3787

செல்லியல்

(பட்டப்படிப்பிற்குரிய சிறப்புப்பாடம்)

டாக்டர் என். இராமலிங்கம்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த. பா. நி. (க. வெ.) வரிசை எண்—243

செல்லியல்

(பட்டப்படிப்பிற்குரிய சிறப்புப்பாடம்)

(திருத்தப்பட்ட பாடத் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது)

ஆசிரியர் :

டாக்டர் என். இராமலிங்கம், எம்.ஏ., எம்.எஸ்ஸி., பிஎச்.டி.,

விரிவுரையாளர், விலங்கியல் துறை,

அண்ணாமலைப் பல்கலைக்கழகம்,

அண்ணாமலை நகர்.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—August, 1970
Revised Edition—May, 1975

TaN T.B.S. (C.P.) No. 243

© Tamilnadu Textbook Society

CYTOLOGY (Major)

Dr. N. RAMALINGAM

Price Rs. 3-90

Published by the Tamilnadu Textbook Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.

Printed by
TIRUPPUR PRESS,
1, Sivan Koil Cross Street,
Madras-600 024.

அணிந்துரை

திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன்
(தமிழகக் கல்வி அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பதினைந்து ஆண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பட்டப் படிப்பு வகுப்புவரை மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்று வருகின்றனர். நாடு முழுதும் பரந்துள்ள மாணவர்களின் ஆர்வம், 'தமிழிலேயே கற்பிப்போம்' என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத்திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், மெய்ப்பொருளியல், கணிதம், இயற்பியல், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல், சட்டம் ஆகிய பல துறைகளில் மூல நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான 'செல்லியல்' என்ற இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் சார்பில் வெளியான 243 ஆவது வெளியீடாகும். தமிழ் மக்களின் பேராதரவினாலும் தமிழைப் பயிற்சி மொழியாகக் கொண்டவர்களின் நல்லூக்கத்தினாலும், இதன் முந்தைய பதிப்புப் படிகள் அனைத்தும் விற்பனையாகி விட்டன. ஆதலின் இப்பொழுது இந்நூல் மீண்டும் வெளிவருகின்றது. இந்நூல் மைய அரசு, கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் மாநில மொழியில் பல்கலைக்கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

தமிழில் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும் என்பதே நம் குறிக்கோளாகும். கல்லூரிகளிலும் பல்கலைக் கழகங்களிலும், கலையியற் பாடங்களையும், அறிவியற் பாடங்களையும், தொழில்நுட்ப அறிவுப் பாடங்களையும் பயிலுகின்ற மாணவர்கள், அவற்றைத் தமிழில் பயில வேண்டும் என்பதை வலியுறுத்தி வருவதற்குக் காரணம், தமிழறிவு வளர வேண்டும் என்பதைவிட, தமிழ் மக்களின் அறிவு ஆற்றல் எளிதாக, விரைவாக வளர வேண்டும் என்பது தான். 'எதிலும் தமிழ் எங்கும் தமிழ்' என்ற குறிக்கோளை நிறைவேற்றவேண்டிய கடப்பாடு தமிழகத்து ஆசிரியப் பெருமக்களையும் மாணவர்களையும் சார்ந்ததாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பல்வகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம் கலந்த நன்றி உரியதாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

பொருளடக்கம்

பக்கம்

1. தோற்றுவாய் ... 1

செல்லியல் வரலாறு—செல்களின் அமைப்பு—நுண்-அலகுகள் — எல்லைப்படுத்தும் காரணிகள்.

2. செல் கொள்கை ... 8

செல் கொள்கை வரலாறு—முற்கால வரலாறு—இடைக்கால வரலாறு—பிற்கால வரலாறு.

3. செல் அமைப்பு ... 12

உயிர்த்தாது — செல் சவ்வு — உட்கரு — உயிர்த் தாது வலை — ஹையலோபிளாசம் — மைட்டோ காண்டிரியா—கோல்கைப் பொருள்—மையப் பொருள் — லைசோசோம் — குமிழிகள் — கணிகங்கள்—நுண்ணிழையும் கசையும்.

