்பெரிய மனித மரபணு, டிஸ்ட்ரோஃபின்(Dystrophin) 2.4 பில்லியன் கார மூலங்களைக் கொண்டுள்ளது.
- மரபணுவின் 50% பணி, LINE மற்றும் ALU வரிசைகள் போன்ற இடமாறும் கூறுகளிலிருந்து பெறப்படுகிறது.
- மரபணுக்கள் 24 குரோமோசோம்களில் பரவியுள்ளது. 19வது குரோமோசோம் அதிக மரபணு அடர்வினைக் கொண்டுள்ளது. 13 மற்றும் Y குரோமோசோம் ஆகியவை மிகக் குறைந்த மரபணு அடர்வினைக் கொண்டுள்ளன.
- மனித குரோமோசோம் அமைப்பில் மரபணுக்கள் பல்வகைத் தன்மையைக் காட்டுகின்றன.

- மரபணு தொகுதியில் 35000-40000 மரபணுக்கள் இருந்தாலும், ஏறக்குறைய 99.9 நியூக்ளியோடைடு கார மூலங்கள் அனைத்து மக்களிடமும் ஒரே மாதிரியாக உள்ளன.
- கண்டுபிடிக்கப்பட்ட மரபணுக்களில் 50 விழுக்காட்டிற்கும் மேற்பட்ட மரபணுக்களின் பணிகள் தெரியவில்லை.
- 2 விழுக்காட்டிற்கும் குறைவான மரபணுக்கள் மட்டுமே புரதங்களை குறியீடு செய்கின்றன.
- திரும்ப திரும்ப காணப்படும் வரிசைகள் மனித மரபணுவில் மிகப் பெரிய பகுதியை உருவாக்குகிறது. இந்த வரிசைகள் நேரடியாக குறியீட்டு செல்களில் பங்கேற்பதில்லை. ஆனால், குரோமோசோம்களின் அமைப்பு, செயல் மற்றும் பரிணாமத்தைத் தீர்மானிக்கிறது (மரபிய பல்வகைத் தன்மை)
- திரும்ப திரும்ப காணப்படும் வரிசைகள் மனித மரபணுவில் மிகப் பெரிய பகுதியை உருவாக்குகிறது. இந்த வரிசைகள் நேரடியாக குறியீட்டு செயல்களில் பங்கேற்பதில்லை. ஆனால், குரோமோசோமின் அமைப்பு, செயல் மற்றும் பரிணாமத்தைத் தீர்மானிக்கிறது. (மரபிய பல்வகைத் தன்மை)
- 1வது குரோமோசோம் 2968 மரபணுக்களை கொண்டுள்ளது. அதேபோல் Y குரோமோசோம் 231 மரபணுக்களை கொண்டுள்ளது.
- மனிதனில் பல்வேறுபட்ட ஒற்றை கார மூல டி.என்.ஏக்கள் காணப்படக்கூடிய 1.4 மில்லியன் இடங்களை அறிவியலாளர்கள் கண்டறிந்துள்ளனர். (SNPs - Single Nucleotide Polymorphisms - ஒற்றை நியூக்ளியோடைடு பல்லுருவமைப்பு - இது SNIPS என உச்சரிக்கப்படுகிறது). SNIPS-ஐ கண்டறிதல், நோய்களுடன் தொடர்புடைய வரிசைகளுக்கான குரோமோசோம் இடங்களை கண்டுபிடித்தல் மற்றும் மனித வரலாற்றை தேடவும் உதவி புரிகிறது.

பயன்பாடுகள் மற்றும் எதிர்கால சவால்கள்

- மனித குரோமோசோம் வரைபடமாக்கம் ஒருவரின் டி.என்.ஏவை ஆய்வு செய்வதற்கும் மற்றும் மரபிய கோளாறுகளை கண்டறிவதற்கான வாய்ப்பினையும் அளிக்கிறது. இது நோய்களை கண்டறிவதற்கும், குழந்தையைப் பெற்றுக்கொள்ள திட்டமிடுவர்களுக்கான மரபிய ஆலோசனையை வழங்குவதற்கும் பேருதவியாக உள்ளது. இந்த வகையான தகவல், புதுமையான மரபணு சிகிச்சைகளுக்கான வாய்ப்புகளை உருவாக்குகிறது. மேலும் மனித உயிரியலைப் பற்றி புரிந்து கொள்வதற்கும், மனிதன் அல்லாத பிற உயிரினங்களைப் பற்றி அறிந்து கொள்வதற்கும் தீர்வுக் குறிப்புகளை வழங்குகிறது. டி.என்.ஏ வரிசைகள் அதனுடைய இயற்கை திறன்களைப் பற்றி அறிந்து கொள்ளவும் அவற்றை உடல்நலம், விவசாயம், விவசாயம், ஆற்றல் உற்பத்தி மற்றும் சுற்றுச்சூழல் தீர்வு போன்றவற்றில் உள்ள சவால்களைத் தீர்ப்பதற்கும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. நோய்களின் அறிகுறிகளுக்குச் சிகிச்சையளிப்பதைவிட நோய்க்கான அடிப்படைக் காரணங்களைக் கண்டறிந்து,

அவற்றுக்குச் சிகிச்சையளிப்பதே மூலக்கூறு மருத்துவத்தின் முக்கியமான முன்னேற்றமாக இருக்கும்.

- மரபணு வரிசையாக்கம் எளிமையாக்கப்பட்டதைத் தொடர்ந்து, சிலர் இத்தகவல்களை சுய லாபத்திற்காகவோ அல்லது அரசியல் ஆதாயத்திற்காகவோ பயன்படுத்தக்கூடும்.
- காப்பீட்டு நிறுவனங்கள் தங்களுடைய எதிர்கால மருத்துவ செலவினங்களில் இருந்து காப்பாற்றிக் கொள்ள 'மரபிய கோளறுகளையுடைய' மக்களுக்கு காப்பீடு வழங்குவதை மறுக்கலாம்.
- சரியான இனத்தைத் தோற்றுவிக்க வேண்டும் என்ற நோக்கத்தில், மனித கூட்டத்திலுள்ள பலரிடம் இருந்து ஜீன்களைப் பெற்று இணைத்து இனவிருத்தி செய்ய தொடங்கிவிடுவார்களோ என்ற அச்சமும் உள்ளது.

ஒரு நபரின் மருந்துகளுக்கான துலங்கல் எவ்வாறு மரபணுக்களை பாதிக்கிறது என்பதைப் பற்றி படிக்கும் அறிவியல் 'மருந்திய மரபணுவியல்' (Pharmacogenomics) ஆகும். இது 'மருந்தியல்' (Pharmacology மருந்தைப் பற்றிய அறிவியல்) மற்றும் 'மரபணுவியல் (Genomics-மரபணுக்கள் மற்றும் அவற்றின் செயல்கள் பற்றிய அறிவியல்) இணைந்து உருவான புதிய துறை ஆகும். ஒரு நபரின் மரபணு உருவாக்கத்திற்கு ஏற்ப மருந்துகளை சரியான அளவில் நன்கு செயல்படக்கூடிய, பாதுகாப்பான முறையில் அளிக்க இத்துறை உதவுகிறது.

டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடல் தொழில் நுட்பம் (DNA finger printing technique)

- டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடல் தொழில்நுட்பம் முதலில் 1985 ஆம் ஆண்டு அலெக் ஜே.ஃப்ரேஸ் (Alec Jeffreys) என்பவரால் உருவாக்கப்பட்டது. (2014 ஆம் ஆண்டு ராயல் சொசைட்டி வழங்கிய கோபுலே பதக்கத்தைப் பெற்றவர்). ஒவ்வொரு நபரும் ஒரே மாதிரியான வேதிய அமைப்புடைய டி.என்.ஏவைப் பெற்றுள்ளனர். ஆனால் டி.என்.ஏ வரிசையில் உள்ள A, T, C மற்றும் G என்ற குறியீடு கொண்ட கார இணைகளில் மில்லியன் மில்லியன் கணக்கான வேறுபாடுகள் உள்ளன. இது நம்மிடையே தனித்தன்மையைத் தோற்றுவிக்கிறது. ஆதலால் மரபொத்த இரட்டையர்கள் தவிர நாம் ஒவ்வொருவரும் மற்றவர்களிடமிருந்து மரபியல் ரீதியாக வேறுபடுகிறோம். ஒரு மனிதனின் டி.என்.ஏ வும் அவரின் கைரேகைகளும் தனித்துவம் உடையவை. 1.5 மில்லியன் இணை மரபணுக்களைக் கொண்ட 23 இணை குரோமோசோம்கள் மனிதனில் உள்ளன. மரபணுக்கள் டி.என்.ஏக்களின் பகுதிகள் என்பது நன்கு அறியப்பட்ட உண்மையாகும். ஆனால் அவற்றினுடைய நியூக்ளியோடைடு வரிசையில் வேறுபாடுகளை கொண்டுள்ளது. டி.என்.ஏக்களின் அனைத்து பகுதிகளும் புரதங்களுக்கான குறியீட்டைச் செய்வதில்லை. சில டி.என்.ஏ பகுதிகள் நெறிப்படுத்தும் செயல்களைக் கொண்டுள்ளன. மற்றவை இடைப்பட்ட வரிசைகள் (இடைப்பட்ட பகுதிகள்- Introns) மற்றும் சில மறுதொடரி டி.என்.ஏ வரிசைகள் ஆகும். டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடலில், குறுகிய மறுதொடரி நியூக்ளியோடைடு வரிசைகள் நபர் சார்ந்த

தனித்துவம் கொண்டவையாகும். இந்த நியூக்ளியோடைடு வரிசைகள் “மாறி எண் இணை மறு தொடரிகள்” (VNTR Variable number tandem repeats) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. பொதுவாக இரண்டு நபர்களின் VNTR கள் மாறுபட்டுக் காணப்படுகின்றன. இவை, மரபிய குறிப்பான்களாகப் (Genetic markers) பயன்படுகின்றன.

- டி.என்.ஏ வரிசைகளின் குறிப்பிட்ட சில பகுதியிலுள்ள மறுதொடரி டி.என்.ஏ க்களில் (repetitive DNA) காணப்படும் வேறுபாடுகளைக் கண்டறிதல் DNA ரேகை அச்சிடல் காணப்படும். ஏனெனில், இந்த வரிசையில் டி.என்.ஏவின் சிறு பகுதிகள் மீண்டும் மீண்டும் பலமுறை தோன்றியுள்ளது.

டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடலின் தொகுப்பு வரைபடம்: வெவ்வேறு பிரதிநிதிகளையுடைய மாறி எண் இணை மறுதொடரி எண்களை கொண்ட சில குறிப்பிட்ட குரோமோசோம்கள் காட்சிப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

- அடர்த்தி வேறுபாட்டு மைய விலக்கலின்போது, தோற்றுவிக்கப்படும் வேறுபட்ட உச்ச அளவுகளைக் கொண்டு, மொத்த மரபணு டி.என்.ஏக்களிலிருந்து மறு தொடரி டி.என்.ஏக்கள் பிரித்தெடுக்கப்படுகிறது. மொத்த டி.என்.ஏக்கள் பெரிய உச்சத்தையும், மற்றவை சிறிய உச்சத்தையும் தோற்றுவிக்கின்றன. சிறிய உச்சத்தை தோற்றுவிக்கும் டி.என்.ஏக்கள் துணைக்கோள் டி.என்.ஏக்கள் (Satellite டி.என்.ஏ) எனப்படுகின்றன. டி.என்.ஏவில் காணப்படும் கார இணைகள் (A:T அல்லது G:C மிகுதி), நீளம் மற்றும் மீண்டும் மீண்டும் காணப்படும் அலகுகளின் அடிப்படையில் துணைக்கோள் டி.என்.ஏக்கள் பல வகைகளாக வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. அவை நுண் துணைக்கோள் டி.என்.ஏ மற்றும், சிறிய துணைக்கோள் டி.என்.ஏ மற்றும் பல. இந்த வரிசைகள் எந்த புரதத்திற்கும் குறியீடு செய்வதில்லை. ஆனால் இது மனித மரபணுவின் பெரும் பகுதியை கொண்டுள்ளது. அதிகளவு பல்லுருவமைப்பை காட்டும் இந்த வரிசைகள் டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடலுக்கு அடிப்படையாக அமைகிறது. குற்றம் நிகழ்ந்த இடத்திலிருந்து சேகரிக்கப்படும் தடயங்களான இரத்தம், ரோமம் மற்றும் தோல் செல்கள் அல்லது மற்ற மரபிய தடயங்களிலிருந்து VNTR முறை மூலம் டி.என்.ஏவை பிரித்தெடுத்து குற்றம் சுமத்தப்பட்டவரின் டி.என்.ஏவோடு ஒப்பிட்டு, அவர் குற்றவாலியா அல்லது நிரபராதியா என்று கண்டறிய பயன்படுகிறது. கொல்லப்பட்ட நபரின் டி.என்.ஏவை ஆதாரமாகக் கொண்டு, அந்த நபரின் அடையாளங்களை கண்டறிய VNTR முறை பயன்படுகிறது.

டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடல் தொழில்நுட்பத்தின் படிநிலைகள்
டி.என்.ஏ பிரித்தெடுத்தல்

- டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடல் தொழில்நுட்பத்தின் துவக்க நிலையில் இரத்தம், விந்துத் திரவம், கல்விக் கால்வாய் திரவம், முடியின் வேர்கள், பற்கள், எலும்புகள் போன்றவற்றிலிருந்து டி.என்.ஏ மாதிரிகள் சேகரிக்கப்படுகின்றன.

பாலிமரேஸ் தொடர்வினை (PCR)

டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடலுக்குப் பல நேரங்களில் குறைந்த அளவு டி.என்.ஏ மட்டுமே கிடைக்கிறது. அதிக அளவு தேவைப்படும்போது பாலிமரேஸ் தொடர்வினை மூலம் டி.என்.ஏ வைப் பெருக்க முடியும்.

டி.என்.ஏ துண்டாக்குதல்

- துண்டாக்கும் நொதிகளைப் பயன்படுத்தி, டி.என்.ஏ இழைகளைக் குறிப்பிட்ட இடங்களில் வெட்டிச் சிறிய துண்டுப் பகுதிகளாக மாற்றுவதல்.

மிக்பகுப்பாக்க முறையில் டி.என்.ஏக்களைப் பிரித்தெடுத்தல்

- அகரோஸ் கூழ்ம மின்பகுப்பாக்க முறையில், டி.என்.ஏ துண்டுகள் பல்வேறு அளவுகள் கொண்ட வெவ்வேறு கற்றைகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன. நைலான் சவ்வினைப் பயன்படுத்தி பிரிக்கப்பட்ட டி.என்.ஏ கற்றைகள் வடிகட்டப்படுகின்றன. (வேதிப்பொருட்களைப் பயன்படுத்தி டி.என்.ஏ இழைகளுக்கு இடையே உள்ள ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகள் விடுவிக்கப்பட்டு ஒற்றை இழையாக மாற்றப்படுகின்றன.

• டி.என்.ஏ இயல்புதிரிதல்

கூழ்மப்பொருளில் உள்ள டி.என்.ஏ கார வேதிப்பொருட்களைப் பயன்படுத்தி அல்லது வெப்பப்படுத்தி, சிதைவுறச் செய்யப்படுகிறது.

• ஒற்றியெடுத்தல் (Blotting)

கூழ்மப்பொருளில் உள்ள டி.என்.ஏ கற்றை அமைப்பு, “அளவின் அடிப்படையில் பிரிக்கப்பட்ட டி.என்.ஏ இழையின்” மேல் வைக்கப்பட்ட நைலான் சவ்வின் மீது மாற்றப்பட்டு எடுக்கப்படுகிறது. இம்முறை ‘சத்ரன் பிளாட்டிங்’ எனப்படும்.

• குறிப்பிட்ட டி.என்.ஏக்களைத் ‘துலக்கி டி.என்.ஏ’ க்களைக் (Probe) கொண்டு அடையாளம் காணுதல்

கதிரியக்கத்தன்மையுள்ள துலக்கி டி.என்.ஏ, (கதிரியக்கத் தன்மையுடைய பொருட்கள் பொருத்தப்பட்ட டி.என்.ஏ இழை), டி.என்.ஏ கற்றைகளுடன் சேர்க்கப்படுகிறது. இந்தத் துலக்கு டி.என்.ஏ நிரப்புக்கூறு நைட்ரஜன் கார வரிசைகளைக் கொண்ட டி.என்.ஏ துண்டுகளுடன் இணைகிறது. இந்தத் துலக்கி டி.என்.ஏக்களை ‘ஒளிரும்பொருட்கள்’ அல்லது ‘கதிரியக்கத்தன்மை உடைய ஐசோடோப்புகளைப்’ பயன்படுத்தியும் தயாரிக்கலாம்.

• துலக்கி டி.என்.ஏக்களுடன் கலப்பு செய்தல்

துலக்கி டி.என்.ஏ கலப்பு செய்தவுடன் மீதமுள்ள துலக்கி டி.என்.ஏ நீக்கப்படுகிறது. இந்த ‘கலப்பு டி.என்.ஏ’ உடைய சவ்வின் மீது ஒளிப்படத்தகடு பொருத்தப்படுகிறது.

மரபியல்பு – டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடுதலை ஒளிப்படத்தகட்டின் மூலம் வெளிப்படுத்துதல்

- இந்த கதிரியக்க அடையாளமானது ஒளிப்படத்தகட்டின்மீது ஒரு பிம்பத்தை உருவாக்குகிறது (கற்றைகளின் பிம்பம்). இது குறிப்பிட்ட டி.என்.ஏ கற்றைக்கு நிகரான பிம்பம் ஆகும். அடர்ந்த மற்றும் மெல்லிய கற்றைகள், குறிப்பிட்ட தண்டு போன்ற சில அமைப்புகளை (bars) உருவாக்குகிறது. அவை மரபுரேகை அச்சு எனப்படும்.

டி.என்.ஏ ரேகை அச்சிடலின் பயன்பாடுகள் தட ஆய்வு

- குற்ற நடவடிக்கை கொண்ட நபரைக் கண்டறியவும் தாய் அல்லது தந்தையை தீர்மானிக்கும் பிரச்சினைகளுக்கு தீர்வு காணவும், குடியேற்ற தேவைக்கான உறவுகளை தீர்மானிக்கவும் பயன்படுகிறது.

மரபு கால் வழி தொடர் ஆய்வு

- தலைமுறைகளின் வழியாக மரபணுக்கள் கடத்தப்படுவதையும் மற்றும் பாரம்பரிய நோய்களை கண்டறியவும் பயன்படுகிறது.

வன உயிரின பாதுகாப்பு

- அருகிவரும் இனங்களைப் பாதுகாத்தல், அருகிவரும் உயிரினங்களின் இறந்த திசுக்களை அடையாளம் கண்டறிவதற்காக டி.என்.ஏ பதிவுகளைப் பராமரித்தல்.

மானுடவியல் ஆய்வுகள்

- இது மனித இனக்கூட்டத்தின் தோற்றம், இடப்பெயர்ச்சி மற்றும் மரபிய பல்வகைத் தன்மையினை தீர்மானிக்கப் பயன்படுகிறது.