4. உயிர்த்தாது ... 21

உயிர்த்தாதுவின் வேதியியல் தன்மைகள்—கார்போஹைடிரேட்டுகள் — கொழுப்புகள்—புரதம் —உட்கரு அமிலங்கள் — டிஎன்ஏ-யின் அமைப்பு — டி என் ஏ பிரதியுண்டாதல் — ஆர் என் ஏ — உயிர்த் தாதுவின் பௌதிகத் தன்மைகள்—பாகுநிலை—நீளும் தன்மைகள்—உயிர்த்தாதுவிலுள்ள அமைப்புடைய இணைப்புகள்—ஒளி விலக்கம்—உயிர்த்தாதுவின் கொல்லாய்டு தன்மை.

பக்கம்

5. செல் சவ்வு 45

செல் சவ்வின் பருமன்—செல் சவ்வின் கூட்டுப் பொருள்கள்—செல் சவ்வு அமைப்பு—நுவாரங்கள் — பாஸ்ஃபோலிபிட் பலன் — அலகு சவ்வு—செல் சவ்வின் வழியாக நீரின் இயக்கம்—நீர்நிலை அழுத்தம்—ஊடு கலப்பு அழுத்தம்—சவ்வினூடே கரைபொருள்கள் செல்லல்—அயான்கள் செல்லுதல்—டோனன் சமநிலை—செயல்மிகு பெயர்ச்சி—நீரின் செயல்மிகு பெயர்ச்சி—மோனோசாக்கரைடுகளின் செயல்மிகு பெயர்ச்சி—செயல்மிகு பெயர்ச்சி நடைபெறும் விதம்.

6. மைட்டோகாண்டிரியா ... 59

மைட்டோகாண்டிரியாவின் அமைப்பு — மைட்டோகாண்டிரியா துகள்கள்—மைட்டோகாண்டிரியாவின் பணி — ஏ டி பி உண்டாதல் — மைட்டோகாண்டிரியாவின பணியைக் கட்டுப்படுத்துதல்.

7. கோல்கைப் பொருள் ... 68

கோல்கைப் பொருளின் அமைப்பு — பௌதிக இரசாயனத் தன்மைகள்—இரசாயனக் கூட்டுப் பொருள்கள்—கோல்கைப் பொருளின் பணி—சுரத்தலுக்கும் கோல்கைப் பொருளுக்குமுள்ள தொடர்பு.

8. லைசோசோம்கள் ... 76

லைசோசோம் அமைப்பு — லைசோசோம்களின் பணி—சனித்துகள் செரிமானம்—செல் அகப் பொருள்களின் செரிமானம்—செல் செரிமானம் —செல் புறப் பொருள்களின் செரிமானம்.

9. உயிர்த்தாது வலையும் ரிபோசோம்களும் ... 81

உயிர்த்தாது வலை—ரிபோசோம்கள்.

பக்கம்

10. செல் மையம் ... 85

இடைநிலையில் செல் மையம் — செல் மையத்தின் இருப்பிடம்—தன்மை—சென்ட்ரோசோம்—மையக்கோளம்.

11. உட்கருவும் உட்கருமணியும் ... 90

உட்கருவின் உருவம்—உட்கருவின் அளவு—உட்கருவின் இடம் — உட்கருவின் அமைப்பு— உட்கருவின் பௌதிக இரசாயனத் தன்மைகள்—இடைநிலை உட்கருவின் பணி முக்கியத்துவம் — உட்கருமணியின் அமைப்பு — உட்கருமணியின் செல்வேதியியல் — உட்கருமணியின் பணி.

12. குரோமசோம்கள் ... 102

அமைப்பியல் — மையப்பகுதி — முனைப் பகுதிகள்—துணைக் கோள்கள் — உட்கருமணிச் சூழிடம்—குரோமசோம்களின் அமைப்பு—பெரும் குரோமசோம்கள்—பல கட்டுக் குரோமசோம்கள்—லாம்பிரஷ் குரோமசோம்கள்—குரோமசோம்களின் குறிப்பிடத்தக்க தன்மைகள்.