அலகு - 6

- ஒரு இனக்கூட்டத்திலுள்ள ஒரு சிற்றினத்தின் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட பண்புகளில் ஏற்படும். அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளுக்கு கடத்தப்படக்கூடிய மாற்றங்கள் பரிணாமம் எனப்படும். இன்றைய மனித இனத்தின் நிலை மூன்று வகைப் பரிணாம நிகழ்வுகளால் தோன்றியிருக்கலாம். அவையாவன – வேதிப்பரிணாமம், கரிமப் பரிணாமம் மற்றும் சமூக அல்லது பண்பாட்டுப் பரிணாமம்.
- கதிரியக்க முறையில் விண்கற்களை ஆய்வு செய்ததில், சூரியக்குடும்பம் மற்றும் பூமியின் வயது சுமார் 4.5 – 4.6 பில்லியன் ஆண்டுகள் என கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. புதிதாய்ப் பிறந்த பூமி சில நூறு மில்லியன் ஆண்டுகள் உயிரினங்கள் வாழத் தகுதியற்றதாக இருந்தது. அப்போது பூமி மிகுந்த வெப்பம் உடையதாக இருந்தது. இதற்குக் காரணம், குறுங்கோள்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று மோதி பூமியாக ஒன்றிணைந்த போது இக்கோளையே உருக்கக் கூடிய பெருமளவு வெப்பம் உமிழப்பட்டதே ஆகும். இறுதியாக, பூமியின் புறப்பரப்பு குளிர்ந்து திடமாகி மேற்பகுதி உருவானது. பூமியின் உட்பகுதியிலிருந்து வெளியேறிய நீராவி குளிர்ந்து பெருங்கடல்களாக மாறின. எனவே பூமியில் உயிரினத் தோற்றத்தினை மறைமுகச் சான்றுகளின் உதவியால் மறுகட்டமைக்க முடியும். உயிரியல் வல்லுனர்கள், வேறுபட்ட தகவல்களைச் சேகரித்து அவற்றை திகைப்பளி புதிரில் (Jig saw puzzle) துண்டுகள் ஒட்டுவது போல் ஒன்றிணைக்கின்றனர். உயிர் தோன்றல் குறித்த பல்வேறு கோட்பாடுகள் முன்வைக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றுள் சில இப்பாடத்தில் விளக்கப்படுகின்றன.

உயிரினத் தோற்றம் - உயிரின வகைகளின் பரிணாமம்

- சிறப்புப் படைத்தல் கோட்பாட்டின்படி (Theory of special Creation) உயிரினங்கள் யாவும் இயற்கைக்கு அப்பாற்பட்ட சக்தியினால் படைக்கப்பட்டவை என நம்பப்படுகிறது. அனைத்து மதங்களும் “கடவுள்தான்” இந்த உலகத்தையும், தாவரங்கள் மற்றும் விலங்குகளையும் படைத்ததாக நம்புகின்றனர்.
- தான் தோன்றல் கோட்பாடு (Theory of Spontaneous Generation) அல்லது உயிரின்றி உயிர் தோன்றல் (Abiogenesis) கோட்பாட்டின்படி உயிரினங்கள் உயிரினங்கள் உயிரற்ற பொருட்களிலிருந்து தோன்றின. பல மில்லியன் ஆண்டுகளாக உயிரற்ற பொருட்களான வேதிப்பொருட்கள் மற்றும் மூலக்கூறுகளில் படிப்படியாக நடைபெற்ற பரிணாமத்தால் உயிரினங்கள் தோன்றின. “உயிரின்றி உயிர் தோன்றல்” (Abiogenesis) என்ற பதத்தை உருவாக்கியவர் தாமஸ் ஹக்ஸ்லே ஆவார்.
- பெருவெடிப்புக் கோட்பாடு, (Bigbang Theory) இந்தப் பேரண்டம் ஒற்றைப் பெரு வெடிப்பினால் எவ்வாறு தோன்றியது என்பதை விளக்குகிறது. தொடக்க கால பூமியில் சரியான வளிமண்டலம் இல்லை. ஆனால் அம்மோனியா, மீத்தேன் ஹைட்ரஜன் மற்றும் நீராவி போன்றவை இருந்தன. அக்காலத்தில் பூமியின் காலநிலை மிகவும் வெப்பத்துடன் இருந்தது. சூரியனிலிருந்து வரும் புறஊதாக்

கதிர்கள் நீர் மூலக்கூறை ஹைட்ரஜனாகவும், ஆக்சிஜனாகவும் பிரித்தது. படிப்படியாக வெப்பநிலை குறைந்து நீராவி மழைநீராக மாறியது. மழைநீர் பூமியின் தாழ்வான பகுதிகளில் தேங்கி நீர்நிலைகள் உருவாயின. வளிமண்டலத்தில் உள்ள அம்மோனியா மற்றும் மீத்தேன் போன்றவை ஆக்சிஜனுடன் சேர்ந்து கார்பன்-டை-ஆக்சைடு மற்றும் பிற வாயுக்களாக மாறின.

கோசர்வேட்டுகள் (திரவ ஊடகத்திலிருந்து திரண்டு வரும் கூழ்மத் திரள்கள்) - இந்த முதல் முன்னோடி செல்கள் படிப்படியாக மாற்றம் பெற்று உயிருள்ள செல்களாக மாறி விட்டன.

- உயிர்வழித் தோற்றக் கோட்பாட்டின் படி ஒரு உயிரினம் ஏற்கனவே உள்ள உயிரினத்திலிருந்து உருவானது ஆகும். இக்கோட்பாட்டின் படி உயிர்வேதியல் நிகழ்ச்சிகளால் உயிரினங்கள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. இச்சொல்லை உருவாக்கியவர் ஹென்றி பாஸ்டியன் ஆவார்.
- வேதிப்பரிணாமக் கோட்பாட்டின்படி, பூமியின் ஆரம்ப காலச் சூழலில் தொன்மையான உயிரினங்கள் கனிமப் பொருட்கள் மற்றும் இயற்பியல் காரணிகளான மின்னல், புறஊதாக் கதிர்கள், எரிமலை செயல்கள் மற்றும் பிறவற்றின் உதவியால் தானாகவே தோன்றியிருக்கலாம். ஒப்பாரின் (1924) என்பவர் கரிமப் பொருட்கள் தொடர்ச்சியான மாற்றங்களுக்கு ஆட்பட்டு பெரிய மூலக்கூறுகளாக மாறியிருக்கக்கூடும் என்றும், இம்மூலக்கூறுகள் திரவ ஊடகத்தில் கூழ்மத் திரள்களாக அல்லது கோசர்வேட்டுகளாக (Coacervates) மாறியிருக்கலாம் என்றும் கூறுகிறார். இக்கூழ்மத்திரள்கள் சூழலிருந்து கரிமப் பொருட்களை உறிஞ்சித் தன்மயமாக்குகின்றன. ஹால்டேன் என்பவர் கூற்றுப்படி ஆரம்பகால கடல், சூரியஒளி ஆற்றலைப் பெற்று, மிகப்பெரிய வேதியியல் ஆய்வகமாக செயல்பட்டது.
- வளிமண்டலத்தில் ஆக்சிஜன் இல்லை. மேலும் அம்மோனியா மற்றும் புறஊதாக் கதிர்கள் ஒன்றிணைந்து கரிமப் பொருட்களை உருவாக்கின. இதனால் கடல் அதிக எண்ணிக்கையில் கரிம ஒருபடி (மோனோமர்) மற்றும் பலபடி (பாலிமர்) மூலக்கூறுகள் உடையதாகவும் “சூடான” நீர்த்த தன்மையுடையதாகவும் இருந்தது. இந்த ஒருபடி மற்றும் பலபடி மூலக்கூறுகள் கொழுப்பு உறையினைப் பெற்று பின்பு அவை உயிருள்ள செல்லாக மாறியதாக அறிஞர்கள் கருதினர். ஹால்டேன் “உயிரி முன்னோடிச்சாறு” (Prebiotic Soup) என்ற சொல்லை உருவாக்கினார். இதுவே உயிரினத் தோற்றத்தை விளக்கும் ஹால்டேன் ஒப்பாரின் கோட்பாட்டிற்கான அடையாளமாக மாறியது. (1924 - 1929).
- தொன்மையான வளிமண்டலம் குறையும் சூழலில் இருந்திருந்தால், மின்னல் அல்லது புறஊதாக்கதிர்கள் மூலம் தேவையான சக்தியும் கிடைத்திருந்தால் பல்வேறுவகை கரிம மூலக்கூறுகள் உருவாகியிருக்க முடியும் என்று ஒப்பாரின் மற்றும் ஹால்டேன் ஆகியோர் தனித்தனியே தமது கருத்துக்களை வெளிப்படுத்தினர்.

புவியியற் கால அட்டவணை (Geological Time Scale):

- புவியின் வரலாற்றுக் காலத்தை பல பெருங்காலங்களாகப் (Eras) பிரித்துள்ளனர். அவை, பாலியோசோயிக், மீசோசோயிக் மற்றும் சீனோசோயிக் பெருங்காலங்கள் ஆகும். சமீப பெருங்காலங்களை பல பருவங்களாகப் (Periods) பிரித்துள்ளனர். இந்த பருவங்கள் பல சிறுகாலங்களாகப் (Epoch) பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. புவியியற்காலங்களின் பல்வேறு பெருங்காலங்கள் மற்றும் பருவங்கள் அக்காலங்களில் வாழ்ந்த முதன்மையான உயிரினங்களும் குறிக்கப்பட்டுள்ளன.
- பாலியோசோயிக் பெருங்காலத்தில் கடல்வாழ் முதுகுநாணற்ற விலங்குகளின் புதைபடிவங்கள் அதிகம் கிடைத்துள்ளன. அப்பெருங்காலத்தின் பின் பாதிப் பகுதியில் (கடல்வாழ் மற்றும் நிலவாழ்) பறவைகள் மற்றும் பாலூட்டிகளைத் தவிர பிற முதுகு நாணுடையவை தோன்றின. பாலியோசோயிக் பெருங்காலத்தின் ஏழு பருவங்களாவன – (பழமையான காலத்திலிருந்து சமீபத்திய காலம் வரையிலான வரிசையில்) கேம்பீரியன் (முதுகுநாணற்றவைகளின் காலம்), ஆர்டோவிசியன் (நன்னீர் மீன்கள், ஆஸ்ட்ரகோடெர்ம்கள், மற்றும் பல்வேறு வகையான மெல்லுடலிகள்), சைலூரியன் (மீன்கள் தோற்றம்), டிவோனியன் (மீன்களின் காலம் - நுரையீரல் மீன்கள், கதுப்புத் துடுப்பு மீன்கள் மற்றும் திருக்கை மீன்கள் போன்றவை). மிசிசிபியன் (பழமையான இருவாழ்விகள், முட்டோலிகள்), பென்சில்வேனியன் (பழமையான ஊர்வன) மற்றும் பெரிமியன் (பாலூட்டிகளைப் போன்ற ஊர்வன).
- மீசோசோயிக் பெருங்காலம் (ஊர்வனவற்றின் ஆதிக்கம்) ”ஊர்வனவற்றின் பொற்காலம்” என அழைக்கப்படுகிறது. இப்பெருங்காலம் மூன்று பருவங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. அவை, டிரையாசிக் (முட்டையிடும் பாலூட்டிகளின் தோற்றம்), ஜூராசிக், (டைனோசார்கள் ஆதிக்கம் மற்றும் புதைபடிவப் பறவை – ஆர்க்கியாப்டெரிக்ஸ்) மற்றும் கிரட்டேஷியஸ் (பற்களுடைய பறவைகளும் டைனோசார்களும் மரபற்றுப்போதல் மற்றும் நவீன பறவைகளின் தோற்றம்).

சீனோசோயிக் பெருங்காலம் (பாலூட்டிகளின் காலம்):

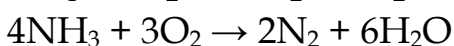
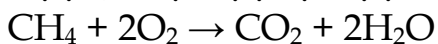
- இப்பெருங்காலம், டெர்ஷியரி மற்றும் குவார்டெர்னரி ஆகிய இரண்டு பருவங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. டெர்ஷியரி பருவம் பாலூட்டிகள் அதிக எண்ணிக்கையில் காணப்படும் பருவம் ஆகும். இப்பருவம் ஐந்து சிறு காலங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. அவை பாலியோசீன் (நஞ்சுக் கொடி பாலூட்டிகள்), இயோசீன் (வாத்து அலகு பிளாடிபஸ் மற்றும் எகிட்னா தவிர பிற மோனோடீரீம்கள், குளம்புகள் உடைய பாலூட்டி மற்றும் ஊன் ஊண்ணிகள்), ஆலிகோசீன் (மேம்பட்ட நஞ்சுக்கொடி பாலூட்டிகளின் தோற்றம்), மையோசீன் (மனிதனைப் போன்ற மனிதக் குரங்குகள் தோற்றம்) மற்றும் பிளியோசீன் (மனிதனைப் போன்ற மனிதக் குரங்குகளிலிருந்து மனிதனின் தோற்றம்), குவார்டெர்னரி பருவத்தில் பாலூட்டிகளின் வீழ்ச்சி மற்றும் மனித சமூக வாழ்க்கை துவக்கம் ஆகியவை நிகழ்ந்தன.

- புதைபடிவங்களின் வயது, ஒப்பீடு வயது கணக்கிடும் முறை (Relative Dating) மற்றும் முழுமையான வயது கணக்கிடும் முறை (Absolute Dating) ஆகிய இரண்டு முறைகளில் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. ஒப்பீடு வயது கணக்கிடும் முறையில், புதைபடிவங்களின் வயது, புதைபடிவங்களை ஒத்த பாறைகள் அல்லது வயது தெரிந்த புதைபடிவங்களோடு ஒப்பிட்டுக் கணக்கிடப்படுகிறது. முழுமையான வயது கணக்கிடும் முறையில், கதிரியக்க வயது கணக்கிடும் முறைப்படி, புதைபடிவங்களில் உள்ள ஐசோடோப்புகளின் சிதைவு அளவிடப்பட்டு புதைபடிவங்களின் வயது கணக்கிடப்படுகிறது.

உயிரியப் பரிணாமம் (Biological Evolution):

முன்னோடி உயிரினங்களின் உருவாக்கம்:

- உயிரற்ற பொருட்களிலிருந்து உருவான மூலக்கூறுகள், தன்னிச்சையாக ஒன்று சேர்ந்து, நீர்ம திரவத்தை உள்ளடக்கிய சிறு துளிகளாகத் தாமே வடிவமைத்துக் கொள்கின்றன. மேலும் இதன் உள் வேதிச்சூழல், புறச்சூழலிலிருந்து முற்றிலும் வேறுப்பட்டதாகும். இத்தகைய கோள அமைப்புகளை அறிவியலாளர்கள் “முன்னோடி உயிரினங்கள்” (Protobionts) என்று அழைத்தனர். திரவத்தில் உள்ள லிப்பிடுகள், தாமே ஒன்று சேர்ந்து இரட்டைச் சவ்வு லிப்பிடுகளாக வடிவமைத்துக் கொள்கின்றன. இவை “லிப்போசோம்கள்” என அழைக்கப்படுகின்றன. இந்த லிப்போசோம்க்கு உட்புறம் உள்ள சில புரதங்கள் நொதிகளின் பண்பைப் பெறுவதால் மூலக்கூறுகள் வேகமாகப் பெருக்கமடைகின்றன.
- நியூக்ளியோபுரதம் மற்றும் ஊட்டப் பொருட்களை உடைய கோசர்வேட்டுகள், வெளிப்புறமாக சவ்வினைப் பெற்றுள்ளன. இவை வைரஸ்கள் அல்லது தனித்து வாழும் மரபணுக்களின் பண்புகளை ஒத்துள்ளன. தொடர்ச்சியாக இது போன்ற நிறைய மரபணுக்கள் ஒன்றிணைந்து தற்கால வைரஸ்களைப் போன்ற “முன்னோடி வைரஸ்களை” (Proto Virus) உருவாக்கின. இந்த சமயத்தில் தோன்றிய இரண்டு செல்வகைகள் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவை. அவற்றில் முதல் வகையில் தொன்மையான செல்களில் உள்ள நியூக்ளியோ புரதத்துணுக்குகள் செல்பொருட்களில் பதிந்து காணப்பட்டன. இவ்வகை செல்கள் மொனிராவை ஒத்துள்ளன. இவை நவீன பாக்க்டீரியா மற்றும் நீலப்பச்சைப் பாசிகளுக்கு “மூதாதையர்கள்” என்று கருதப்படுகின்றன. மற்றொரு வகை தொன்மையான செல்களில், நியூக்ளியோ புரதத் துணுக்குகள் மையத்தில் திரண்டும் அவற்றைச் சூழ்ந்து மெல்லிய சவ்வும் காணப்பட்டது. இந்தச் சவ்வு, நியூக்ளியோ புரதத்தை பிற செல் உட்பொருள்களிலிருந்து பிரித்தது. இவ்வகை செல்கள் புரோடிஸ்டா (Protista) என அழைக்கப்பட்டன. காலப்போக்கில் கடலில் காணப்பட்ட இயற்கையான உணவு வளங்கள் குறைந்ததனால் மொனிரா மற்றும் புரோடிஸ்டா முன்னோடி செல்கள், உணவைப் பெறுவதற்கான பிற வழிமுறைகளை உருவாக்க வேண்டியதாயிற்று. அவ்வகையில் ஒட்டுண்ணி வகை, சாறுண்ணி வகை, கொன்றுண்ணி மற்றும் வேதிச்சேர்க்கை அல்லது ஒளிச் சேர்க்கை வகை உணவூட்ட முறைகள் தோன்றின. ஒளிச்சேர்க்கை செய்யும் உயிரினங்கள் அதிகரித்ததால் கடலிலும் வளிமண்டலத்திலும் தனித்த தனித்த O₂ அளவு அதிகரித்தது.



- வளிமண்டலத்தில் உள்ள ஆக்சிஜன், மீத்தேன் மற்றும் அம்மோனியாவுடன் இணைந்து கார்பன் டை ஆக்சைடு மற்றும் தனித்த நைட்ரஜனை உருவாக்கியது. வளிமண்டலத்தில் காணப்பட்ட தனித்த ஆல் காற்று சுவாச முறை பரிணாமம் ஏற்பட்டது. இச்சுவாச முறையால் உணவுப் பொருட்கள் ஆக்சிகரணம் அடைந்து அதிக அளவு ஆற்றல் உருவாகி இருக்கக் கூடும். இதனால் புரோகேரியோட் மற்றும் யூகேரியோட்டுகள் உருவாகின.

உயிரினத் தோற்றம் குறித்த சோதனை அணுகுமுறை:

- யூரே மற்றும் மில்லர் (1953) ஆகியோர் கரிம மூலக்கூறுகள் எவ்வாறு உருவாகியிருக்கக் கூடும் என்றும் அவற்றிலிருந்து உயிரினங்கள் எவ்வாறு தோன்றியிருக்கலாம் என்பதையும் புரிந்து கொள்ள வழி ஏற்படுத்திக் கொடுத்தனர். அவர்களின் சோதனையில் வாயுக்களின் கலவையானது. டங்ஸ்டனாலான மின்முனைகளிலிருந்து வெளியேறும் மின்னோட்டத்தின் வழியாகச் சுற்றி வருமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. சிறிய குடுவையில் உள்ள நீர் தொடர்ச்சியாக கொதிக்க வைக்கப்படுவதால் வெளியேறும் நீராவி பெரிய குடுவையில் உள்ள வாயுக்களின் கலவையில் (அம்மோனியா, மீத்தேன் மற்றும் நைட்ரஜன்) கலக்கிறது. நீராவி பின்பு குளிர்விக்கப்பட்டு நீராக மாறி 'U' வடிவக் குழாய் வழியே செல்கிறது. தொடர்ந்து ஒருவார காலம் இச்சோதனை மேற்கொள்ளப்பட்டு அதில் உள்ள திரவம் ஆய்வு செய்யப்பட்டது. இத்திரவத்தில் கிளைசின், அலனைன், பீட்டா அலனைன் மற்றும் அஸ்பார்டிக் அமிலம் போன்ற பொருட்கள் கண்டறியப்பட்டன. இவ்வாறு யூரே மற்றும் மில்லர் சோதனை, உயிரின் உயிர் தோன்றல் முறையில் அதிக அளவிலான பல்வகை கரிம மூலக்கூறுகள் இயற்கையில் எவ்வாறு உருவாகியிருக்கக் கூடும் என்பதை விளக்குகிறது. இவர்களது சோதனையில் மீத்தேன் வாயு மட்டுமே கார்பனுக்கான மூலமாக இருந்தது. பின்னர் மேற்கொள்ளப்பட்ட இது போன்ற சோதனைகளில் அனைத்து வகை அமினோ அமிலங்கள் மற்றும் நைட்ரஜன் காரங்கள் உருவாவது கண்டறியப்பட்டது.

உயிரியப் பரிணாமத்திற்கான சான்றுகள்:

தொல்லுயிரிய சான்றுகள்:

- தொல்லுயிரியல் என்பது புதைபடிவங்கள் மூலமாக வரலாற்றுக்கு முந்தைய உயிரினங்களை ஆய்வு செய்வது ஆகும். பரிணாமத்தின் உண்மையான சாட்சிகள் அல்லது பரிணாமத்தின் பல்வேறு புவியியல் அடுக்குகளுக்கான ஆவணங்களாக புதைபடிவங்கள் கருதப்படுகின்றன. பூமியின் படிவப் பாறைகளில் தாவரங்கள் அல்லது விலங்குகளின் எச்சங்கள் பாதுகாக்கப்படுதல் புதைபடிவமாக்கம் எனப்படும். இவற்றில் மூன்று முக்கிய வகைகள் உள்ளன.

1. எஞ்சிய உடல் பகுதிகள் (Actual Remains):

- விலங்குகளின் மிகக் கடினமான உடல் பகுதிகளான எலும்புகள், பற்கள் அல்லது ஓடுகள் ஆகியவை பூமியின் அடுக்குகளில் மாற்றமில்லாமல் அப்படியே பாதுகாக்கப்படுகின்றன. இது புதைபடிவமாக்கலில் அதிகம் காணப்படும் முறை ஆகும். கடல் வாழ் விலங்குகள் இறந்தபின் அவற்றின் கடினமான பகுதிகளான எலும்புகள், ஓடுகள் போன்றவை படிவுகளால் மூடப்பட்டு மேலும்

சேதமடையாமல் பாதுகாக்கப்படுகின்றன. கடல் நீரில் உள்ள உப்புத்தன்மையால் அவை கெடாமல் பாதுகாக்கப்படுகின்றன. படிவுகள் கடினமாகி அவ்விலங்கினப் பகுதியின் மேற்புறம் உறைபோல் அல்லது அடுக்குகளாகப் படிகிறது. எடுத்துக்காட்டாக 22 ஆயிரம் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு வாழ்ந்த கம்பளி மாம்பூத் யானைகள் சைபீரியாவின் உறைந்த கடற்கரைப் பகுதியில் முழு உடலும் படிவமாக மாறி பாதுகாக்கப்பட்டிருந்தது.

- பொம்பெய் என்ற பழங்கால நகரத்தில், வெசுவியஸ் எரிமலை வெடித்த போது வெளியேற்றப்பட்ட எரிமலைச் சாம்பலில் சில மனிதர்கள் மற்றும் விலங்குகளின் உடல்கள் முழுமையாக பாதுகாக்கப்பட்டிருந்தன.

2. கல்லாதல் (Petrifaction):

- விலங்குகள் இறந்த பின்னர் அவற்றின் உண்மையான உடல் பகுதிகளின் மூலக்கூறுகள், தாது உப்புகளின் மூலக்கூறுகளால் பதிலீடு செய்யப்படுகின்றன. மேலும் அவற்றின் மூல உடல் பகுதிகள், சிறிது சிறிதாக அழிந்து விடுகின்றன. இம்முறையிலான புதைபடிவமாக்கல் முறை கல்லாதல் எனப்படும். இம்முறையிலான புதைபடிவமாக்கல் முறையில் இரும்பு பைரைட்டுகள், சிலிகா, கால்சியம் கார்பனேட் மற்றும் கால்சியம் மற்றும் மெக்னீசியத்தின் பைகார்பனேட்டுகள் போன்ற முக்கிய தாது உப்புகள் பெரும் பணியாற்றுகின்றன.

3. இயற்கையான அச்சுகளும் வார்ப்புகளும்:

- இறந்த விலங்குகளின் உடல்கள் படிப்படியாக சிதைந்த பின்பும், அவற்றின் உடல் மென்மையான சேறு போன்ற பகுதியில் அழியாத பதிவை உருவாக்குகின்றன. இப்பதிவு பின்பு கடினமாகி கல்லாக மாறுகிறது. இவ்வகைப் பதிவுகள் அச்சுகள் எனப்படும். இந்த அச்சுகளின் உட்புறம் உள்ள குழிகள் தாது உப்புகளால் நிரப்பப்பட்டு படிவமாக மாறுகின்றன. இவை வார்ப்புகள் எனப்படும். விலங்குகளின் கடினமாக்கப்பட்ட மலப்பொருட்கள், கோப்ரோலைட்டுகள் (Coprolites) எனும் சிறு உருண்டைகளாக காணப்படுகின்றன. இந்த கோப்ரோலைட்டுகளை ஆய்வு செய்வதால் வரலாற்றுக்கு முந்தைய காலத்தில் வாழ்ந்த விலங்குகளின் உணவுப் பழக்கத்தினை அறிந்து கொள்ளலாம்.

ஒப்பீட்டு உள்ளமைப்பியல் சான்றுகள்:

- வெவ்வேறு உயிரினத் தொகுப்புகளின் அமைப்பில் காணப்படும் ஒற்றுமைகள் அவற்றுக்கிடையே உள்ள தொடர்பை சுட்டிக்காட்டுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக வெவ்வேறு முதுகெலும்பி விலங்குகளின் முன்னங்கால்கள் குறித்த ஒப்பீட்டு ஆய்வு அவற்றின் அமைப்பில் உள்ள ஒற்றுமையைக் குறிக்கிறது. இத்தகைய தொடர்பை, அமைப்பொத்த உறுப்புகள். செயலொத்த உறுப்புகள், எச்ச உறுப்புகள், இணைப்பு உயிரிகள் மற்றும் முதுமரபு உறுப்பு மீட்சி (Atavism) ஆகிய தலைப்புகளில் அறியலாம்.

அமைப்பொத்த உறுப்புகள் (Homologous Structures):

- முதுகெலும்பிகளின் முன்னங்கால்கள் மற்றும் பின்னங்கால்கள் குறித்த ஒப்பீட்டு உடற்கூறியல் ஆய்வுகள், அவையனைத்தும் ஒரே அடிப்படை வரைவியைக் கொண்டிருக்கிறது என்பதைக் காட்டுகிறது. வெவ்வேறு முதுகெலும்பிகளின் முன்னங்கால்களின் அடிப்படை அமைப்பில், ஒற்றுமைகள் காணப்படுகின்றன. அவையனைத்தும் மேற்கை எலும்பு, ஆர எலும்பு, அல்னா, மணிக்கட்டு எலும்புகள், உள்ளங்கை எலும்புகள் மற்றும் கைவிரல் எலும்புகள் போன்ற ஒரே விதமான எலும்புகளால் ஆக்கப்பட்டுள்ளன.
- உருவாக்கத்தில் ஒரே மாதிரியாக அமைந்து ஆனால் வெவ்வேறு செயல்களை செய்யக்கூடிய உறுப்புகள் அமைப்பொத்த உறுப்புகள் எனப்படும். இவை விரி பரிணாமத்தை (Divergent Evolution) ஏற்படுத்தக்கூடியவை.
- இதே போல் காகிதப் பூவில் (Bougainvillea) உள்ள முட்கள் மற்றும் சுரை (Curcubita) மற்றும் பட்டாணியில் (Pisum Sativum) காணப்படும் பற்றுக் கம்பிகள் அமைப்பொத்த உறுப்புகளாக உள்ளன. காகிதப் பூவில் உள்ள முட்கள் அவற்றை மேய்ச்சல் விலங்குகளிலிருந்து பாதுகாக்கின்றன. சுரை மற்றும் பட்டாணியில் (Pisum sativum) உள்ள பற்றுக் கம்பிகள் பற்றிப் படர உதவுகின்றன.

செயலொத்த உறுப்புகள் (Analogous Structures):

- அமைப்பு அடிப்படையில் வேறுபட்டிருந்தாலும் ஒரேவிதமான செயலைச் செய்யக் கூடிய உறுப்புகள், செயலொத்த உறுப்புகள் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக பறவைகள் மற்றும் பூச்சிகளின் இறக்கைகள் வெவ்வேறு தோற்ற அமைப்பைப் பெற்றிருந்தாலும் அவை “பறத்தல்” என்ற ஒரே செயலைச் செய்கின்றன. இது குவி பரிணாமத்திற்கு (Convergent Evolution) வழிகோலுகிறது.
- பாலூட்டி மற்றும் ஆக்டோபஸ் ஆகியவற்றின் கண்கள் மற்றும் பெங்குவின் மற்றும் டால்பின்களில் காணப்படும் தசையாலான அகலத் துடுப்புகள் (Flippers) ஆகியவை செயலொத்த உறுப்புகளுக்குப் பிற எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும். சீனிக் கிழங்கில் வேர் மாற்றுரு மற்றும், உருளைக் கிழங்கின் தண்டின் மாற்றுரு ஆகியவை செலலொத்த உறுப்புகள் ஆகும். இரண்டு தாவரங்களிலும் இவை “உணவு சேமிப்பு” என்ற பொதுவான செயலை மேற்கொள்கின்றன.

எச்ச உறுப்புகள் (Vestigial Organs):

- ஒரு சில உறுப்புகளால் அவற்றைப் பெற்றுள்ள உயிரினங்களுக்கு எந்தப் பயனும் இல்லை. மேலும் உயிரிகளின் உயிர்வாழ்க்கைக்கும் அவை தேவையற்றவை. இவையே எச்ச உறுப்புகள் எனப்படும்.
- உயிரினங்களில், உறுப்புகளின் மீதங்களாகக் கருதப்படுகின்ற எச்ச உறுப்புகள் அவற்றின் முதலாதி உயிரினங்களில் நன்கு வளர்ச்சி பெற்றுச், செயல்படும் உறுப்புகளாக இருந்திருக்கக்கூடும். ஆனால் பயன்படுத்தப்படாத காரணத்தால் பரிணாமத்தின் போக்கில் அவை மறைந்திருக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக மனிதனின் குடல்வால், பெருங்குடல் பிதுக்கத்தின் எஞ்சிய பகுதி ஆகும். இவை

முயல் போன்ற தாவர உண்ணிகளில் செயல்படும் உறுப்புகளாக உள்ளன. இவற்றின் பெருங்குடல் பிதுக்கப்பகுதியில் செல்லுலோஸ் செரித்தல் நிகழ்ச்சி நடைபெறும். மனித உணவில் செல்லுலோஸின் தேவை குறைந்ததால் பெருங்குடல் பிதுக்கம் செயலிழந்து அளவில் குன்றி புழுப்போன்ற குடல்வால் என்னும் எச்ச உறுப்பாக மாறியது. வால் முள்ளெலும்பு, அறிவுப்பற்கள், காதில் உள்ள தசைகள், உடல் உரோமங்கள், ஆண்களில் மார்பகம் மற்றும் கண்களில் உள்ள நிக்டிடிடிங் சவ்வு போன்றவை மனிதனில் காணப்படும் பிற எச்ச உறுப்புகளாகும்.

இணைப்பு உயிரிகள் (Connecting Links):

- இரண்டு மாறுபட்ட தொகுப்பைச் சேர்ந்த உயிரினங்களின் பண்புகளையும் ஒருங்கே பெற்றுள்ள உயிரினங்கள் இணைப்பு உயிரிகள் எனப்படும். எ.கா. பெரிபேட்டஸ் (வளைத்தசைப் புழுக்கள் மற்றும் கணுக்காலிகள் தொகுதிகளை இணைக்கும் உயிரி). ஆர்க்கியோப்டெரிக்ஸ் (ஊர்வன மற்றும் பறவைகளை இணைக்கும் உயிரி).

முது மரபு உறுப்புகள் மீட்சி (Atavistic Organs):

- நன்கு பரிணாமம் பெற்ற உயிரினங்களில், திடீரென எச்ச உறுப்புகள் வெளித் தோன்றுவது முது மரபு உறுப்பு மீட்சி எனப்படும். எ.கா. மனிதனில் வளர்கருவில் வால் இருப்பது முது மரபு உறுப்பு மீட்சி ஆகும்.

கருவியல் சான்றுகள் (Embryological Evidences):

- கருவியல் என்பது கருமுட்டையிலிருந்து முழு உயிரினம் வளர்ச்சி அடைவதைப் படிக்கும் அறிவியல் பிரிவு ஆகும். வெவ்வேறு உயிரினங்களின் கரு வளர்ச்சியை கவனமாக ஆராயும் போது, அவற்றுக்கிடையே கருவளர்ச்சி நிலைகளிலும், வடிவங்களிலும் ஒற்றுமை இருப்பது உணரப்படுகிறது.
- அனைத்து முதுகெலும்பிகளிலும் இதயத்தின் கருவளர்ச்சி ஒரே முறையில் நடைபெறுகிறது. இவையனைத்திலும் ஓரிணைக் குழல் போன்ற அமைப்பு தோன்றி பின்னர் இவ்வமைப்பு மீன்களில் இரண்ட அறைகளையுடைய இதயமாகவும், இருவாழ்விகளிலும், பெரும்பாலான ஊர்வனவற்றிலும் மூன்று அறைகளை உடைய இதயமாகவும், முதலை, பறவைகள் மற்றும் பாலூட்டிகளில் நான்கு அறைகளை உடைய இதயமாகவும் வளர்ச்சி அடைகிறது. அனைத்து முதுகெலும்பிகளுக்கும் பொதுவான மூதாதை உயிரினம் இருந்ததை இவ்வொற்றுமை காட்டுகிறது.
- இதனால், 19ம் நூற்றாண்டைச் சேர்ந்த அறிவியல் அறிஞர்கள், உயர்நிலை விலங்குகள் தமது கரு வளர்ச்சியின் போது கீழ்நிலை விலங்குகளின் (மூதாதையர்கள்) கருவளர்ச்சி நிலைகளைக் கடப்பதாகக் கருதினர். எர்னஸ்ட் வான் ஹேக்கல் உயிர்வழித் தோற்ற விதி (உயிர் மரபியல் விதி) (Biogenetic Law) அல்லது தொகுத்துரைக் கோட்பாட்டை (Recapitulation Theory) உருவாக்கினார். இதன் படி ஒரு தனி உயிரினத்தின் வாழ்க்கை சுழற்சி (தனி உயிரி வளர்ச்சி) (Ontogeny) அவ்வயிரியின் இனவரலாற்றைத் (Phylogeny) தொகுத்துரைக்கிறது. இதனை “ஒரு தனி உயிரியின் கரு வளர்ச்சி அதன் இன

வரலாற்றை தொகுத்துரைக்கிறது” (Ontogeny Recapitulates Phylogeny) எனலாம். உயர்நிலை விலங்குகளின் கரு வளர்ச்சி நிலைகள், அதன் மூதாதை விலங்குகளின் முதிர் உயிரியைப் போல உள்ளன. மனித கருவளர்ச்சியின் போது தோன்றும் தொண்டை செவுள் பிளவுகள், கரு உணவுப் பை மற்றும் வால் ஆகியவற்றை இதற்கு எடுத்து காட்டுகளாகக் கூறலாம்.

- உயிர் மரபியல் விதி அனைத்து உயிரினங்களுக்கும் பொருந்துவதில்லை. விலங்குகளின் கருவளர்ச்சி நிலைகள் அதன் மூதாதையர்களின் முதிர் உயிர்களைப் போல இருப்பதில்லை என இப்போது நம்பப்படுகிறது. மனிதக் கரு வளர்ச்சியின் போது மூதாதை விலங்குகளின் கரு வளர்ச்சி நிலைகளை மட்டுமே காட்டுகின்றனவே தவிர அவை முதிர் உயிரியைப் போன்றிருப்பதில்லை.
- பல்வேறு உயிரினங்களின் கருக்களுக்கிடையேயான ஒப்பீட்டு ஆய்வு, அவற்றின் அமைப்பிலுள்ள ஒற்றுமையைக் காட்டுகின்றன. மீன், சலமான்டர், ஆமை, கோழி மற்றும் மனிதக் கருக்கள் ஒற்றைச் செல்லான கருமுட்டையில் துவங்கி பிளத்தல் முறையில் பல்கிப் பெருகி, கருக்கோளமாகி பின்பு மூவருக்கு கருக்கோளமாக மாற்றம் அடைகின்றன. மேற்கூறிய இப்பண்பு அனைத்து விலங்குகளும் பொதுவான மூதாதையிடமிருந்து தோன்றியிருப்பதையே காட்டுகிறது.

மூலக்கூறு சான்றுகள்:

- அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளில் டி.என்.ஏ. மற்றும் ஆர்.என்.ஏ. போன்ற மூலக்கூறுகள் மற்றும் புரதங்களின் வரிசை அமைப்பில் ஏற்படும் மாற்றங்களையே மூலக்கூறு பரிணாமம் குறிக்கிறது. மூலக்கூறுகளின் அமைப்பில் ஏற்படும் மாற்றங்களை விளக்க பரிணாம உயிரியல் மற்றும் இனக்கூட்ட மரபியல் கோட்பாடுகள் பயன்படுகின்றன.
- உயிரினங்களின் வாழ்வியல் நிகழ்வுகளைக் கட்டுப்படுத்தும் புரதங்கள் மற்றும் பிற மூலக்கூறுகளை சிற்றினங்களிடையே பாதுகாக்க முடிவது மூலக்கூறு உயிரியல் பிரிவின் பயனுள்ள வளர்ச்சி ஆகும். பாதுகாக்கப்பட்ட இம்மூலக்கூறுகளில் (DNA, RNA மற்றும் புரதங்கள்) காலப்போக்கில் ஏற்படும் ஒரு சிறிய மாற்றம் “மூலக்கூறு கடிகாரம்” (Molecular Clock) என அழைக்கப்படுகிறது. பரிணாமம் குறித்த ஆய்வுகளில் பயன்படும் மூலக்கூறுகள் சைட்டோகுரோம் - சி (சுவாச வழிப்பாதை) மற்றும் ரைபோசோம் ஆர்.என்.ஏ. (புரதச் சேர்க்கை) ஆகியவை ஆகும்.

உயிரியல் பரிணாமக் கோட்பாடுகள் லாமார்க்கின் கோட்பாடு:

- ஜீன் பாப்டிஸ்ட் டி லாமார்க் என்பவர் தான் முதன் முதலாக பரிணாமக் கோட்பாட்டினை தனது புகழ்வாய்ந்த “விலங்கியல் தத்துவம்” (Philosophic Zoologique) (1809) என்ற நூலில் குறிப்பிட்டுள்ளார். லாமார்க் கோட்பாட்டின் இரண்டு முக்கியக் கொள்கைகள்.

1. பயன்படு மற்றும் பயன்படாக் கோட்பாடு:

- அடிக்கடிப் பயன்படுத்தப்படும் உறுப்புகள் அளவில் பெரிதாகின்றன. அதே வேளையில் பயன்படுத்தப்படாத உறுப்புகள் சிதைந்து அழிகின்றன. ஒட்டகச் சிவிங்கியின் கழுத்து, பயன்படு விதிக்கும் மற்றும் பாம்புகளில் கால்கள் இல்லாத தன்மை பயன்படா விதிக்கும் எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும்.

2. பெறப்பட்ட பண்புகள் மரபு கடத்தல் கோட்பாடு:

- ஒரு உயிரினத்தின் வாழ்நாளின் போது உருவாக்கப்படும் பண்புகள், பெறப்பட்ட பண்புகள் எனப்படும். இப்பண்புகள் அடுத்த தலைமுறைக்கு கடத்தப்படுகின்றன.