13 புரத உற்பத்தி ... 111

ஜெனிடிக் கோட்—புரத உற்பத்தி

14. செல் வளர்ச்சியும் எதிர்முகப் பகுப்புமுறையும் ... 119

செல் பகுப்பு—எதிர்முகப் பகுப்பு—முதல் நிலை—நடு நிலை—முன் நிலை—கடை நிலை—சைட்டோபிளாசம் பிரிதல்—எதிர்முகப் பகுப்பு முறையின் முக்கியத்துவம்.

15. இனச்செல் முதிர்வழியும் குன்றல் பகுப்பு முறையும் ... 128

இனச்செல் முதிர்வழி—விந்தணு முதிர்வழி—விந்தணு தொடங்கும் வழி—முட்டை முதிர் வழி—குன்றல் பகுப்பு முறை—நீள்நூல்நிலை—

பக்கம்

இணை நூல்நிலை — குறுகு நூல்நிலை — இருநூல் அகல்நிலை—டையகைனெசிஸ்—நடு நிலை I —முன் கடைநிலை I —கடைநிலை I-ம் இடைநிலையும்—முதல் நிலை II — நடு நிலை II, முன்கடைநிலை II, கடைநிலை II — குன்றல் பகுப்பு முறையின் முக்கியத்துவம்.

16. கருவுறுதல் ... 143

கருவுறுதலைப்பற்றிய ஒரு கொள்கை—முட்டை விந்தணு காமோன்கள்—கருவுறுதலில் அமைப்பியல் மாற்றங்கள்—கருவுறுதலில் உடற்செயலியல் மாற்றங்கள்.

17. கன்னியினப் பெருக்கம் ... 151

இயற்கைக் கன்னியினப் பெருக்கம்—செயற்கைக் கன்னியினப் பெருக்கம்.

References ... 156

கலைச்சொல் அகராதி ... 158

1. தோற்றுவாய்

செல்லியல் வரலாறு

விரிந்துகொண்டே வரும் இப் பிரபஞ்சத்தில் (universe)எவ்வாறு கோடானுகோடி விண்மீன்கள் சிதறிக்கிடக்கின்றனவோ அது போலவே பரந்த இப் பூமியின் பரப்பின்மீது எண்ணற்ற உயிரினங்கள் வாழ்ந்து வருகின்றன. ஒரு விண்மீனுக்கும் மற்ருெரு விண்மீனுக்குமிடையேயுள்ள தூரம் எத்தனையோ ஒளி ஆண்டுகளாக (light years) இருந்தபோதிலும், தோற்றத்தில் (origin) அவை ஒன்றையொன்று நெருங்கி வருகின்றன. இரு வேறுபட்ட விலங்குகள் பல்வேறு அம்சங்களில் பிரிக்கப்பட்டிருந்தாலும், தோற்றத்தைப் பொறுத்த வரையில் அவை இரண்டும் மிகநெருங்கி வருவதோடு மட்டுமன்றி, ஒன்ருகவே இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. விண்வெளிப் பொருள்கள் எதுவாக இருந்தாலும் அதன் அடிப்படை ஒன்ருகவே காணப்படுகிறது. சூரியனில் காணக்கூடிய மூலப் பொருள்கள்தாம் மற்ற விண்மீன்களிலும் காணப்படுகின்றன. இதே அடிப்படையில், விலங்குகள் யாவற்றிலும், விலங்குகள் மட்டுமல்ல உயிரினங்கள் யாவற்றிலும் ஓர் ஒருமைப்பாட்டை நாம் காணமுடிகிறது. உயிரினங்கள் யாவும் செல்கள் (உயிரணுக்கள்) என்ற அடிப்படை அமைப்பின் மூலம் ஆக்கப்பட்டிருப்பதே இந்த ஒற்றுமைக்குக் காரணமாகும். பௌதிகத் துறையில் அணுக்களைப் பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் எவ்வளவு முக்கியமாகக் கருதப்படுகின்றனவோ அதுபோலவே உயிரியல் துறையில் செல்களைப்பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் மிக முக்கியமாகக் கருதப்படுகின்றன.