லாமார்க் கோட்பாட்டிற்கான எதிர் கருத்துகள்:

- ஆகஸ்ட் வீஸ்மான் என்பவர் லாமார்க்சின் பெற்றபண்புகள் கடத்தப்படுதல் கோட்பாட்டினைத் தவறென்று நிரூபித்தார். இவர், தனது சோதனையில் தொடர்ந்து இருபது தலைமுறைகளாக சுண்டெலிகளின் வாலினைத் துண்டித்து பின்னர் இனப்பெருக்கத்தில் ஈடுபடுத்தினார். முடிவில் அனைத்து சுண்டெலிகளும் முழுமையான வாலுடனே பிறந்தன. இதன் மூலம் உடல் செல்களில் ஏற்படும் மாற்றம் அடுத்த தலைமுறைக்குக் கடத்தப்படாது என்றும், இனப்பெருக்க செல்களில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் மட்டுமே மரபுக்கடத்தலுக்கு உரியன என்றும் வீஸ்மான் நிரூபித்தார்.

புதிய – லாமார்க்கியம்:

- லாமார்க் கோட்பாட்டை ஆதரிக்கும் (புதிய லாமார்கியர்கள்) கோப், ஆஸ்பர்ன், பக்கார்ட் மற்றும் ஸ்பென்சர் போன்றோர். இக்கோட்பாட்டினை அறிவியல் அடிப்படையில் விளக்க முயன்றனர். அனைத்து உயிரினங்களும் சூழலுக்கேற்ப தங்களைத் தகவமைத்துக் கொள்ளும் என்பது பொதுவானது எனக் கருதினர். சுற்றுச்சூழலில் மாற்றங்கள் ஏற்படும்போது அதற்கேற்ப தங்களைத் தகவமைத்துக் கொள்வதற்காக புதிய பண்புகளை உயிரினங்கள் பெற்றுக் கொள்கின்றன. புறச் சூழலில் ஏற்படும் மாற்றம் அவற்றின் உடல் செல்களைத் தூண்டி சில “சுரப்புகளைச் சுரக்க வைக்கின்றன. இவை இரத்தத்தின் மூலமாக இனச் செல்களை அடைந்து அடுத்த சேய் உயிரினங்களில் மாற்றங்களை ஏற்படுத்துகின்றன.

டார்வினின் இயற்கைத் தேர்வு கோட்பாடு:

- சார்லஸ் டார்வின் தனது பரிணாமக் கோட்பாட்டை “இயற்கைத் தேர்வு வழி சிற்றினத் தோற்றம்” என்ற நூலில் விளக்கியுள்ளார். இவர் உலகின் பலபகுதிகளில் பயணம் மேற்கொண்டு, தாவரங்கள் மற்றும் விலங்குகளைக் குறித்து விரிவாக ஆய்வு செய்தார். அவர் உயிரினங்களுக்கிடையே பல்வேறு வகையான மாற்றம் குறிப்பிடத்தக்க ஒற்றுமைகள் காணப்படுவதையும், அவை சூழலுக்கேற்ப பொருத்தமான தகவமைப்புகளைப் பெற்றிருப்பதையும் கண்டறிந்தார். அவ்வாறு தகுதி பெற்ற உயிரினங்கள் தகுதிபெறாத உயிரினங்களைவிட நன்கு வாழும் என்றும், அவை அதிக வாரிசு உயிரிகளை உருவாக்கும் என்றும், இதற்கு இயற்கை தெரிந்தெடுத்தல் ஒரு காரணம் என்றும் நிரூபித்தார்.
- டார்வின் கோட்பாடு, பல்வேறு உண்மைகள், கருத்துக்கள் மற்றும் தாக்கங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டதாகும். அவையாவன,

1. மிகை இனப்பெருக்கம் (அல்லது) அளவற்ற பிறப்பித்தல் திறன்

- அனைத்து உயிரினங்களும் தன் இனக்கூட்டத்தை அதிக எண்ணிக்கையில் பெருக்கமடையச் செய்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, சால்மன் மீன்கள் இனப்பெருக்க காலத்தில் சுமார் 28 மில்லியன் முட்டைகளை இடுகின்றன. அவற்றின் அனைத்து முட்டைகளும் பெரித்தால் சில தலைமுறைகளிலேயே கடல் முழுதும் சால்மன் மீன் நிறைந்து காணப்படும். மிகக்குறைவான இனப்பெருக்கத்திறன் உடைய யானை, தனது வாழ்நாளில் 6 குட்டிகளை மட்டுமே ஈனும். தடையேதும் ஏற்படாத நிலையில் ஏறத்தாழ 750 ஆண்டுகளில் 6 மில்லியன் வாரிசுகளை யானை உருவாக்கியிருக்கும்.

2. வாழ்க்கைப் போராட்டம்:

- உயிரினங்கள், உணவு, இருப்பிடம் மற்றும் இனப்பெருக்கத் துணைக்காகப் போராடுகின்றன. இவை கட்டுப்படுத்தும் காரணிகளாக மாறும் நிலையில் இனக்கூட்ட உறுப்பினர்களுக்கிடையே போட்டி ஏற்படுகிறது. டார்வின் இப்போராட்டங்களை மூன்று வழிகளில் விளக்குகிறார்.
- சிற்றினங்களுக்குள்ளான போராட்டம் - ஒரே சிற்றினத்தைச் சேர்ந்த உயிரினங்களுக்கிடையே உணவு, இருப்பிடம் மற்றும் இனப்பெருக்கத் துணைக்காக ஏற்படும் போராட்டம்.
- சிற்றினங்களுக்கிடையேயான போராட்டம் - வெவ்வேறு சிற்றினங்களுக்கிடையே உணவு மற்றும் இருப்பிடத்திற்கான போராட்டம்.
- சுற்றுச்சூழலுடன் போராட்டம் - காலநிலை வேறுபாடு, வெள்ளம், நிலநடுக்கம், வறட்சி மற்றும் பல சூழல் காரணிகளுடன் இணக்கமாவதற்கான போராட்டம்
- எந்த இரண்டு உயிரினங்களும் ஒன்று போல் இருப்பதில்லை. உருவமொத்த இரட்டையர்களிடையே கூட வேறுபாடுகள் காணப்படும். ஒரே பெற்றோருக்குப் பிறக்கும் குழந்தைகள் கூட நிறம், உயரம், பழக்க வழக்கங்கள் போன்ற பண்புகளால் வேறுபட்டுள்ளனர். விலங்குகளில் தோன்றும் பயனுள்ள மாறுபாடுகள், அவற்றை அவதிகளிலிருந்து மீட்க உதவுகின்றன. இப்பண்புகள் அடுத்த தலைமுறைக்குக் கடத்தப்படுகின்றன.

இயற்கைத் தேர்வு வழி சிற்றினத் தோற்றம்:

- டார்வின் கூற்றுப்படி இயற்கையே மிகச் சிறந்த தேர்ந்தெடுக்கும் சக்தி ஆகும். சிறிய தனிமைப்படுத்தப்பட்ட குழு உயிரினங்களில், இயற்கைத் தேர்வு காரணமாக புதிய சிற்றினம் தோன்றுவதை டார்வின் ஒப்பிடுகிறார். வாழ்வதற்கான போராட்டமே, தகுதி வாய்ந்த உயிரினங்கள் தப்பிப் பிழைப்பதற்கான காரணம் என்று அவர் கருதினார். அவ்வகை உயிரினங்கள் மாறுபட்ட சூழ்நிலைக் கேற்ப வாழ தன்மைத் தகவமைத்துக் கொள்கின்றன.

டார்வினியத்திற்கான எதிர்கருத்துக்கள்:

- டார்வினியக் கோட்பாட்டிற்கு எதிராக எழுந்த சில எதிர்கருத்துக்கள்:
- மாறுபாடுகள் தோன்றும் முறை குறிந்து டார்வின் சரியாக விளக்கவில்லை.
- தகுதியுடைய பிழைத்தல் என்பதை மட்டும் டார்வினியம் விளக்குகிறது. ஆனால் விலங்குகள் அத்தகுதியை எவ்வாறு பெறுகின்றன என்பதை விளக்கவில்லை.
- பெரும்பாலும் அடுத்த தலைமுறைக்குக் கடத்தப்படாத சிறு மாறுபாடுகளை மட்டுமே டார்வின் கவனத்தில் கொண்டார்.
- உடல் செல் மற்றும் இனப்பெருக்க செல்களில் ஏற்படும் மாற்றங்களை அவர் வேறுபடுத்தவில்லை.
- எச்ச உறுப்புகள், அழிந்துவிட்டன மாம்முத் யானைகளின் நீளமான தந்தங்கள் மற்றும் அயர்லாந்து மான்களின் நீளமான கொம்புகள் போன்ற அளவுக்கதிமாக சிறப்புப் பெற்றிருத்தல் குறித்து டார்வின் விளக்க முற்படவில்லை.

புதிய டார்வினியம்:

- இயற்கைத் தேர்வு வழியாக பரிணாமம் நடைபெறுகிறது என்னும் டார்வினிய கோட்பாட்டிற்கான புதிய விளக்கங்களே புதிய டார்வினியம் எனப்படும். ஏனெனில், டார்வினியக் கோட்பாடு அது தோன்றிய காலத்திலிருந்து பல்வேறு மாற்றங்களைச் சந்தித்தது. பரிணாமம் குறித்த புதிய உண்மைகள் மற்றும் அறிவியல் கண்டுபிடிப்புகள் ஆகியவற்றின் அடிப்படையில் டார்வினியம் பல்வேறு மாற்றங்களைப் பெற்றது. மேலும் வால்ஸ், ஹென்ரிச், ஹேக்கல், வீஸ்மேன் மற்றும் மென்டல் ஆகியோர் இக்கோட்பாட்டினை ஆதரித்தனர். திடீர் மாற்றம், மாறுபாடுகள், தனிமைப்படுத்தல் மற்றும் இயற்கைத் தேர்வு காரணமாக ஒரு இனக் கூட்டத்தின் மரபணு நிகழ்வெண்களில் ஏற்படும் மாறுபாடுகளை இக்கோட்பாடு வலியுறுத்துகிறது.

திடீர் மாற்றக் கோட்பாடு:

- திடீர் மாற்றக் கோட்பாட்டை முன் வைத்தவர் ஹிகோ டி விரிஸ் ஆவார். திடீர் மாற்றம் என்பது உயிரினங்களில் ஏற்படும் உடனடியான சீரற்ற மற்றும் மரபுகடத்தலில் பங்கேற்காத மாற்றங்கள் ஆகும். ஹிகோ டி விரிஸ், அந்தி மந்தாரை (ஈனோதீரா லாமார்க்கியானா) தாவரத்தில் ஆய்வு மேற்கொண்டு, அதில் திடீர் மாற்றம் காரணமாக ஏற்பட்ட மாறுபாடுகளைக் கண்டறிந்தார்.
- பெரிய மற்றும் உடனடியாக ஏற்படும் மாறுபாடுகள் மட்டுமே புதிய சிற்றினம் தோன்றுவதற்குக் காரணம் என்பது டி விரிஸ் கருத்தாகும். ஆனால் லாமார்க் மற்றும் டார்வின் ஆகியோர் உயிரினங்களில் ஏற்படும் படிப்படியான மாறுபாடுகள் அனைத்தும் ஒன்று சேர்ந்து புதிய சிற்றினம் உருவாகக் காரணமாகிற்று என்று நம்பினர்.

திலர் மாற்றக் கோட்பாட்டின் சிறப்புப் பண்புகள்:

- திலர் மாற்றம் அல்லது தொடர்ச்சியற்ற மாறுபாடுகள் அடுத்த தலைமுறைக்குக் கடத்தப்படும் தன்மை கொண்டது.
- இயற்கையாக இனப்பெருக்கம் செய்யும் இனக்கூட்டத்தில் அவ்வப்போது திலர் மாற்றங்கள் ஏற்படும்.
- திலர் மாற்றம் முழுமையான நிகழ்வு ஆதலால் இடைப்பட்ட உயிரினங்கள் காணப்படாது.
- திலர் மாற்றம் இயற்கைத் தேர்வுக்கு உட்பட்டது ஆகும்.

நவீன உருவாக்கக் கோட்பாடு (Modern Synthetic Theory):

- சீவால் ரைட், ஃபிஷ்ஷர், மேயர், ஹக்ஸ்லே போப்சான்க்கி, சிம்ஸ்சன் மற்றும் ஹேக்கல் போன்றோர் டார்வினுக்குப் பந்தைய கண்டுபிடிப்புகளின் அடிப்படையில் இயற்கைத் தேர்வுக் கோட்பாட்டை விளக்கினர். இக்கோட்பாட்டின்படி மரபணு திலர்மாற்றம், குரோமோசோம் பிறழ்ச்சி, மரபணு மறுசேர்க்கை, இயற்கைத் தேர்வு மற்றும் இனப்பெருக்க ரீதியாக தனிமைப்படுத்துதல் ஆகிய ஐந்து அடிப்படை காரணிகள் கரிமப் பரிணாம நிகழ்வுக்குக் காரணமாகின்றன.
1. **மரபணு திலர்** மாற்றம் என்பது மரபணுக்களின் அமைப்பில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் ஆகும். இது மரபணு திலர் மாற்றம் / புள்ளி திலர் மாற்றம் என்றும் அழைக்கப்படும். இது உயிரினங்களின் புறத் தோற்றங்களை மாற்றியமைத்து அவற்றின் சேய் உயிரிகளில் மாறுபாடுகளை உருவாக்குகிறது.
 2. **குரோமோசோம் பிறழ்ச்சி** என்பது நீக்கம், சேர்த்தல், இரட்டிப்பாக்கம், தலைகீழாக்கம் மற்றும் இடமாற்றம் காரணமாக குரோமோசோம் அமைப்பில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் ஆகும். இவையும் உயிரினங்களின் புறத் தோற்றங்களை மாற்றியமைத்து அவற்றின் சேய் உயிரிகளில் மாறுபாடுகளை உருவாக்குகின்றன.
 3. **மரபணு மறுசேர்க்கை** என்பது குன்றல் பிரிதலின் போது ஏற்படும் குறுக்கெதிர் மாற்றத்தால் நிகழ்கிறது. இவை ஒரு சிற்றினத்தைச் சேர்ந்த உயிரினங்களில் மரபணு மாற்றங்களை உருவாக்குகின்றன. இம்மாற்றங்கள் அடுத்த தலைமுறைக்கு கடத்தப்படும்.
 4. **இயற்கைத் தேர்வு** எந்த வித மரபணு மாறுபாடுகளையும் தோற்றுவிப்பதில்லை. ஆனால் தேர்வு சக்தி சில மரபணு மாற்றங்களை மட்டுமே உயிரினங்களில் அனுமதிக்கிறது. மற்றவை நிராகரிக்கப்படுகின்றன. (பரிணாமத்திற்கான உந்து சக்தி).
 5. இனப்பெருக்க ரீதியாக தனிமைப்படுத்துதல் முறைகள் தொடர்புடைய உயிரினங்களுக்கிடையே இனப்பெருக்கம் நடைபெறுவதைத் தடுக்கிறது.

மனித இனத்தால் உருவாகும் பரிணாமம்:

இயற்கைத் தேர்வு (தொழிற்சாலை மெலானினாக்கம்):

- இயற்கைத் தேர்வு நடைபெறுவதை “தொழிற்சாலை மெலானின் ஆக்கம்” மூலம் தெளிவாக விளக்க முடியும். கரும்புள்ளி அந்திப்பூச்சி (பிஸ்டன் பெட்டுலேரியா) யில் காணப்படும் தொழிற்சாலை மெலானின் ஆக்கம் இயற்கைத் தேர்வுக்கான மிகச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டாகும். இவை, வெள்ளை மற்றும் கருப்பு ஆகிய இரண்டு நிறங்களில் காணப்பட்டன.
- இங்கிலாந்தில் தொழில் மயமாக்கலுக்கு முன்பு வெள்ளை மற்றும் கருப்புநிற அந்திப்பூச்சிகள் இரண்டுமே பரவலாகக் காணப்பட்டன. தொழில்மயமாக்கலுக்கு முன்பு கட்டிடங்களின் வெள்ளை நிற சுவரின் பின்புலத்தில் வெள்ளை நிற அந்திப்பூச்சிகள் கொண்டு எண்ணிகளிடமிருந்து எளிதில் தப்பித்தன. தொழில்மயமாக்கலுக்குப் பின் மரங்களின் தண்டுப் பகுதிகள் தொழிற்சாலைகளிலிருந்து வெளியேறும் புகை மற்றும் கரியால், கரிய நிறமாக மாறின. கருப்பு நிற அந்திப் பூச்சிகள் இந்தக் கரிய மரத் தண்டுகளில் உருவமறைப்புப் (Camouflage) பெற்றன. ஆனால் வெள்ளை நிறப்பூச்சிகள் கொண்டு எண்ணிகளால் எளிதில் அடையாளம் காணப்பட்டன. அதனால் கரிய நிறமுடைய அந்திப்பூச்சிகள், இயற்கையால் தேர்வு செய்யப்பட்டு அவற்றின் எண்ணிக்கை வெள்ளை நிற அந்திப்பூச்சிகளை விட உயர்ந்தது. இயற்கை, கருப்பு நிற அந்திப்பூச்சிக்கு நேர்மறை தேர்வு அமுத்தத்தை வழங்கியது. ஒரு இனக்கூட்டத்தில் தகுந்த தகவமைப்புப் பெற்ற உயிரினங்கள் இயற்கைத் தேர்வு காரணமாக அதிகமான வாரிசுகளை உருவாக்குவதால் அவற்றின் எண்ணிக்கை உயரும் என்பதையே மேற்கண்ட எடுத்துக்காட்டு உணர்த்துகிறது.
- செயற்கைத் தேர்வு என்பது காடுகள், கடல்கள் மற்றும் மீன் வளங்களை மனிதன் மிகையாகப் பயன்படுத்துவது, தீங்குயிர்க் கொல்லிகள், களைக் கொல்லிகள் மற்றும் மருந்துகளைப் பயன்படுத்துவது ஆகிய நிகழ்வுகளின் பக்க விளைவாகும். நூற்றுக் கணக்கான ஆண்டுகளாக மனிதன் வெவ்வேறு வகையான நாய்களைத் தேர்வு செய்துள்ளான். இவை அனைத்தும் ஒரே சிற்றின நாய்களின் வேறுபட்ட மாற்றுருக்கள் ஆகும். மனிதன் புதிய இனங்களைக் குறுகிய காலத்தில் உருவாக்குவது போல, தாராளமான வளங்கள் மற்றும் அதிக கால அளவு ஆகியவற்றைக் கொண்டு, இயற்கை தேர்வின் மூலம் புதிய சிற்றினத்தை எளிதாக உருவாக்க முடியும்.

தகவமைப்புப் பரவல் (Adaptive Radiation):

- ஒரு மூதாதை இனத்திலிருந்து புதிய சிற்றினங்கள், புதிய வாழிடங்களில் வாழ்வதற்கேற்ற தகவமைப்புகளுடன் தோன்றும் பாணாமநிகழ்வு தகவமைப்புப் பரவல் எனப்படும். தகவமைப்புப் பரவலை நெருங்கிய தொடர்புடைய உயிரினங்களில், மிகக் குறுகிய கால இடைவெளிகளில் எளிதில் நிரூபிக்கலாம். டார்வினின் குருவிகள் மற்றும் ஆஸ்திரேலியாவைச் சேர்ந்த பைப்பாலூட்டிகள் ஆகியவை தகவமைப்புப் பரவலுக்குச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும். ஒரு தனிமைப்படுத்தப்பட்ட புவியியல் பரப்பில், அமைப்பு மற்றும் செயலில் ஒத்திருக்கும் ஒன்றுக்கும் மேற்பட்ட தகவமைப்புப் பரவல் தோன்றுவதற்குக் காரணம் “குவி பரிணாமம்” ஆகும்.

டார்வினின் குருவிகள்:

- இப்பறவைகளின் முதாதையர் 2 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு காலபாகஸ் பகுதிக்கு வந்து சேர்ந்தவை. டார்வின் ஆய்வு மேற்கொண்ட போது, உடல் அளவு, அலகின் வடிவம் மற்றும் உணவுப்பழக்கம் ஆகிய பண்புகளால் வேறுபட்ட 14 சிற்றினங்களாகப் பரிணமித்திருந்தன. அவற்றின் உடல் அளவு மற்றும் அலகின் வடிவம் ஆகியவற்றில் எற்பட்ட மாறுபாடுகளால் அவை வெவ்வேறு வகை உணவுகளான பூச்சிகள், விதைகள், கள்ளித் தாவரத்தின் மகரந்தத் தேன் உடும்பின் இரத்தம் ஆகியவற்றை உண்ண முடிகிறது. இப்பண்புகளை இயற்கைத் தேர்வு, வழி நடத்துகிறது. டார்வின் கண்டறிந்த பல்வேறு வகை குருவிகளைப் காணலாம்.
- டார்வினின் குருவிகளில் உள்ள டி.என்.ஏ.க்களில் காணப்படும் ALX1 மரபணுக்களில் ஏற்பட்ட சிறிய திடீர்மாற்றம் டார்வினிய குருவிகளின் அலகு அமைப்பின் புறப் பண்புகளில் மாற்றங்களை ஏற்படுத்துகின்றது.
- ஆஸ்திரேலியாவில் உள்ள பைப்பாலூட்டிகள் மற்றும் வட அமெரிக்காவில் உள்ள நஞ்சுக்கொடி பாலூட்டிகள் ஆகிய இரண்டு துணை வகுப்பைச் சேர்ந்த பாலூட்டிகளும் உணவு வளம், இடப்பெயர்ச்சித் திறன் மற்றும் கால நிலை ஆகியவற்றுக்கான தகவமைப்புகளை மேற்கொண்ட முறைப்படியே பெற்றுள்ளன. இவை இரண்டும் பொது முதாதையரிடமிருந்து 100 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் தனியாகப் பிரிந்தன. பின்னர் இவை ஒவ்வொன்றும் தனித்தனி மரபுக் கால்களாக தன்னியல்பாகப் பரிணமித்தன.
- ஆஸ்திரேலிய பைப்பாலூட்டிகள் மற்றும் வட அமெரிக்க நஞ்சுக் கொடி பாலூட்டிகளும், காலத்தாலும், புவிப்பரவலாலும் வேறுபட்டு இருந்தாலும் அவை ஒரே வாழிடத்தில் வாழும் வாழ்க்கை முறைகளைக் கொண்ட பல சிற்றினங்களை உருவாக்கியுள்ளன. இவற்றின் வடிவம், இடப்பெயர்ச்சி முறை, உணவூட்டம் மற்றும் உணவு தேடும் முறையில் உள்ள ஒற்றுமை, அவற்றின் வேறுபட்ட இனப்பெருக்க முறைகளை அடிப்படையாகக் கொண்டது. இப்பண்புகள் அவற்றின் தெளிவான பரிணாமத் தொடர்புகளை விளக்குகின்றன.
- ஆஸ்திரேலியாவில் 200க்கும் மேற்பட்ட பைப்பாலூட்டிகளும், ஒரு சில சிற்றினங்களைச் சேர்ந்த நஞ்சுக் கொடி பாலூட்டிகளும் வாழ்கின்றன. இப்பையுடைய பாலூட்டிகள், வட அமெரிக்காவில் பரவியுள்ள நஞ்சுக் கொடி பாலூட்டிகள் போலவே தகவமைப்பு பரவல் மூலம் ஆஸ்திரேலியாவின் வெவ்வேறு வாழிடங்களில் பரவலாக வாழ்கின்றன.

பரிணாமம் நடைபெறும் முறை:

- நுண்பரிணாமம் (சிறு அளவில் நடைபெறும் பரிணாமம்) என்பது ஒரு இனக்கூட்டத்தில் அல்லல் நிகழ்வெண்களில் ஏற்படும். மாற்றங்களைக் குறிக்கிறது. இயற்கைத் தேர்வு, மரபியல் நகர்வு, திடீர் மாற்றம் மற்றும் மரபணு ஓட்டம் ஆகிய நான்கு அடிப்படைக் காரணிகளால், இனக்கூட்டத்தின் அல்லல் நிகழ்வெண்கள் மாற்றமடைகின்றன.

இயற்கைத் தேர்வு:

- ஒரு குறிப்பிட்ட சூழ்நிலையில் ஒரு அல்லீல் (அல்லது வேறுபாடைய அல்லீல்களின் சேர்க்கை) ஒரு உயிரினத்தை வாழவும், இனப்பெருக்கம் செய்யவும் தகுதிப்படுத்தும்போது, இயற்கைத் தேர்வு நடைபெறுகிறது. அந்த அல்லீல் தகுதியைக் குறைக்கும்போது அதன் நிகழ்வெண் அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளில் குறைகிறது.
- ஒரு குறிப்பிட்ட மரபணுவின் பரிணாமப் பாதை என்பது, பல்வேறு பரிணாம செயல்முறைகள் ஒரே நேரத்தில் செயல்படுவதன் விளைவாகும். எடுத்துக்காட்டாக ஒரு மரபணுவின் அல்லீல் நிகழ்வெண், மரபணு ஒட்டம் மற்றும் மரபியல் நகர்வு ஆகிய இரண்டு காரணிகளால் மாற்றப்படலாம். அதே நேரத்தில் மற்றொரு மரபணு திடீர் மாற்றத்தினால், இயற்கைத் தேர்வு ஏற்கத்தக்க புதிய அல்லீலை உருவாக்கலாம்.

தேர்வு முறைகள்: மூன்று வகையான இயற்கைத் தேர்வு முறைகள் காணப்படுகின்றன.

1. நிலைப்படுத்துதல் தேர்வு (மைய நோக்குத் தேர்வு) (Centripetal Selection):

- இவ்வகைத் தேர்வு முறை நிலையான சுற்றுச்சூழல் இருக்கும்போது செயல்படுகிறது. இம்முறையில் சராசரி புறத்தோற்றப் பண்புகள் உடைய உயிரினங்கள் தப்பிப் பிழைக்கும். ஆனால் இரு பக்கங்களிலும் உள்ள குழலுக்கு ஒவ்வாத மிகை பண்பு உயிரினங்கள். உயிரினத் தொகையிலிருந்து நீக்கப்படும். இங்கு புதிய சிற்றினமாக்கல் நிகழாது. ஆனால் இனக்கூட்டத்திற்குள், புறத்தோற்றப் பண்புகளில் உள்ள நிலைத்தன்மை அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளிலும் மாறாமல் பேணப்படும். எடுத்துக்காட்டாக, புயலின் போது தப்பி வாழ்ந்த சிட்டுக்குருவிகள் எண்ணிக்கை சராசரி அளவை ஒட்டி இருக்கும். புயலுக்குத் தாக்குப்பிடிக்க இயலாத சிட்டுக்குருவிகளின் எண்ணிக்கை மாறுபாடுகளின் விளிம்புகளில் சேகரமாகிவிடுகிறது. இப்போக்கு நிலைப்படுத்துதல் தேர்வினைக் குறிக்கும்.

இலக்கு நோக்கிய தேர்வு முறை (Directional Selection):

- படிப்படியாக மாற்றம் பெறும் சுற்றுச்சூழல், இலக்கு நோக்கிய தேர்வு முறைக்கு உட்படுத்தப்படுகிறது இவ்வகையான தேர்வு முறையில், புறத்தோற்றப் பண்புகள் பரவலின் ஒரு முனையிலிருந்து மறுமுனையை நோக்கி படிப்படியாக உயிரினங்கள் நீக்கப்படுகின்றன. இதற்கு எடுத்துக்காட்டாக, ஆண் மற்றும் பெண் சிட்டுக் குருவிகளின் உடல் அளவில் உள்ள வேறுபாடுகளைக் கூறலாம். ஆண் மற்றும் பெண் சிட்டுக் குருவிகள் புறத்தோற்றத்தில் ஒன்றுபோலத் தோன்றினாலும், அவற்றின் உடல் எடை வேறுபாடுகளைக் காணப்படும். பெண் குருவிகள் அதன் உடல் எடையோடு தொடர்புடைய இலக்கு நோக்கிய தேர்வு முறையை வெளிக்காட்டுகிறது.

உடைத்தல் முறைத் தேர்வு மைய விலக்குத் தேர்வு (Centrifugal Selection):

- ஒரே விதமான சுற்றுச் சூழல், நிலைமாற்றம் பெற்று, பல்வகை சுற்றுச்சூழல் நிலைகளைக் கொண்டதாக மாறும்போது இவ்வகைத் தேர்வுமுறை செயல்படுகிறது இம்முறையில் இருமுனைகளிலும் காணப்படும் புறத்தோற்றப் பண்புகளை உடைய உயிரினங்கள் தேர்வு செய்யப்படுகின்றன. ஆனால் சராசரி புறத்தோற்றப் பண்புகளை உடைய உயிரினங்கள் இனக்கூட்டத்திலிருந்து நீக்கப்படுகின்றன. இதனால் இனக்கூட்டம் துணை இனக்கூட்டங்கள் அல்லது துணை சிற்றினங்களாகப் பிரிகின்றன. இந்த அரிதான வகைத் தேர்வு முறையில் இரண்டு அல்லது இரண்டுக்கும் மேற்பட்ட மாறுபட்ட சிற்றினங்கள் தோன்றுகின்றன. இது தகவமைப்புப்பரவல் (Adaptive Radiation) என்றும் அழைக்கப்படும். எடுத்துக்காட்டு: காலபாகஸ் தீவுகளில் வாழும் டார்வினின் குருவிகளில், உணவாகப் பயன்படும் விதையின் அளவுக்கேற்ப அவற்றின் அலகுகளின் நீளம் மாறுபடுகிறது.
- குழுத் தேர்வு மற்றும் பாலினத் தேர்வு ஆகியவை பிற தேர்வு முறைகள் ஆகும். பொது நலன் (Altruism) மற்றும் உறவுமுறைத் தேர்வு (Kin selection) ஆகியவை குழுத் தேர்வு முறையின் இரு முக்கிய வகைகளாகும்.

மரபணு ஓட்டம்

- இனச்செல்கள் வழியாக மரபணுக்கள் இடம்பெயர்தல் அல்லது ஒரு இனக்கூட்டத்தில் தனிப்பட்ட உயிரினங்களின் உள்ளேற்றம் (உட்பரவல்) அல்லது வெளியேற்றம் (வெளிப்பரவல்) ஆகியவை மரபணு ஓட்டம் எனப்படும். இனக்கூட்டத்தினுள் நுழையும் உயிரினங்கள் மற்றும் இனச்செல்கள் புதிய அல்லீல்களைக் கொண்டிருக்கலாம் அல்லது இனக்கூட்டத்தில் இருக்கும் அல்லீல்களின் விகிதத்தை விட மாறுபட்ட விகிதங்களில் ஏற்கனவே உள்ள அல்லீல்களே கொண்டு வரப்படலாம். பரிணாமம் நிகழ்வதற்கான வலிமையான காரணியாக மரபணு ஓட்டம் திகழ்கிறது.

மரபியல் நகர்வு / சீவால் ரைட் விளைவு (Genetic Drift / Sewall Wright Effect):

- வாய்ப்புகள் காரணமாக (மாதிரி சேகரித்தலில் பிழை), அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளில் ஒரு இனக்கூட்டத்தின் அல்லீல் நிகழ்வெண்களில் மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும் பரிணாம நிகழ்வே மரபியல் நகர்வு ஆகும். மரபியல் நகர்வு இனக்கூட்டத்தின் அனைத்து அளவுகளிலும் நடைபெறும். ஆனால் இதன் விளைவுகள் சிறிய இனக்கூட்டத்தில் வலிமை உடையதாக இருக்கும் இதன் விளைவாக சில அல்லீல்கள் இழக்கப்படலாம். (நன்மை தரும் அல்லீல்கள் உட்பட) அல்லது சில அல்லீல்கள் நிலைநிறுத்தப்படலாம். இயற்கை இடர்பாடு காரணமாக இனக்கூட்டத்தின் அளவு குறைந்திருந்தாலும் (சீசாகழுத்து விளைவு) அல்லது மூல இனக்கூட்டத்திலிருந்து ஒரு சிறுபகுதி பிரிந்து சென்று புதிய கூட்டத்தை உருவாக்கினாலும் (நிறுவனர் விளைவு) மரபியல் நகர்வின் விளைவு அதிகமாக இருக்கும்.

திடீர் மாற்றம்:

- திடீர் மாற்றம், மரபியல் மாறுபாடுகள் தோன்றுவதற்கான மூலகாரணமாக இருந்தாலும், பெரும்பாலான உயிரினங்களில் திடீர் மாற்ற வீதம் குறைவாகவே இருக்கும். எனவே ஒரு அல்லீல் நிகழ்வெண்ணில் ஏற்படும் புதிய திடீர் மாற்றம் அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளில் பெரிய அளவில் இருக்காது.

ஹார்டி வீன்பெர்க் கொள்கை (Hardy - Weinderg Principle):

- திறந்த வெளிகளில் உள்ள புல்வகைகள், காடுகளில் காணப்படும் ஓநாய்கள், மனித உடலில் காணப்படும் பாக்டீரியாக்கள் போன்ற அனைத்து இனக்கூட்டங்களும் இயற்கையாக பரிணாமம் அடைபவையே. அனைத்து இனக்கூட்டங்களிலும் சில மரபணுக்களாவது பரிணாமத்திற்கு உள்ளாகின்றன. பரிணாமம் என்றால் உயிரினங்கள் நிறைவை நோக்கி நகர்கின்றன. என்று பொருளல்ல. மாறாக இனக் கூட்டங்கள் அதன் மரபியல் கட்டமைப்பை அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளில் மாற்றியமைத்துக் கொள்ளுகின்றன என்பதாகும். எடுத்துக்காட்டாக ஓநாய் இனக்கூட்டத்தில், சாம்பல் நிற உரோமத்திற்கான மரபணு நிகழ்வெண் மாற்றம் பெற்று கருப்பு நிற உரோமத்தை உருவாக்கும். சில நேரங்களில் இதுபோன்ற மாற்றங்கள் இயற்கைத் தேர்வு அல்லது வலசைபோதல் அல்லது சில சீரற்ற நிகழ்வுகள் காரணமாக ஏற்படலாம்.
- ஒரு இனக்கூட்டத்தில் பரிணாமம் நிகழாமல் இருப்பதற்கான நிலைகளை ஆராயலாம். இங்கிலாந்தைச் சேர்ந்த ஹார்டி மற்றும் ஜெர்மனியைச் சேர்ந்த வீன்பெர்க் ஆகியோர்” ஒரு இனக்கூட்டத்தில் மரபணு ஒட்டம், மரபியல் நகர்வு, திடீர் மாற்றம், மரபணு மறுசேர்க்கை மற்றும் இயற்கைத் தேர்வு ஆகிய காரணிகள் இல்லாத நிலையில் அல்லீல்களின் நிகழ்வெண் அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளிலும் மாறாமல் இருக்கும்” எனக்கூறினர். ஒரு இனக்கூட்டம் ஹார்டி வீன்பெர்க் சமநிலையில் இருக்கும்போது அல்லீல்களின் நிகழ்வெண் மற்றும் மரபு வகை (Genotype) அல்லது அல்லீல்களின் தொகுப்பு ஆகியவை அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளிலும் மாறாமல் நிலையானதாக இருக்கும். பரிணாமம் என்பது ஒரு இனக்கூட்டத்தின் அல்லீல் நிகழ்வெண்களில் கால ஒட்டத்தில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் ஆகும். எனவே ஹார்டி வீன்பெர்க் சமநிலையைக் கொண்டிருக்கும் இனக்கூட்டத்தில் பரிணாமம் நிகழாது.
- வண்டுகளின் மிகப்பெரிய இனக்கூட்டத்தை எடுத்துக்கொண்டால் கருஞ்சாம்பல் (கருப்பு) மற்றும் வெளிர் சாம்பல் ஆகிய இரண்டு நிறங்களில் அவை இருப்பதாகக் கொள்ளலாம். வண்டுகளின் உடல் நிறத்தைத் தீர்மானிக்கும் மரபணு “A” ஆகும். “AA” மற்றும் “Aa” மரபணுவாக்கம் உள்ள வண்டுகள் கருஞ்சாம்பல் நிறமுடையதாகவும், “aa” மரபணுவாக்கம் உள்ள வண்டுகள் வெளிர் சாம்பல் நிறமுடையதாகவும் உள்ளன. இவ்வினக்கூட்டத்தில் ‘A’ அல்லீலின் நிகழ்வெண் (p) 0.3 எனவும் மற்றும் ‘a’ அல்லீலின் நிகழ்வெண் (q) 0.7 எனவும் இருந்தால் $p + q = 1$ ஆகும். ஹார்டி வீன்பெர்க் சமநிலை பெற்ற இனக்கூட்டத்தில் அதன் மரபணுவாக்க நிகழ்வெண்ணை ஹார்டி - வீன்பெர்க் சமன்பாட்டைக் கொண்டு கணக்கிடலாம்.

$$(p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2$$

$$p^2 = AA \text{ ன் நிகழ்வெண்}$$

$$2pq = Aa \text{ ன் நிகழ்வெண்}$$

$$q^2 = aa \text{ ன் நிகழ்வெண்}$$

$$p = 0.3, q = 0.7 \text{ எனில்}$$

$$p^2 = (0.3)^2 = 0.09 = 9\% AA$$

$$2pq = 2 (0.3) (0.7) = 0.42 = 42\% Aa$$

$$q^2 = (0.7)^2 = 0.49 = 49\% aa$$

- இதனால் வண்டு இனக்கூட்டம் ஹார்டி வீன்பெர்க் சமநிலையில் இருப்பதை அறியலாம். இச்சமநிலையிலுள்ள வண்டுகள் இனப்பெருக்கம் செய்தால் அடுத்த தலைமுறையில் அல்லீல் மற்றும் மரபணுவாக்க நிகழ்வெண் கீழ்க்கண்டவாறு அமையும். அடுத்த தலைமுறையை உருவாக்கும் இனச்செல் குழுமத்தின் 'A' மற்றும் 'a' அல்லீல்களின் நிகழ்வெண் ஒரே மாதிரியாக இருந்தால் அதன் சந்ததிகளின் பண்புகளில் எந்த மாறுபாடுகளும் தோன்றாது. அடுத்த தலைமுறை சந்ததிகளின் மரபணுவாக்க நிகழ்வெண் 9% AA, 42% Aa மற்றும் 49% aa ஆகவே இருக்கும்.
- இவ்வண்டுகள் சீரற்ற முறையில் இனப்பெருக்கம் செய்வதாகக் கொண்டால் (ஆண் மற்றும் பெண் இனச்செல்களை, இனச்செல் குழுமத்திலிருந்து தேர்வு செய்தல்) அடுத்த தலைமுறை உயிரினங்களில் மரபணுவாக்கம் தோன்றுவதற்கான நிகழ்தகவு, எந்தெந்த வகைப் பெற்றோர் இனச்செல்கள் இணைகின்றன என்பதைப் பொருத்து அமையும்.

ஹார்டி – வீன்பெர்க் விதியின் ஊகங்கள்:

- திடீர் மாற்றம் இன்மை – திடீர் மாற்றத்தின் காரணமாக புதிய அல்லீல் உருவாக்கம், மரபணு இரட்டிப்படைதல் அல்லது மரபணு நீக்கம் ஆகிய எதுவும் இல்லை.