செல்களைப்பற்றிய அறிவில் இன்று நாம் உச்சக் கட்டத்தில் இருக்கின்ருேம். ஒரு செல்லை ஒரு பெரிய மாளிகைக்கு ஒப்பிட்டால், இதுநாள்வரை நாம் அந்த மாளிகையை வெகு தூரத்திலிருந்துகொண்டு அதன் அமைப்பை ஆராய்ந்துகொண்டிருந்தோம். ஆனுல், இன்று பலவிதமான சக்திவாய்ந்த

செ—1

நுண்பெருக்கிகள் நம்மை மாளிகையின் அருகே அழைத்துச் சென்றுகாட்டுகின்றன. எலெக்ட்ரான் நுண்பெருக்கி என்ற அற்புத சாதனத்தின் மூலம் நாம் மாளிகையின் உள்ளே நுழைய முடிகிறது.மாளிகையின் அமைப்பு தெளிவாகிறது. ஏதோ ஒரு மர்மமான மாளிகை என்ற மாயத்தோற்றம் நம் மனத்தைவிட்டு அகலுகின்றது. செல் சுவர் அல்லது பிளாஸ்மா சவ்வின் அமைப்பு தெளிவாகிறது. புரோட்டோபிளாசத்தின், உயிர்த்தாதுவின் அமைப்பு புலனாகிறது; நியூக்ளியஸ் (உட்கரு), நியூக்ளியோலஸ் (உட்கருமணி), குரோமசோம் (நிறப்பொருள்) போன்ற நுண் பொருள்களின் சிக்கலான அமைப்புகள் செம்மையாக விளங்கு கின்றன.

இந்த மாளிகைக்கு அடிகோலியவர் ஆங்கில அறிஞர் ராபர்ட் ஹூக் (Robert Hooke) என்பவராவார். மிகச் சாதாரண நுண் பெருக்கிமூலம் மெல்லியதாகச் சீவப்பட்ட கார்க்கை (cork)இவர் பார்த்தபோது, அதில் சிறு சிறு அறைகள் அடுக்கடுக்காக இருப் பது தெளிவாகத் தோன்றியது. தேன் கூட்டைப் போன்ற அச் சிற்றறைகளுக்கு அவர் 'செல்கள்' (cells) என்று பெயரிட்டு 1665ஆம் ஆண்டில் அதைப் படமாக வரைந்து வெளிப் படுத்தினார். கார்க்கில் அவர் கண்ட சிற்றறைகளே இன்று உயிரிகளின் அடிப்படைப் பொருளாகக் கருதப்படுகிறது.

இதையடுத்து1831ஆம் ஆண்டில் ராபர்ட் பிரௌன்(Robert Brown) என்பவர், செல்களின் உள்ளே உட்கரு இருப்பதைக் கண் டறிந்து அதன் இன்றியமையாத் தன்மையை வெளிப்படுத்தினார். செல்கள் உயிருடன் இருப்பது இத்தகைய உட்கருவினால்தான் என்று பிறகு தெரியவந்தது.

சுமார் 15 ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு 1846ஆம் ஆண்டில் ஜோகன்ஸ் பர்க்கிங் (Johanes Purkinge) என்பவரும் ஹ்யூகோ வான்மோல் (Hogo Von Mohl) என்பவரும் தனித்தனியாக, செல்லின் உள்ளே இருக்கக்கூடிய உட்கருவானது ஒருவிதமான திரவப்பொருளில் மிதந்து கொண்டிருப்பதைக் கண்டறிந்து, அப் பொருளுக்குப் புரோட்டோபிளாசம் (உயிர்த்தாது) என்று பெயரிட்டனர். இந்தக் கண்டுபிடிப்புக்குப் பிறகு எல்லாவித மான உயிரினங்களின் செல்களிலும் புரோட்டோபிளாசம் என்ற உயிர்ப்பொருள் இருப்பது தெளிவாயிற்று.