சீரற்ற இனச்சேர்க்கை:

- ஒவ்வொரு உயிரினமும் இனச்சேர்க்கையில் ஈடுபடுவதற்கான வாய்ப்பைப் பெறுகின்றன. குறிப்பிட்ட மரபணு ஆக்கத்திற்கு முக்கியத்துவம் தராமல் இவற்றுக்கிடையேயான இனச்சேர்க்கை சீரற்ற முறையில் உள்ளது.

மரபணு ஒட்டம் இன்மை:

- இனக்கூட்டத்திலிருந்து தனிப்பட்ட உயிரினங்களோ அல்லது அவற்றின் இனச்செல்களோ உள்செல்கை (உள்ளேற்றம்) அல்லது வெளிச்செல்கை (வெளியேற்றம்) எதிலும் ஈடுபடுவது இல்லை.

மிகப்பெரிய உயிரினத்தொகை

- இனக்கூட்டத்தின் அளவு எல்லையற்றதாக இருக்க வேண்டும்.

இயற்கைத் தேர்வு இன்மை

- அனைத்து அல்லீல்களும், வாழவும், இனப்பெருக்கம் செய்யவும் தகுதியுடையவை.
- மேற்கண்ட ஊகங்களில் ஏதேனும் ஒன்று பொருந்தவில்லை என்றாலும், இனக்கூட்டம் ஹார்டி – வீன்பெர்க் சமநிலையில் இருக்காது. அல்லீல் நிகழ்வெண்கள் அடுத்தடுத்த தலைமுறையில் மாறும்போது பரிணாமம் நிகழும்.

மனிதனின் தோற்றம் மற்றும் பரிணாமம்:

- பாலூட்டிகளின் பரிணாமம் ஜூராசிக் காலத்தின் தொடக்கத்தில் சுமார் 210 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு நிகழ்ந்தது. ஆசியா மற்றும் ஆப்பிரிக்கா பகுதியில் ஹோமினிட்களின் பரிணாமம் நிகழ்ந்தது. பொருட்களை உருவாக்கும் திறன் மற்றும் கலாச்சாரம் ஆகியவற்றில் பிறவிலங்குகளை விட மனித இனம் மேம்பட்டது என்பதை ஹோமினிட்கள் மெய்ப்பித்தனர். சுமார் 14 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு வாழ்ந்த ராமாபித்திகஸ் (Ramapithecus) மற்றும் சிவாபித்திகஸ் (Sivapithecus) போன்ற வரலாற்றுக்கு முந்தைய மனிதர்களின் புதைபடிவங்கள் கிடைத்துள்ளன. அவை மனிதக் குரங்கு போன்ற டிரையோபித்திகசிலிருந்து (Dryopithecus) தோன்றியதாகக் கருதப்படுகிறது. டிரையோபித்திகஸ் மற்றும் ராமாபித்திகஸ் ஆகியவை உடல் முழுவதும் முடிகளைக் கொண்டு கொரில்லா மற்றும் சிம்பன்சிகளைப் போல நடந்தன. சுமார் 5 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்னால் கிழக்கு ஆப்பிரிக்கா புல்வெளிகளில் வாழ்ந்ததாகக் கருதப்படும் ஆஸ்திரலோபித்திகஸ் (Australopithecus) “ஆஸ்திரேலியக் குரங்கு மனிதன்” என அழைக்கப்படுகிறது. இம்முன்னோடி மனிதன், 1.5 மீ உயரம் கொண்டு, இரண்டு கால்களால் நடக்கும் திறன், அனைத்துண்ணிப் பண்பு, பாதி நிமிர்ந்த நிலை, குகை வாழ் தன்மை ஆகிய பண்புகளைப் பெற்றிருந்தான். தாழ்ந்த நெற்றி, கண்களின் மேல் புருவ மேடுகள், துருத்திய நிலையில் உள்ள முகம், கன்னங்களற்ற தன்மை, 350 – 450 கனசெ.மீ அளவுகொண்ட திறன்குறைந்த மூளை, மனிதனைப் போன்ற பல்லமைப்பு, முதுகெலும்புத் தொடரில் இடுப்புப் பக்க வளைவு ஆகியவை இதன் சிறப்புப் பண்புகளாகும். ஹோமோ ஹாபிலிஸ் (Homo habilis) உயிரினம் 2 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு வாழ்ந்தது. இதன் மூளையின் அளவு 650 – 800 கன செ.மீ ஆகும். மேலும் தாவர உண்ணிகளான இவை இரண்டு கால்களால் இடப்பெயர்ச்சி செய்வதுடன் செதுக்கப்பட்ட கற்களாலான கருவிகளை பயன்படுத்தும் திறனையும் பெற்றிருந்தன.
- முதன் முதலாக மனிதனைப் போலத் தோற்றமளித்த ஹோமோ எரக்டஸ் (Homo erectus) உயிரினம் 1.7 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு தோன்றியது. பார்வைக்கு மனிதனைப் போன்றே தோற்றமளித்த ஹோமோ எரக்டஸ், நவீன மனிதனைவிட தட்டையான, தடிமனான மண்டடை ஒரு, 900 கன செ.மீ அளவு கொண்ட மூளை மற்றும் இறைச்சி உண்ணும் தன்மை ஆகிய பண்புகளைப் பெற்றிருந்தன.
- ஹோமோ எர்காஸ்டர் (Homo ergaster) மற்றும் ஹோமோ எரக்டஸ் (Homo Erectus) ஆகியவை ஆப்பிரிக்காவை விட்டு வெளியேறிய முதல் இனங்களாகும். சுமார் 34,000 – 1,00,000 ஆண்டுகளுக்கு முன் ஜெர்மனியின்

நியாண்டர் பள்ளத்தாக்கில் வாழ்ந்த நியாண்டர்தால் மனிதனின் மூளை அளவு 1400 கன செ.மீ ஆகும். இவ்வகை மனிதன், பாதி நிமிர்ந்த நிலை, தட்டையான மண்டடை ஓடு, சாய்வான நெற்றி, மெலிதான பெரிய கண்குழிகள், கனமான கண்புரவ மேடுகள், துருத்திய தாடைகள் மற்றும் கன்னங்கள் அற்ற தன்மை ஆகிய பண்புகளால் நவீன மனிதனிடமிருந்து வேறுபடுகின்றான்.

- இவர்கள் விலங்கினங்களின் தோலைப் பயன்படுத்தி தங்கள் உடலைப் பாதுகாக்கவும், நெருப்பைப் பயன்படுத்தவும், இறந்தவர்களைப் புதைக்கவும் அறிந்திருந்தனர். வேளாண்மை, வீட்ட விலங்கு வளர்ப்பு போன்ற எதையும் அவர்கள் செய்யவில்லை. மனிதப் பரிணாமத்தின் பாதையில் இவ்வின் உருவாக்கம் முக்கியக் கிளையாகும். நவீன ஐரோப்பியர்களின் மூதாதையர்கள் எனக்கருதப்படும். குரோமோக்னன் (Cro-Magnon), பிரான்ஸ் நாட்டின் குரோமேக்னன் பாறைப் பகுதிகளில் வாழ்ந்ததாகக் கருதப்படுகிறது. அவர்கள் பல்வேறு சூழ்நிலைகளில் வாழும் திறனைப் பெற்றிருந்ததோடு, குகைகளிலும், தரைகளிலும், சுவர்களிலும் படங்கள் வரையும் பண்பினையும் பெற்றிருந்தனர்.
- ஹோமோ சேப்பியன்ஸ் எனும் நவீன மனித இனம் சுமார் 25,000 ஆண்டுகளுக்கு முன்பு ஆப்பிரிக்காவில் தோன்றி மற்ற கண்டங்களுக்குப் பரவி, தனித்தனி வகை இனங்களாக வளர்ச்சியடைந்தது. அவர்களின் மூளை அளவு ஏறத்தாழ 1300 – 1600 கன செ.மீ ஆகும். இவர்கள் பயிர்சாகுபடி செய்யத் தொடங்கியிருந்தனர் மேலும் வீட்டு விலங்குகளை வளர்த்தலிலும் ஈடுபட்டிருந்தனர்.

அலகு – 10

உயிரி தொழில் நுட்பவியலின் பயன்பாடுகள்

- இப்பாடப் பகுதியைக் கற்கத் தொடங்கும் முன் டி.என்.ஏவின் அமைப்பு, புரத உற்பத்தி மற்றும் மரபுப்பொறியியல் ஆகியவற்றைப் பற்றி மீள் பார்வை செய்தல் உதவிகரமானதாக அமையும். டி.என்.ஏ மற்றும் இயற்கையாக நடைபெறும் புரத உற்பத்தியை மனித விருப்பப்படி, மாற்றியமைத்து மருத்துவ முக்கியத்துவம் வாய்ந்த புரதங்கள் மற்றும் இதர பயன்பாட்டிற்கான புரதங்களை உருவாக்கும் செயல்முறைகள் 'மரபுப் பொறியியல்' எனப்படும். ஒரு உயிரிலிருந்து மரபணுவைப் பிரித்தெடுத்து அதே சிற்றினத்தையோ அல்லது வேறு சிற்றினத்தையோ சார்ந்த உயிரியின் டி.என்.ஏ வுடன் மாற்றிப் பொருத்தப்படுகிறது. இவ்வாறு உருவாக்கப்படும் டி.என்.ஏ வானது மறுசேர்க்கை டி.என்.ஏ (rDNA) என்றும் இச்செயல்முறைக்கு டி.என்.ஏ மறுசேர்க்கை தொழில்நுட்பம் என்று பெயர். இவையனைத்தும் உயிரி தொழில்நுட்பவியல் என்னும் பெரும் பிரிவின் அங்கங்களாகும். நல்ல பொருட்களையும் சேவையையும் அளிப்பதற்காக உயிரியல் காரணிகளைக் கொண்டு செயல்படுத்தப்படும் அறிவியல் மற்றும் பொறியியல் கோட்பாடுகளே உயிரிய தொழில்நுட்பம் என வரையறுக்கலாம்.
- பல்வேறு பொருட்களின் உற்பத்திக்காகவும் சேவைக்காகவும் உயிரிகளின் பண்புகளை பயன்படுத்திக் கொள்ளும் பலவகையான தொழில் நுட்பங்களை பரந்த அளவில் உள்ளடக்கிய சொல் உயிரி தொழில்நுட்பவியல் ஆகும்.

- பாரம்பரிய செயல்பாடுகளான இட்லி, தோசை, பால்பொருட்கள், ரொட்டித்துண்டங்கள் அல்லது ஓயின் தயாரித்தல் போன்றவற்றிற்கு உயிரி தொழில்நுட்பவியல் என்னும் வார்த்தை 20ம் நூற்றாண்டுக்கு முன்பு பயன்படுத்தப்பட்டு வந்தது. ஆனால், தற்காலத்தில் இவற்றுள் எதுவும் உயிரி தொழில்நுட்ப முறையாகக் கருதப்படுவதில்லை.
- மருத்துவத்துறையிலும் பிற துறைகளிலும் உயிரி தொழில் நுட்பவியலின் பயன்பாடுகளை இப்பாடத்தில் பயில இருக்கிறோம். மருத்துவ சிகிச்சைப் பயன்பாடு கொண்ட ஹார்மோன்களையும் புரதங்களையும் பெரும் அளவில் உற்பத்தி செய்வதில் டி.என்.ஏ மறுசேர்க்கை தொழில் நுட்பம் முன்னணியில் உள்ளது.

**மருத்துவத்தில் உயிரி தொழில் நுட்பவியலின் பயன்பாடுகள்
(Applications in medicine)
மறுசேர்க்கை மனித இன்சலின்
(Recombinant Human Insulin)**

- கணையத்திலுள்ள லாங்கர்ஹான் திட்டுகளில் காணப்படும் β செல்களிலிருந்து மனித இன்சலின் உற்பத்தியாகிறது. இது 51 அமினோ அமிலங்களால் ஆனது. இவை 'A' மற்றும் 'B' என்னும் இரண்டு பாலிபெப்டைடு சங்கிலிகளாக அமைக்கப்பட்டுள்ளன. 'A' சங்கிலி 21 அமினோ அமிலங்களையும் 'B' சங்கிலி 30 அமினோ அமிலங்களையும் கொண்டுள்ளன. A மற்றும் B ஆகிய இரண்டு சங்கிலிகளும் டைசல்ஃபைடு பிணைப்புகள் மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இரத்தத்தில் சர்க்கரையின் அளவை இன்சலின் கட்டுப்படுத்துகிறது. செல்கள் குளுகோஸை எடுத்துக் கொண்டு அதை ஆற்றலாக மாற்றி வெளியிடுவதற்கு இன்சலின் உதவுகிறது. இன்சலின் பற்றாக்குறையினால் 'டயயாபிடஸ் மெலிடஸ்' எனும் சர்க்கரை நோய் உண்டாகிறது. சிகிச்சை அளிக்காவிடில் மரணத்தை ஏற்படுத்தக்கூடிய நோயான இது இரத்தத்தில் குளுக்கோஸின் அளவு அதிகரித்தல் மற்றும் சிக்கலான அறிகுறிகளையும் கொண்டு காணப்படுகிறது. தொடர்ச்சியான இன்சலின் சார்பு சிகிச்சை மூலம் இப்பற்றாக்குறை நோயைச் சரி செய்யலாம்.

மனித இன்சலின் உற்பத்தி

- முற்காலத்தில், பன்றிகள் மற்றும் பசுக்களின் கணையங்களிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்பட்டு தூய்மைப்படுத்தப்பட்ட இன்சலினை சர்க்கரை நோயாளிக்குச் செலுத்தி சிகிச்சையளிக்கப்பட்டது. விலங்கு இன்சலினுக்கும் மனித இன்சலினுக்கும் அமைப்பில் சிறிய அளவில் வேறுபாடுகள் உள்ளதால், சில நோயாளிகளில் இது ஒவ்வாமையை ஏற்படுத்தியது. 1970களின் பிற்பகுதியில் டி.என்.ஏ மறுசேர்க்கைத் தொழில் நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி இன்சலின் உற்பத்தி செய்யப்பட்டது. இத்தொழில் நுட்பத்தில், மனித இன்சலினுக்கான மரபணு, எ.கோலையின் பிளாஸ்மிட்டில் நுழைக்கப்படுகிறது. ஒரு தலைமை வரிசையை (leader sequence) முன்புறம் கொண்டு அதைத் தொடர்ந்த 'A' மற்றும் 'B' துண்டங்கள் (சங்கிலிகள்) மற்றும் அவற்றை இணைக்கும் 'C' என்னும் மூன்றாவது சங்கிலி ஆகியவற்றால் ஆன முன்னோடி பாலிபெப்டைடு சங்கிலியாக முதன்மை-முன்னோடி இன்சலின் (Pre-Pro Insulin) உருவாகிறது.

மொழி பெயர்ப்புக்குப்பின் தலைமை வரிசையும் 'C' சங்கிலியும் வெட்டப்பட்டு நீக்கப்படுவதால், 'A' மற்றும் 'B' சங்கிலிகள் மட்டும் எஞ்சுகின்றன.

- டி.என்.ஏ மறுசேர்க்கைத் தொழில் நுட்பத்தால் உருவாக்கப்பட்டு மனிதனுள் செலுத்தப்பட்ட முதல் மருந்துப்பொருள் இன்சலின் ஆகும். 1982 ல் சர்க்கரை நோயைக் குணப்படுத்துவதற்காக இந்த இன்சலினைப் பயன்படுத்த அனுமதியளிக்கப்பட்டது. 1986ல் 'ஹியுமுலின்' (Humulin) என்னும் வணிகப் பெயரோடு, சந்தையில் மனித இன்சலின் விற்பனை செய்யப்பட்டது.

1921ல் பெஸ்ட் மற்றும் பேன்டிங் என்பவர்கள், நாயின் கணையத்திட்டுகளிலிருந்து பிரித்து எடுக்கப்பட்ட இன்சலின் ஹார்மோனின், சர்க்கரை நோய் குணப்படுத்தும் திறனை விளக்கிக் காட்டினார்கள்.

மனித ஆல்.பா லேக்டால்புமின் (Human α lactalbumin)

- ஆல்.பா லேக்டால்புமின் என்பது 123 அமினோ அமிலங்களையும் 4 டைசல்.பைடு இணைப்புகளையும் 14178 டால்டன் மூலக்கூறு எடையையும் கொண்ட ஒரு புரதம் ஆகும். மனித தாய்ப்பாலிலுள்ள புரதங்களுள் 25% புரதம் ஆல்.பா லேக்டால்புமின் ஆகும். இது பால் சுரப்பிகளால் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. லேக்டால்புமின் கால்சியம் மற்றும் துத்தநாக அயனிகளுடன் இணைந்து பாக்கிரியங்களைக் கொல்லும் பண்பையும் கட்டி-எதிர்ப்புச் செயல்பாடுகளையும் கொண்டுள்ளது.

மனித வளர்ச்சி ஹார்மோன் உற்பத்தி

- மறுசேர்க்கை செய்யப்பட்ட மனித ஆல்.பா லேக்டால்புமின் மரபணுவைக் கொண்டு பசுவின் மரபியல்பை மாற்றி அதன் விளைவாக பசும்பாலின் உணவு மதிப்பை அதிகரிக்கச் செய்ய முயற்சிக்கப்பட்டது. உடற்செல் உட்கரு மாற்றிப் பொருத்துதல் மூலம் நலமான, மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட பசுக்கள் உருவாக்கப்பட்டன. அப்பசுவின் பாலில், ஒரு லிட்டருக்கு 1.55 கிராம் மறுசேர்க்கை ஆல்.பா லேக்டால்புமின் உற்பத்தி சாத்தியமானது. இதே போன்று மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட வெள்ளாடுகள் உருவாக்கப்பட்டு. அவற்றின் பாலைப் பரிசோதித்ததில், அதில் ஒரு மில்லி லிட்டருக்கு 0.1 முதல் 0.9 மில்லி கிராம் மனித ஆல்.பா லேக்டால்புமின் இருப்பது கண்டறியப்பட்டது.

உடற்செல் உட்கரு மாற்றிப் பொருத்துதல் எனும் தொழில் நுட்பத்தில், ஒரு உடற்செல்லையும் ஒரு அண்ட செல்லையும் கொண்டு ஒரு உயிருள்ள கரு உருவாக்கப்படுகிறது. விலங்கு நகலாக்கம் எனும் பாடப்பகுதியில் இத்தொழில்நுட்பம் குறித்து விரிவாக விவரிக்கப்பட்டுள்ளது.

1997ல் முதன் முதலில் 'ரோஸி' எனும் மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட பசு உருவாக்கப்பட்டது. இப்பசுவின் பால், மனித லேக்டால்புமின் கொண்ட புரதச் செறிவு மிக்க பாலாகக் காணப்பட்டது. சாதாரண பசுவின் பாலை விட, புரதம் செறிந்த (2.4கிராம்/லிட்டர்) இப்பசும்பாலானது பச்சிளம் குழந்தைகளுக்கு ஏற்ற உணவூட்டம் மிக்க ஒரு சரிவிகித உணவாகும்.