இக் கருத்து வெளியாவதற்கு முன்பே 1838ஆம் ஆண்டில் ஷ்லெய்டன் (Schleiden),ஷ்வான்(Schwann)என்ற இரு ஜெர்மன் விஞ்ஞானிகள் செல் கொள்கைமூலம் (cell theory) தாவரச் செல் களுக்கும் விலங்குச் செல்களுக்கும் இடையேயுள்ள பெரும்

ஒற்றுமைகளின் உண்மையை வெளிப்படுத்தினர். இக் கொள்கை மூலம் உயிரினங்கள் யாவும்—தாவரங்களாக இருந்தாலும் அல்லது விலங்குகளாக இருந்தாலும்—செல் என்ற அடிப்படை அமைப்பு மூலம் ஆக்கப்பட்டிருக்கும் உண்மை தெளிவாயிற்று.

இதையடுத்து ருடால்ஃப் விர்செளவ்(Rudolph Virchow)என்பவர் 1858ஆம் ஆண்டில் மற்றொரு முக்கியமான கருத்தை வெளியிட்டார். செல்கள் யாவும் முன்பே தோன்றியிருக்கும் செல்களிலிருந்து பிரிதல் அல்லது பகுப்பு முறை மூலம் தோன்றுகின்றன என்பதே அக் கருத்தாகும். ஒரு செல்லில் இருந்தே மற்றொரு செல் உண்டாகிறது என்ற இக் கருத்தின்மூலம் உயிரினங்களின் தொடர்பும் தொடக்க நிலையும் புலனாகின்றன. தற்காலத்துச் செல்கொள்கையும் இதையே வலியுறுத்துகின்றது.

இதன்பிறகு செல்லைப்பற்றிய அறிவு மேலும் பல முன்னேற்ற முறைகள் மூலம் பெருகலாயிற்று. செல்களைப் பாதுகாக்கும் முறை (preservation method), செல்களை நிலைப்படுத்தும் முறை (fixation), திசுக்களை வெட்டும் முறை, சாயப்படுத்தும் முறை (staining techniques) போன்ற பல துறைகளில் ஏற்பட்ட முன்னேற்றங்கள் செல் அறிவு வளர்ச்சிக்கு உதவலாயின.

பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டின் இறுதிக்கு முன்பே செல் துறையில் மேலும் பல முன்னேற்றங்கள் நிகழத் தொடங்கின. ஆனால், இந்த முன்னேற்றங்கள் யாவும் செல்லின் பல்வேறு பகுதிகள் செய்யக்கூடிய வேலைகளைப் பற்றியதே யாகும். பரிசோதனை முறை மூலம் அவ் வேலைகளை அறிய முற்பட்டனர். 1900ஆம் ஆண்டில் பாரம்பரியயியல் (Genetics) விஞ்ஞானம் தோன்றிய பிறகு செல்லைப் பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் புதிய முறையில் திரும்பின. உட்கருவின் உள்ளே இருக்கக்கூடிய குரோமசோம்களின் நடத்தைக்கும் மரபு வழி நடத்தைக்கும் உள்ள தொடர்பை அறிய முற்பட்டனர்.

இதையடுத்துக் கிட்டத்தட்ட 1920ஆம் ஆண்டில் செல்லைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியில் வேறு பல திருப்பங்கள் நிகழத் தொடங்கின. குறிப்பிட்ட தொழிலோடு தொடர்பு கொண்டுள்ள செல்லின் பகுதிப் பொருள்களின் மூலக்கூறு அமைப்புகள் எவ்வாறு உள்ளன என்பதே இவ் வாராய்ச்சியின் நோக்கமாகும். எலெக்ட்ரான் நுண்பெருக்கி போன்ற சக்தி வாய்ந்த சாதனங்களைக்கொண்டு உயிர்வேதியியல்(Bio-chemical), உயிர்ப் பௌதிகவியல் (Bio-physical) நோக்குடன் செல்லைப்பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் இன்று மிக வேகமாக வளர்ந்து வருகின்றன. இதன் பயனாக, செல் என்ற மாளிகையின் அமைப்பு மட்டுமன்றி, அதன் ஒவ்

வோர் இடத்திலும் நடக்கின்ற நிகழ்ச்சிகளும் நமக்குத் தெரி கின்றன. மாளிகையின் தலைவனையும் கண்டுபிடித்தாகிவிட்டது! அத் தலைவனை டி என் ஏ யின் ஆணையின் கீழ் நடைபெறும் பல்வேறு நிகழ்ச்சிகளைக் கண்டு வியப்புறுகின்றோம். பேரறிஞர் ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன் (Albert Einstein, 1909), பௌதிகத் துறை யில் சக்தியையும் பொருளையும் $E = mc^2$ என்ற சமன்பாட்டினால் ஒன்றாக்கிப் பெரும் புரட்சிசெய்ததைப் போல், இன்று உயிரியல் துறையில் விஞ்ஞானிகள் இதுவரையில் மர்மமாக இருந்த ஜீன்களை (Gene) டி என் ஏ வுடன் இணைத்துப் பெரும் சாதனையைச் செய்துள்ளனர்.

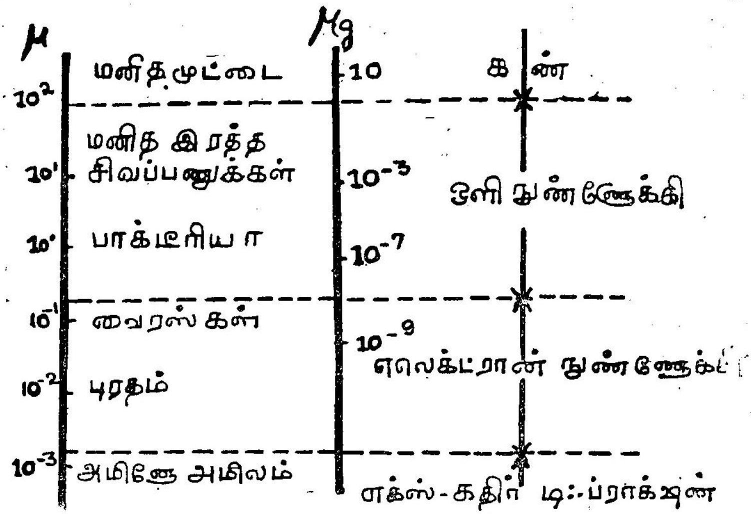
செல்களின் அமைப்பு

லோயி (Loewy) என்பவரும் செகிவிட்ஸ் (Siekevitz) என்ப வரும் செல் என்பதற்குக் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கம் தருகின் றனர். 'எந்தவிதமான உயிர் அமைப்புகளையும் சாராமல் தானாகவே இனப்பெருக்கமடையும் தன்மையையும் (selfreproduction) பாதி உட்புகு திறமுடைய சவ்வு(semipermeable membrane) மூலம் சூழப்பட்டும் இருக்கக்கூடிய ஓர் உயிரியல் இயக்க அமைப்பாகும்'. மேலும், இவர்கள் வைரஸ்களுக்குப் பாதி உட்புகு திறமுடைய சவ்வு இல்லை என்றும், வைரஸ்கள் மற்றோர் உயிரியில் இருக்கும்போது மட்டுமே தானாக இனப்பெருக்கம் செய்யும் தன்மையைக் கொண்டிருக்கிறதென்றும் கருதுகின் றனர். எனவே, இவர்கள் கூற்றின்படி வைரசைச் செல் என்று கருத முடியாது. இந்த நிலையில் வைரசை ஓர் உயிரி என்று கருத இயலுமா என்ற வினாவும் எழுகின்றது.