மனித வளர்ச்சி ஹார்மோன் (hGH)

- எ.கோலை பாக்டீரியத்தைப் பயன்படுத்தி மறுசேர்க்கை மூலம் இன்சலின் தயாரிக்கப்பட்ட அதே கால கட்டத்தில் மற்றொரு ஆய்வுக் குழுவானது 'சொமட்டோஸ்டேட்டின்' மற்றும் 'சொமட்டோடிரோபின்' என்னும் இருவகை மனித வளர்ச்சி ஹார்மோன்கள் பற்றிய ஆய்வுகளில் ஈடுபட்டது. பிட்யூட்டரியிலிருந்து சுரக்கப்படும் இந்த பெப்டைடு ஹார்மோன்கள், அமினோ அமில உள்எழுத்து மற்றும் புரத உற்பத்தியை ஊக்குவித்தல் போன்றவற்றில் ஈடுபட்டு மனித வளர்ச்சியைத் தூண்டவும் நெறிப்படுத்தவும் செய்கின்றன. வளர்ச்சி ஹார்மோன் பற்றாக்குறையினால் 'குள்ளத்தன்மை' (dwarfism) ஏற்படுகிறது. மனித பிட்யூட்டரி சுரப்பியிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்படும் மனித வளர்ச்சி ஹார்மோனை ஊசி வழியாகச் செலுத்தவதன் மூலம் இக்குள்ளத்தன்மையைச் சரிசெய்யலாம்.
- DNA மறுசேர்க்கைத் தொழில் நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி hGH ஐ உற்பத்தி செய்யலாம். பிட்யூட்டரி சுரப்பியிலிருந்து hGH உற்பத்திக்குக் காரணமான மரபணு பிரித்தெடுக்கப்படுகிறது. பின்பு இந்த மரபணுவடன் ஒரு கடத்தி பிளாஸ்மிட்டை இணைத்து எ. கோலை பாக்டீரியத்தினுள் செலுத்தப்படுகிறது. இவ்விதம் மறுசேர்க்கையுற்ற எ.கோலை, மனித வளர்ச்சி ஹார்மோனை உற்பத்தி செய்யத் தொடங்குகிறது. இந்த எ.கோலை பாக்டீரியங்கள் வளர்ப்பு ஊடகங்களிலிருந்து தனிமைப்படுத்தப்பட்டு நொதித்தல் தொழில்நுட்பத்தின் மூலம் பெருமளவில் மனித வளர்ச்சி ஹார்மோன் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது.
- மறுசேர்க்கை வகையான, 'சொமட்டோடிரோபின்' என்று அழைக்கப்படும் மனித வளர்ச்சி ஹார்மோனானது குழந்தைகளின் வளர்ச்சிக் குறைபாடுகளுக்கு சிகிச்சையளிக்கப் பயன்படும் மருந்தாக விளங்குகிறது.

மனித இரத்த உறைவுக் காரணி VIII (Human blood clotting factor VIII)

- இயல்பான இரத்தம் உறைதலுக்கு பல காரணிகள் தேவை என்றும் அவற்றுள் ஒன்று, காரணி VIII என்பதையும் முந்தைய வகுப்புகளில் ஏற்கனவேபடித்திருப்பீர். காரணி VIIIஐ உருவாக்கக்கூடிய மரபணுக்கள் 'X' (எக்ஸ்) குரோமோசோமில் காணப்படுகின்றன. காரணி VIIIன் உற்பத்திக் குறைபாட்டால் 'ஹீமோஃபிலியா A' என்னும் பால் சார்ந்த 'இரத்தம் உறையாமை நோய்' ஏற்படுகிறது. இந்நோயால் தாக்கப்பட்டவர்களுக்கு இரத்தம் உறைவதற்கு நீண்ட நேரம் ஆவதோடு. உட்புற உடல் இரத்தக்கசிவும் ஏற்படுகிறது.
- இயல்பான மனிதனின் இரத்தத்திலிருந்து உறைதல் காரணி VIII பிரிக்கப்பட்டு 'இரத்தம் உறையாமை A' நோய்க்கு சிகிச்சையளிக்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மிக அதிக அளவில் இரத்தம் தேவைப்படுதல் மற்றும் 'எய்ட்ஸ்' போன்ற தொற்றுநோய்கள் பரவும் அபாயம் போன்றவை இச்செயல் முறையில் உள்ள குறைபாடுகள் ஆகும். டி.என்.ஏ மறுசேர்க்கைத் தொழில் நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி, சீன ஆம்ஸ்டரின் (ஒரு வகைக் கொறிக்கும் விலங்கு) அண்டகத்திலும் மற்றும் அதன் குட்டியின் சிறுநீரக செல்களிலும் மறுசேர்க்கைக் காரணி VIIIஐ உற்பத்தி செய்யலாம். மிக அண்மையில், மனிதனிலிருந்து

பெறப்பட்ட செல் வகையைக் கொண்டு, முதன் முதலாக மனித இரத்த உறைவுக் காரணி VIII உற்பத்தி செய்யப்பட்டுள்ளது.

இன்டர்.:பெரான்கள்

- பாலூட்டிகளின் செல்கள் வைரஸ்களால் பாதிக்கப்படும் போது, அச்செல்களால் உற்பத்தி செய்யப்படும் சிற்றினக்குறிப்பிடு தன்மையுடைய, புரதத்தாலான, வைரஸ் எதிர்ப்புப் பொருட்களே 'இன்டர்.:பெரான்கள்' ஆகும். 1957ல் அலிக் ஐசாக்ஸ் (Alick Isaacs) மற்றும் ஜீன் லின்ட்மேன் (Jean Lindemann) என்பவர்களால் இன்டர்.:பெரான்கள் முதன் முதலில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. அவற்றின் அமைப்பின் அடிப்படையில் இன்டர்.:பெரான்கள் α , β மற்றும் γ என வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இவை, செல்லில் உள்ள டி.என்.ஏ வைத் தூண்டி, வைரஸ் எதிர்ப்பு நொதிகளைச் சுரக்கச் செய்து அதன் மூலம் வைரஸ்களின் பெருக்கத்தைத் தடுத்து செல்களைப் பாதுகாக்கின்றன. காரணி VIIIஐப் போன்ற இன்டர்.:பெரான்களை இரத்தத்திலிருந்து பிரித்தெடுக்கலாம். ஆனால், இதற்கு மிக அதிக அளவில் இரத்தம் தேவைப்படுவதால் இது நடைமுறைச் சாத்தியம் இல்லை. இச்சிக்கலைக் கடப்பதற்கு, இன்டர்.:பெரான்களை rDNA தொழில்நுட்பம் மூலம் உருவாக்குவது உகந்ததாகும். மறுசேர்க்கை இன்டர்.:பெரான்கள் (recombinant interferons) உற்பத்திக்கு 'எ.கோலை' யை விட 'சாக்கரோமைசெஸ் செரிவிசியே' என்னும் ஈஸ்ட் பொருத்தமானதாகும். ஏனெனில், புரதங்களைச் சர்க்கரையெற்றம் (Glycosylation) அடைய வைக்கத் தேவையான இயங்குதளம் 'எ.கோலை'யில் இல்லை. புற்றுநோய், எய்ட்ஸ், தண்டுவட மரப்பு நோய் (multiple sclerosis), கல்லீரல் அழற்சி (hepatitis), அக்கிப்புடை (herpes zoster) போன்ற பல்வேறு நோய்களுக்கான சிகிச்சையில் இன்டர்.:பெரான்கள் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. இவ்விதம், பல சிகிச்சைப் பயன்பாடுகளை இவை கொண்டிருந்தாலும் அவற்றின் அதீதமான உற்பத்திச் செலவு காரணமாக, சாதாரண மனிதனுக்கு இன்னும் எட்டாக்கனியாகவே இன்டர்.:பெரான்கள் விளங்குகின்றன.

மறுசேர்க்கைத் தடுப்பூசிகள்.:தடுப்பு மருந்துகள் (Recombinant vaccines)

- புதிய தலைமுறைத் தடுப்பூசிகளை உருவாக்க டி.என்.ஏ மறுசேர்க்கைத் தொழில்நுட்பம் பயன்படுகிறது. இம்முறையின் மூலம், பாரம்பரியத் தடுப்பூசி உற்பத்தி முறைகளிலிருந்த வரம்புகளைக் கடக்க இயலும்.
- வழக்கமான நடைமுறைகளில் உற்பத்தி செய்யப்படும் தடுப்பூசிகளுடன் ஒப்பிடும்போது, மறுசேர்க்கைத் தடுப்பூசிகள் சீரான தரத்துடன் குறைவான பக்க விளைவுகளைக் கொண்டுள்ளன. மறுசேர்க்கைத் தடுப்பூசிகளின் பல்வேறு வகைகளாவன:
 - துணை அலகு தடுப்பூசிகள்
 - வலு குறைக்கப்பட்ட மறுசேர்க்கைத் தடுப்பூசிகள்
 - டி.என்.ஏ தடுப்பூசிகள்

துணை அலகு தடுப்பூசிகள் (Subunit vaccines)

- நோயுண்டாக்கும் உயிரியை, முழுஉயிரியாகப் பயன்படுத்தாமல், அவ்வுயிரியின் பகுதிகளை மட்டும் பயன்படுத்தித் தயாரிக்கப்படும் தடுப்பூசிகளுக்கு 'துணை அலகு தடுப்பூசிகள்' என்று பெயர். புதிய வகை துணை அலகு தடுப்பூசிகள் தயாரிக்க டி.என்.ஏ மறுசேர்க்கைத் தொழில் நுட்பம் ஏற்றதாகும். இம்முறையில், நோயுண்டாக்கும் உயிரியிலுள்ள புரதங்கள், பெப்டைடுகள் மற்றும் அவற்றின் டி.என்.ஏக்கள் ஆகிய கூறுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. தயாரிப்பில் தூய்மை, நிலைப்புத்தன்மை மற்றும் பாதுகாப்பான பயன்பாடு ஆகியவை இவ்வகைத் தடுப்பூசிகளின் நன்மைகளாகும்.

வலு குறைக்கப்பட்ட மறுசேர்க்கைத் தடுப்பூசிகள் (Attenuated recombinant vaccines)

- மரபியல்பு மாற்றப்பட்ட நோயுண்டாக்கி உயிரிகளில் (பாக்டீரியா அல்லது வைரஸ்) அவற்றின் நோயுண்டாக்கும் தன்மை நீக்கப்பட்டு தடுப்பூசிகளாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பாக்டீரியா அல்லது வைரஸ்களை மரபுப் பொறியியல் மாற்றம் மூலம் உயிருள்ள தடுப்பூசிகளாகப் (live vaccines) பயன்படுத்தலாம். இத்தகைய தடுப்பூசிகள் 'வலு குறைக்கப்பட்ட மறுசேர்க்கைத் தடுப்பூசிகள்' எனப்படும்.

டி.என்.ஏ தடுப்பூசிகள் (DNA vaccines)

- டி.என்.ஏ தடுப்பூசிகளை மரபியல் நோய்த்தடுப்பு முறையாகப் பயன்படுத்தும் ஒரு புதிய அணுகுமுறை 1990ல் நடைமுறைக்கு வந்தது. டி.என்.ஏ மூலக்கூறுகள் மூலம் உடலில் தடைகாப்பு வினைகள் தூண்டப்படுகின்றன. 'எதிர்ப்பொருள் தூண்டி புரதத்திற்கு' (antigenic protein) குறியீடு செய்யும் ஒரு மரபணுவை டி.என்.ஏ தடுப்பூசி கொண்டுள்ளது. இந்த மரபணுவை பிளாஸ்மிட்டுக்குள் செலுத்தி, பின்னர் ஒரு இலக்கு விலங்கின் உடல் செல்களுக்குள் ஒன்றிணையச் செய்யப்படுகிறது. உள்ளே சென்ற அந்த டி.என்.ஏ எதிர்ப்பொருள் தூண்டி மூலக்கூறுகளை உருவாக்க செல்களுக்கு உத்தரவிடுகிறது. அவ்விதம் உருவாக்கப்பட்ட மூலக்கூறுகள் செல்களுக்கு வெளியே காணப்படுகின்றன. செல்களால் உருவாக்கப்பட்டு, சுதந்திரமான மிதந்து கொண்டிருக்கும் இம்மூலக்கூறைக் காணும் நமது தடைகாப்பு, தனது வலுவான எதிர்ப்பை, எதிர்ப்பொருள் உருவாக்கத்தின் மூலம் தெரிவிக்கிறது.

மரபுப்பொறியியல் என்னும் அறிவியற்புலத்தைப் பயன்படுத்தி 'மூலக்கூறு மருந்தாக்கம்' என்னும் முறைமூலம் வாய்வழி தடுப்பு மருந்துகள் தயாரிக்கப்படுகின்றன. தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட மரபணுக்கள் தாவரங்களுக்குள் புகுத்தப்பட்டு மரபியல்பு மாற்றப்படுவதால், அம்மரபணுக்களுக்குரிய புரதம் உற்பத்தியாகிறது. உண்ணத்தகுந்த தடுப்பு மருந்துகள் கோழைப்படலத்தை இலக்காகக் கொண்டவை. இவை, உடல் பகுதி மற்றும் கோழைப்படலம் சார்ந்த தடைகாப்பு வினைகளைத் தூண்டுகின்றன. தற்பொழுது, மனித மற்றும் விலங்கு நோய்களான, மணல்வாரி, காலரா, கால் மற்றும் வாய் நோய் மற்றும் கல்லீரல் அழற்சி போன்றவற்றிற்கான உண்ணத்தகுந்த தடுப்பு மருந்துகள் உற்பத்தி செய்யப்பட்டுள்ளன.

டி.என்.ஏ தடுப்பூசியால் நோயை உருவாக்க இயலாது. ஏனெனில் இது நோயுண்டாக்கும் மரபணுவின் ஒரு பகுதி நகல்களையே கொண்டுள்ளது. வடிவமைக்கவும் மலிவாக உற்பத்தி செய்வதற்கும் டி.என்.ஏ தடுப்பூசிகள் எளிதானவை.

மறுசேர்க்கை HB தடுப்பூசி உற்பத்தி

1997ல் முதன் முதலில் உருவாக்கப்பட்ட செயற்கைத் தடுப்பூசி, ஹெப்பாடைடிஸ் B (HbsAg) நோய்க்கு எதிரான மறுசேர்க்கைத் தடுப்பூசி ஆகும். இது, ரிகாம்பிவேக்ஸ் (Recombivax) மற்றும் என்ஜெரிக்ஸ் B (Engerix B) என்னும் வணிகப் பெயர்களில் விற்பனையாகிறது. அமெரிக்கா, ஃப்ரான்ஸ் மற்றும் பெல்ஜியம் நாடுகளுக்கு அடுத்தபடியாக, ஹெப்பாடைடிஸ் B தடுப்பூசியைச் சொந்தமாகத் தயாரித்த நான்காவது நாடு இந்தியா ஆகும்.

- இவ்வாறு புதிய தொழில் நுட்ப முறைகளின் மூலம் உருவாக்கப்படும் தடுப்பூசிகள் உறுதியான பல நன்மைகளைக் கொண்டுள்ளன. அவையாவன: இலக்கு புரத உற்பத்தி, நீண்டு நிலைக்கும் நோய்த்தடைக்காப்பு மற்றும் குறிப்பிட்ட நோயுண்டாக்கிகளுக்கு எதிரான தடைக்காப்பு விளைகளை குறைந்த நச்சு விளைவுகளுடன் விரைவாகத் தூண்டுதல் ஆகியன.
- சாக்கரோமைசெஸ் செரிவிசியே எனும் ஈஸ்ட்டில், ஹெப்பாடைடிஸ் B புறப்பரப்பு எதிர்பொருள் துண்டிக்கான (HbsAg) மரபணுவை நகலாக்கம் செய்து, துணை அலகு தடுப்பூசியாக மறுசேர்க்கை ஹெப்பாடைடிஸ் B தடுப்பூசி உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது படம்.

மரபணு சிகிச்சை (Gene therapy)

- பிறக்கும்போதே ஒரு மனிதன் மரபிய நோயோடு பிறப்பானேயாகில், அதைச் சரி செய்ய ஏதேனும் சிகிச்சைகள் உளதோ? அவ்வாறாகின், 'மரபணு சிகிச்சை' எனும் செயல்முறையின் மூலம் அது சாத்தியம் ஆகும். ஒன்றோ அல்லது அதற்கு மேற்பட்டோ மாற்றமடைந்த அல்லல்களைக் கொண்ட ஒருவனுடைய செல்களுக்குள் இயல்பான மரபணுவை செலுத்தி அவற்றைச் சரி செய்யலாம். இவ்வாறு உட்செலுத்தப்பெற்ற மரபணு செயல்பட்டு, உருவாக்கும் செயல்நிலை விளைபொருட்களினால் இயல்பான புறத்தோற்றம் உருவாகிறது. இயல்பான அல்லலை செல்களுக்குள் செலுத்தும் பணியானது ஒரு கடத்தி மூலம் செயல்படுத்தப்படுகிறது. ஒரு மரபணுத்திடர் மாற்றத்தால் உருவாகும் நோய்களான, 'நீர்மத்திசுவழற்சி' (Cystic fibrosis) மற்றும் 'இரத்த உறையாமை' (Haemophilia) போன்ற நோய்களைக் குணப்படுத்தும் முயற்சியே மரபணு சிகிச்சையின் முக்கிய நோக்கமாகும். பெரும்பாலான மரபியல் நோய்களுக்கு இன்றுவரை சரியான சிகிச்சை முறை இல்லையாதலால், மரபணு சிகிச்சை ஒன்றே பலருக்கும் நம்பிக்கையளிப்பதாகும். மரபணு சிகிச்சையில் பயன்படுத்தப்படும் இருவித உத்திகளாவன: 'மரபணு பெருக்குதல் சிகிச்சை' (Gene augmentation therapy) மற்றும் 'மரபணுத்தடை சிகிச்சை' (Gene augmentation therapy) ஆகியன. இழந்த மரபுப்பொருளை ஈடு செய்ய

மரபணுத் தொகுதியில் டி.என்.ஏவை நுழைத்துச் சரிசெய்யும் முறைக்கு மரபணு பெருக்குதல் சிகிச்சை என்று பெயர். உணர்தடை மரபணுக்களை (anti-sense genes) நுழைத்து ஒங்கு மரபணுவின் வெளிப்பாட்டைத் தடை செய்யும் சிகிச்சைக்கு மரபணுத் தடை சிகிச்சை என்று பெயர்.

உடற்செல் மரபணு சிகிச்சைக்கும் இனச்செல் மரபணு சிகிச்சைக்கும் இடையேயான வேறுபாடுகள்

உடற்செல் மரபணு சிகிச்சை	இனச்செல் மரபணு சிகிச்சை
சிகிச்சையளிக்கும் மரபணுக்கள் (therapeutic genes) உடற்செல்களுக்குள் மாற்றப்படுகின்றன.	சிகிச்சையளிக்கும் மரபணுக்கள் இனச்செல்களுக்குள் மாற்றப்படுகின்றன.
எலும்பு மஜ்ஜை செல்கள், இரத்த செல்கள், தோல் செல்கள் போன்ற செல்களுக்குள் மரபணுக்கள் செலுத்தப்படுகிறது.	அண்டச்செல்கள் மற்றும் விந்து செல்களுக்குள் மரபணுக்கள் செலுத்தப்படுகின்றன.
பிந்தைய தலைமுறைக்கு பண்புகள் கடத்தப்படுவதில்லை.	பிந்தைய தலைமுறைக்கு பண்புகள் கடத்தப்படுகின்றன.

அடினோசின் டி அமிலேஸ் (ADA) குறைபாடு கொண்ட நான்கு வயது பெண் குழந்தைக்கு ஃப்ரெஞ்ச் ஆன்டர்சன் என்பவரால், 1990ல் முதன் முதலில் மரபணு சிகிச்சை மருத்துவம் அளிக்கப்பட்டது. ADA நொதி உருவாக்கத்துக்குத் தேவையான மரபணுவின் செயலிழப்பு அல்லது நீக்கம் காரணமாக இக்குறைபாடு உண்டாகிறது. இந்நோயாளிகளின் உடலிலுள்ள 'T' செல்களின் செயலிழப்பால், உள் நுழையும் நோயுக்கிகளுக்கு எதிரான நோய்த்தடைகாப்பு பதில் வினைகளை அவற்றால் வெளிப்படுத்த முடிவதில்லை. இந்நிலையில், பாதிக்கப்பட்ட நோயாளிகளுக்கு, செயல்புரியும் நிலையிலுள்ள அடினோசின் டி அமிலேஸ் அளிக்கப்பட்டு, அதன் மூலம் நச்சுத்தன்மையுள்ள உயிரியல் பொருட்களை அழிப்பதே SCID நோய்க்கான சரியான சிகிச்சை முறையாகும்.