மேற்கூறிய விளக்கத்திலிருந்து செல் அளவில் ஒரு தாழ்ந்த நிலை (lower limit) இருக்கிறது எனறு தெளிவாகிறது. இந்த அளவு பாக்டீரியாவிற்கும் வைரசிற்கும் இடையில் வருகின்றது. படம் 1-ல் பாக்டீரியாவின் விட்டம் 1 மைக்ரான் என்றும் வைர சின் விட்டம் 0·1 மைக்ரான் என்றும் காட்டப்பட்டுள்ளன; முன்னதின் எடை 10^{-7} மைக்ரோ கிராம்கள் இருப்பதாகவும் சமீபத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த அளவுகள் யாவும் குறிப் பானவைகளேயாகும். மேலும், இப் படம் சாதாரண கண், ஒளி நுண் பெருக்கி, எலெக்ட்ரான் நுண்பெருக்கி, எக்ஸ்-கதிர் விலக்கம் (X-ray diffraction) ஆகியவை மூலம் தெரியக்கூடிய செல்களையும் அதன் அளவுகளையும் தெளிவாக்குகின்றது.

எடுத்துக்காட்டாக, மனிதக் கருக்கள் (human ova) சாதாரண கண்கள்மூலம் பார்க்கக்கூடிய அளவிற்குப் பெரிதாகவும், இரத்த சிவப்பணுக்களும் பாக்டீரியாக்களும் ஒளி நுண்பெருக்கி மூலம்

மட்டுமே பார்க்கக்கூடிய அளவிற்கு மிகச் சிறிதாகவும் இருப்பதாகத் தெரிகின்றன.



படம் 1

முட்டைகள், இரத்த உயிரணுக்கள், பாக்டீரியா, வைரஸ்கள், புரதம், அமினோ அமிலங்கள் ஆகியவைகளின் சார்பு அளவும் எடையும், ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும் நோக்குடன், சுமாரான அளவுகளே தரப்பட்டுள்ளன. மனித முட்டையைச் சாதாரணக் கண் கொண்டும், இரத்தச் சிவப்பணுக்களை ஒளிநுண்ணோக்கி மூலமும், வைரஸ்களை எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி மூலமும் பார்க்க இயலும் என்பதைக் காண்க.

நுண்-அலகுகள் (Micro-units)

மெட்ரிக் முறையில் நீளத்தை அளக்கக்கூடிய அலகு மீட்டராகும். ஆனால், செல்கள் மிகச் சிறிதாக இருப்பதால், மீட்டரைவிட மிகக் குறைந்த அளவுடைய அலகுகள் தேவைப்படுகின்றன. குறைந்த வரிசையில் இவை முறையே சென்டிமீட்டர், மில்லிமீட்டர், மைக்ரான், ஆங்ஸ்ட்ராம் என்ற அலகுகளாகும். ஒரு மைக்ரான் என்பது, மீட்டரில் மிலியன் பகுதிகளில் ஒன்றாகும். அல்லது ஒரு மில்லிமீட்டரில் 1000 பகுதிகளில் ஒன்றாகும் (10^{-6}m அல்லது 10^{-4}cm). மைக்ரான் (Micron) என்பதையும் μ என்ற குறி மூலம் குறிப்பிடுவார்கள். ஒரு மில்லி மைக்ரான் ($m\mu$) என்பது ஒரு மைக்ரானில் ஆயிரத்தில் ஒரு பகுதியாகும். இந்த அலகுகள் மிகச் சிறிதாகத் தோன்றிய போதிலும் மூலக்கூறு

களைப்பற்றி ஆராயும்போது, இந்த அலகுகளே பெரிதாகத் தோன்றுகின்றன. எனவே, இதற்காக ஆங்ஸ்ட்ராம் (Angstrom) என்ற மிகச் சிறிய அளவை பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஸ்வீடன் நாட்டு பௌதிக விஞ்ஞானி ஏ. ஜெ. ஆங்ஸ்ட்ராம் பெயரையே இந்த அலகிற்கு வைத்துள்ளார்கள். ஓர் ஆங்ஸ்ட்ராம் என்பது ஒரு மைக்ரானில் பத்தாயிரத்தில் ஒரு பகுதியாகும். அதாவது, $10^{-4}\mu$ அல்லது 10^{-10}m. இதைச் சாதாரணமாக Å என்ற எழுத்து மூலமாகவோ அல்லது சுருக்கி A என்றே குறிப்பிடுவர்.