சில குழந்தைகளில், ADA குறைபாட்டை, எலும்பு மஜ்ஜை மாற்று சிகிச்சை மூலம் குணப்படுத்தலாம். இதில் குறைபாடுடைய நோய்த்தடை செல்களை கொடையாளியிடமிருந்து பெறப்பட்ட நலமான நோய்த்தடை செல்களைக் கொண்டு பதிலீடு செய்யப்படுகிறது. சில நோய்களில், நொதி பதிலீட்டு சிகிச்சை முறையாக, செயல்நிலை ADA நோயாளியின் உடலில் செலுத்தப்படுகிறது.

மரபணு சிகிச்சையின்போது, நோயாளியின் இரத்தத்திலிருந்து லிம்போசைட்டுகள் பிரித்தெடுக்கப்பட்டு, ஒரு ஊட்ட வளர்ப்பு ஊடகத்தில் வளர்க்கப்படுகிறது. ADA நொதி உற்பத்திக்குக் குறியீடு செய்யும் நலமான, செயல்நிலை மனித மரபணுவான ADA cDNA வை ரெட்ரோவைரஸ் கடத்தியின் உதவியுடன் லிம்போசைட்டுகளுக்குள் செலுத்தப்படுகிறது. இவ்வாறு மரபுப்பொறியியல் செய்யப்பட்ட லிம்போசைட்டுகள் மீண்டும் நோயாளியின் உடலினுள் செலுத்தப்படுகிறது. இவை, சில காலமே

உயிர்வாழ்வதால் குறிப்பிட்ட கால இடைவெளியில், மரபுப்பொறியியல் செய்யப்பட்ட லிம்போசைட்டுகளை மீண்டும் மீண்டும் செலுத்திக் கொள்ள வேண்டும். எனும்பு மஜ்ஜையிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட ADA மரபணுக்களை ஆரம்பகட்ட கருநிலை செல்களுக்குள் செலுத்துவதன் மூலம் இந்நோயை நிரந்தரமாகக் குணப்படுத்த இயலும்.

உள்ள மரபணுக்களை உடற்செல்லுக்குள் செலுத்தி மரபியல் நோயை நிரந்தரமாகச் சரி செய்யும் முறை 'உடற்செல் மரபணு சிகிச்சை' எனப்படும். இதே போன்று, அடுத்தடுத்த தலைமுறைகளுக்கு செல்லும் வகையில் இனச் செல்களுக்குள் டி.என்.ஏ வைச் செலுத்திச் சரி செய்தால் அதற்கு 'இனச்செல் மரபணு சிகிச்சை' என்று பெயர். குறிப்பிட்ட மரபணுவைத் தனித்துப் பிரித்தெடுத்து அதன் நகல்களை உருவாக்கி பின்பு அவற்றை இலக்கு செல்களுக்குள் செலுத்தி விரும்பிய (சரியான) புரதத்தை உற்பத்தி செய்தலே மரபணு சிகிச்சை ஆகும். இவ்விதம் செலுத்தப்படும் மரபணுவை, பெறுபவரின் உடலுக்குள் அது சரியான விதத்தில் செயல்பட்டு வெளிப்பாட்டை அளிக்கிறதா என்பதையும் இந்த மரபணுவில் உருவாக்கப்படும் புதிய வகைப் புரதங்களோடு அந்நபரின் நோய்த்தடைக்காப்பு மண்டலம் எதிர்வினை ஏதும் புரியவில்லை என்பதையும் மற்றும் நோயாளிக்குத் தீங்கு என்பதையும் மரபணு சிகிச்சையாளர்கள் உறுதிப்படுத்திக் கொள்ளுதல் மிக முக்கியமானதாகும்.

தண்டு செல் சிகிச்சை (Stem Cell Therapy)

- பெரும்பாலான பல செல் உயிரிகளில் காணப்படும் வேறுபாடு அடையாத செல்கள் 'தண்டு செல்கள்' ஆகும். இவை பல மறைமுகப்பிரிவுகளுக்கு உட்பட்டாலும் தங்களது வேறுபாடு அடையாத தன்மையைத் தொடர்ந்து பராமரித்து வருகின்றன.
- சேதமற்ற மற்றும் நோயற்ற உறுப்புகளை மீண்டும் உருவாக்கி எதிர்கால மருத்துவத்துறையில் புரட்சி படைக்கத் தேவையான திறனுடன் தண்டு செல் ஆராய்ச்சிகள் விளங்குகின்றன. தங்களைத் தாங்களே புதுப்பித்துக்கொள்ளும் இயல்புடைய தண்டு செல்கள் 'செல் திறனை' (Cellular Potency) வெளிப்படுத்துகின்றன. மூன்று வகை வளர்ச்சி அடுக்குகளான புற அடுக்கு, அக அடுக்கு மற்றும் நடு அடுக்கு ஆகிய அடுக்குகளிலிருந்து உருவாகும் அனைத்து வகை செல்களாகவும் மாறும் திறன் படைத்தவை தண்டு செல்கள் ஆகும்.
- பாலூட்டிகளில், இரு முக்கிய தண்டு செல் வகைகள் காணப்படுகின்றன. அவை 'கருநிலை தண்டு செல்கள்' (Embryonic stem cells) மற்றும் 'முதிர் தண்டு செல்கள் (Adult stem cells).' கருநிலை தண்டு செல்கள் 'பகுதித்திறன்' (Pluripotent) கொண்டவை. அவற்றிற்கு, புற அடுக்கு, நடு அடுக்கு மற்றும் அக அடுக்கு என்னும் மூன்று அடிப்படை வளர்ச்சி அடுக்குகளையும் உருவாக்கும் திறன் உள்ளது. கருநிலை செல்கள் பல்திறன் (Multipotent) கொண்டவையாகவும் விளங்குகின்றன. அவை, பலவகையான செல்களாக மாற்றமுறும் திறன் படைத்தவை (படம்). கருக்கோளத்தினுள் காணப்படும் செல்திரளின் மேற்பகுதி திசுக்களில் (Epiblast tissue) இருந்து கருநிலை தண்டு செல்கள் பிரித்தெடுக்கப்படுகின்றன.

- கருநிலை தண்டு செல்கள் தூண்டப்படும்போது, 200க்கும் மேற்பட்ட முதிர்ந்த உடலின் செல் வகைகளாக மாற்றமடையக்கூடும். கருநிலை தண்டுசெல்கள் அழிவற்றவை. அதாவது, கிருமி நீக்கம் செய்யப்பட்ட ஊடகத்தில் அவை நன்கு வளர்ந்து தங்களது வேறுபாடு நிலையைத் தொடர்ந்து பராமரிக்கவும் செய்கின்றன.
- குழந்தைகள் மற்றும் முதிர்ந்த மனிதர்களின் பல்வேறு திசுக்களில் முதிர் தண்டு செல்கள் காணப்படுகின்றன. முதிர் தண்டு செல் அல்லது உடல் தண்டு செல் பிரிதலடைந்து தன்னைப்போன்றே மற்றொரு செல்லை உருவாக்க இயலும். பெரும்பாலான முதிர் தண்டு செல்கள் பல்திறன் (Multipotent) கொண்டவை. இவை, உடலின் சேதமற்ற பாகங்களைச் சரி செய்யும் அமைப்பாகவும் முதிர் உயிரி திசுக்களைப் புதுப்பிக்கும் அமைப்பாகவும் திகழ்கின்றன. முதிர் தண்டு செல்களின் அதிகப்படியான உற்பத்திக்கு மூலாதாரமாக சிவப்பு மஜ்ஜை விளங்குகிறது.

கருநிலை தண்டு செல்கள்

- மனித தண்டு செல்களின் மிகமுக்கியமான திறன் வாய்ந்த பயன்பாடு என்னவெனில், செல் அடிப்படையிலான சிகிச்சைகளுக்குப் (Cell based therapeutics) பயன்படும் செல்களையும் திசுக்களையும் உற்பத்தி செய்தல் ஆகும். மனித தண்டு செல்கள் புதிய மருந்துகளைச் சோதனை செய்து பார்க்க உதவுகின்றன.

முழுமைத்திறன் (Totipotency) எனப்படுவது, ஒற்றைச் செல், பிரிதலடைந்து ஒரு உயிரியின் அனைத்து வகையான வேறுபாடடைந்த செயல்களையும் உருவாக்கும் திறனாகும்.

பகுதித்திறன் (Pluripotency) எனப்படுவது, தண்டு செல்லானது புற அடுக்கு, அக அடுக்கு, நடு அடுக்கு என்னும் மூவகை அடுக்குகளில் ஏதேனும் ஒரு செல் அடுக்காக மாறும் திறனாகும்.

பல்திறன் (Multipotency) எனப்படுவது, தொடர்புடைய, பலவகை செல்வகைகளாக மாற்றமுறும் தண்டு செல்களின் திறனாகும். எடுத்துக்காட்டாக, இரத்தத்தண்டு செல்கள், லிம்ஃபோசைட்டுகள், மோனோசைட்டுகள், நியூட்ரோஃபில்கள் மற்றும் இன்னபிற செல்களாக வேறுபாடடைதலில்லை.

ஒற்றைத்திறன் (Unipotency) எனப்படும் திறனில் தண்டு செல்கள் ஒரேயொரு செல்வகையாக மட்டும் வேறுபாடடையும்.

தண்டு செல் வங்கிகள் (Stem cell Banks)

- எதிர்கால சிகிச்சைத் தேவைகளுக்காக தண்டு செல்களைப் பிரித்தெடுத்தல், பதப்படுத்துதல் மற்றும் சேமித்து வைத்தல் ஆகிய பணிகளை உள்ளடக்கியதே **தண்டு செல் வங்கியியல் (Stem Cell Banking)** எனப்படும். பனிக்குட திரவத்திலிருந்து பெறப்படும் தண்டு செல்களை எதிர்காலப் பயன்பாட்டிற்காகச்

சேமித்து வைக்கும் வசதி கொண்ட இடத்திற்கு பனிக்குட திரவ செல் வங்கி (Amniotic Cell Bank) என்று பெயர். ஒரு நபரிடமிருந்து பெறப்படும் தண்டு செல்களைச் சேகரித்து குறிப்பிட்ட அந்நபரின் எதிர்காலப் பயன்பாட்டிற்காக அவற்றைத் தண்டு செல் வங்கிக்குரிய கட்டணத்தைச் செலுத்தி சேமித்து வைக்கப்படுகிறது. குழந்தை பிறக்கும்போது அதன் தொப்புள் கொடியிலிருந்து தண்டு செல்களைப் பிரித்தெடுத்து அவற்றைச் சேமிக்கும் முறைக்கு தொப்புள்கொடி இரத்த வங்கியியல் (Cord Blood banking) என்று பெயர். தொப்புள் கொடி மற்றும் அதன் இரத்தம் ஆகியவை தண்டு செல்களுக்கான சிறந்த மூலங்கள் ஆகும். அதே சமயம், தாய் சேய் இணைப்புத்திசு, பனிக்குட உறை மற்றும் பனிக்குட திரவம் ஆகியவையும் மிகுந்த அளவில் தரமான தண்டு செல்களைக் கொண்டுள்ளன.

மூலக்கூறு அளவில் நோய் கண்டறிதல் (Molecular Diagnostics)

- தொற்று நோய்களாக இருந்தாலும், பரம்பரையாக வரும் மரபியல் நோய்களாக இருந்தாலும் முன்கூட்டியே கண்டறிதல் சரியான சிகிச்சைக்கு முக்கியமானதாகும். பாரம்பரிய கண்டறியும் நடைமுறைகளான, நுண்ணோக்கி வழி ஆய்வு, சீரம் பகுப்பாய்வு சிறுநீர் பகுப்பாய்வு போன்ற ஆய்வுகளின் மூலம் நோய்களைத் தொடக்க நிலையிலேயே கண்டறிய இயலாது. இந்த ஆய்வகத் தொழில்நுட்பங்கள் மறைமுகமானவை மற்றும் இலக்கு தன்மை (குறிப்பிடும் தன்மை) அற்றவை. எனவே நோய்களைக் கண்டறிய இலக்கு தன்மையுடைய, துல்லியமான, எளிய கண்டறிதல் தொழில் நுட்பங்களை நாடி அறிவியலாளர்கள் தொடர் ஆய்வுகளைச் செய்து வருகிறார்கள். டி.என்.ஏ மறுசேர்க்கைத் தொழில்நுட்பம், பாலிமரேஸ் சங்கிலி வினைகள் (polymerase Chain Reactions PCR), நொதி சார்ந்த நோய்த்தடைப்பொருள் உறிஞ்சுகை மதிப்பீடு (Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay) போன்ற நம்பகத் தன்மை உள்ள தொழில்நுட்பங்கள் நோய்களைத் தொடக்க நிலையிலேயே கண்டறிய உதவுகின்றன. நோயாளியின் உடலில் அறிகுறிகள் தோன்றும்போதுதான் அவனது உடலுக்குள் வைரஸ், பாக்டீரியா போன்ற நோயூக்கிகள் இருப்பதை அறிய முடிகிறது. ஆனால், அறிகுறிகள் தோன்றுவதற்குள் அவை நோயாளியின் உடலில் பல்கிப்பெருகி அதிக எண்ணிக்கையுடன் (அடர்வுடன்) காணப்படுகின்றன. இருப்பினும், பாக்டீரியா, வைரஸ் போன்றவை மிகக்குறைந்த எண்ணிக்கையில் இருக்கும்போதே, நோயின் அறிகுறிகளை வெளிப்படுத்துவதற்கு முன்பே அவற்றின் நியூக்ளிக் அமில பெருக்க வினையின் மூலம் அந்நோய்க்கிருமிகள் இருப்பதைக் கண்டறிய இயலும்.

நொதி சார்ந்த நோய்த்தடைப்பொருள் உறிஞ்சுகை மதிப்பீடு-எலைசா (ELISA Enzyme linked Immuno Sorbent Assay)

- சீரம் அல்லது சிறுநீர் மாதிரியின் குறிப்பிட்ட வகை எதிர்ப்பொருள் அல்லது எதிர்ப்பொருள் தூண்டிகள் உள்ளதா என்பதைக் கண்டறிய எவா எங்வால் என்பதைக் கண்டறிய எவா எங்வால் (EVA ENGVALL) மற்றும் பீட்டர் பெர்ல்மான் (1971) (Peter Perlmann) ஆகியோர்களால் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட உயிர்வேதி செயல்முறையே எலைசா ஆகும் ஒரு நபர் HIV தொற்று கொண்டவரா (Positive) இல்லையா (Negative) என்பதைக் கண்டறிய உதவும் மிக முக்கியமான கருவியாக எலைசா சோதனை விளங்குகிறது. ஒரு நபரின்

உடலில் உள்ள சீரத்தில் எதிர்ப்பொருள் அளவைத் தீர்மானிக்கவும் (நோயூக்கியான HIV தொற்று கொண்ட நபரின் உடலில் உற்பத்தியாகும். எதிர்ப்பொருளின் அளவு) குறிப்பிட்ட எதிர்ப்பொருள் தூண்டிகள், மனித கோரியானிக் கொனடோட்ரோபின் போன்ற ஹார்மோன்கள் ஆகியவற்றைக் கண்டறியவும் எலைசா ஒரு சோதனைக் கருவியாக உள்ளது.

- ஆன்டிஜெனைக் கொண்டுள்ளது எனச் சந்தேகிக்கப்படும் மாதிரியில், ஆன்டிஜென் இருப்பின் எலைசா தகட்டின் மேற்பரப்பில் அது நகர இயலாமல் செய்யப்படுகிறது (படம்). இந்த நகர்ச்சியற்ற எதிர்ப்பொருள் தூண்டியுடன் அதற்கே உரிய எதிர்ப்பொருள் சேர்க்கப்பட்டு வினைபுரியச் செய்யப்படுகிறது. இவ்வாறு சேர்க்கப்படும் எதிர்ப்பொருள் பெராக்ஸிடேஸ் போன்ற உகந்த நொதியுடன் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. வினைபுரியாத எதிர்ப்பொருள்கள் கழுவி, நீக்கப்பட்டு நொதியின் தளப்பொருள் (ஹைட்ரஜன் பெராக்ஸிடேஸ்) 4 குளோரோ நாப்தால் என்னும் வேதிப்பொருளுடன் சேர்க்கப்படுகிறது. நொதியின் செயல்பாட்டால், நிறமுள்ள விளைபொருள் உருவாவது எதிர்ப்பொருள் தூண்டி இருப்பதைக் குறிக்கும். உருவாகும் நிறத்தின் செறிவும் எதிர்ப்பொருள் தூண்டியின் எண்ணிக்கையும் நேர்விகிதத்தில் உள்ளன. எலைசா என்பது நேனோகிராம் அளவிலுள்ள எதிர்ப்பொருள் தூண்டிகளைக்கூட கண்டறிய உதவும் அதிக உணர்திறன் கொண்ட முறையாகும்.

நொதி சார்ந்த நோய்த்தடைப் பொருள் உறிஞ்சுகை மதிப்பீடு

- நமக்கு விருப்பமான டி.என்.ஏ துண்டுகளை எண்ணற்ற ஒத்த நகல்களாக (இலட்சக்கணக்கில்) அதிக அளவில் பெருக்கம் செய்யப் பயன்படும் ஒரு உடல் வெளி (in vitro) ஆய்வகத் தொழில் நுட்பமாக பாலிமரேஸ் சங்கிலி வினை செயல்படுகிறது. 1983-ல் கேரி முல்லிஸ் (1993-ல் நோபல் பரிசு பெற்றவர்) என்பவரால் இத்தொழில் நுட்பம் உருவாக்கப்பட்டது.
- (இயல்பு திரிபு (denaturation) இயல்பு மீள்வு (renaturation), அல்லது 'முதன்மை இணைப்பு இழை பதப்படுத்துதல்' (Prime annealing) மற்றும் அதன் 'உற்பத்தி' (synthesis) அல்லது 'நீட்சி' (Primer extension) அதிக வெப்பநிலையைப் பயன்படுத்தி, நமக்குத் தேவைப்படும் இரட்டைச்சருள் டி.என்.ஏவின் இயல்பைத்திரித்து இரண்டு தனித்தனியான இழைகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. இதற்கு இயல்பு திரிபு என்று பெயர். ஒவ்வொரு இழையும் ஒரு முதன்மை இணைப்பு இழையுடன் கலப்பு செய்யப்படுகிறது. (renaturation or primer annealing). இந்த முதன்மை இணைப்பு அச்சு வார்ப்பு இழையைக் கொண்டு Taq டி.என்.ஏ பாலிமரேசைப் பயன்படுத்தி புதிய டி.என்.ஏ உருவாக்கப்படுகிறது.
- இயல்பு திரிபு நிகழ்ச்சியில், வேதிவினைக் கலவையானது 95°C வெப்பநிலையில் சிறிது நேரம் வெப்பப்படுத்தப்படுகிறது. இதனால் இலக்கு டி.என்.ஏ தனது இயல்பு திரிந்து தனித்த இழைகளாகப் பிரிகிறது. இவ்விழைகள் புதிய டி.என்.ஏக்களை உருவாக்கும் அச்சு வார்ப்பு டி.என்.ஏக்களாகச் செயல்படுகின்றன. கலவையை விரைந்து குளிர்விப்பதன் மூலம் இரு முதன்மை இணைந்து இணைப்பு அழைகளும், இலக்கு டி.என்.ஏவின் தனி இழைகளின் பக்கவாட்டில் இணைந்து கொள்கின்றன. முதன்மை இணைப்பு இழையின் நீட்சி அல்லது உருவாக்கத்தின்போது கலவையின்