இதே மாதிரி எடையைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு மெட்ரிக் முறைப்படி கிராம் என்பது அலகாகும். செல்களின் எடையைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு இந்த அலகு மிகப் பெரியதாகும். எனவே, இதைவிடச் சிறிய அலகுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மைக்ரோகிராம் (μg) என்பது அவற்றில் ஒன்றாகும். இதைவிடச் சிறிய அலகினை மைக்ரோ-மைக்ரோ கிராம் என்றழைக்கின்றனர். இதுவே சில சமயங்களில் பைகோ கிராம் (Picogram) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

எல்லைப்படுத்தும் காரணிகள் (Limiting factors)

படம் 1-ல், பாக்டீரியாவினுடைய விட்டம் சுமார் 1 மைக்ரான் என்று தெரிகின்றது. சில பாக்டீரியாக்கள் 200 அல்லது 250 மில்லி மைக்ரான்கள் விட்டத்தையுடையன. இந்த அளவுடைய செல்களே மிகமிகச் சிறிய செல்களாகக் கருதப்படுகின்றன. இந்த அளவிற்கும் குறைவாகச் செல்கள் இருக்க முடியாதா?

ஒரு செல் தனியாக நிலைத்து உயிர் வாழ்க்கை வாழ்வதற்குத் தேவையான செல் மூலகங்களை (cellular elements) ஏற்றுக் கொள்வதற்கு வேண்டிய இடத்தை அது பெற்றிருக்கவேண்டும். இதற்கேற்ற குறைந்த அளவுடைய செல் 200 மில்லி மைக்ரான்கள் விட்டத்தைக் கொண்டிருக்க வேண்டும் என்ற கருத்து பொதுவாக நிலவுகின்றது. லோயி, செகிவிட்ஸ் ஆகிய இருவரும் கீழ்க் கண்டவாறு இந்த நிலையை விளக்குகின்றனர்.

ஒரு செல்லினுடைய விட்டம் 200 மில்லி மைக்ரான்களாக இருந்தால், அதனுடைய கொள்ளளவு (volume) சுமார் 4×10^8mμ^8 ஆகும். அதே சமயத்தில் செல்லில் 80 சதவீதம் நீராக இருந்தால், பிறகு அதனுடைய உலர்ந்த கொள்ளளவு (dry volume) 8×10^5 mμ^8 என்று மட்டுமே ஆகிறது. செல்லில் இருக்கக் கூடிய மிக முக்கியப் பொருள்கள் உட்கரு அமிலங்களும் (nucleic acids), புரதங்களும் (protein) ஆகும். இவற்றின் சராசரி

கொள்ளளவு $5\times10^2 m\mu^8$ ஆகும். அவர்கள் இதை வகுத்ததன் மூலம் $(8\times10^5\div5\times10^2)$, 1600 முக்கியமான பொருள்களுக்கு மட்டுமே இடமிருப்பது தெரியவந்தது. ஒரு செல் தனித்து உயிர் வாழ்க்கை நடத்துவதற்குக் குறைந்தது 500 வளர்சிதை மாற்றக் கிரியைகள் தேவை என்று வைத்துக் கொள்வோம். மேலும் ஓர் இரசாயனக்கிரியைக்கு ஒரு புரதமும் இரண்டு உட்கரு அமிலங்களும் தேவைப்படுகின்றன என்றும் வைத்துக்கொள் வோம். இக் கணக்கின்படி, ஒரு கிரியைக்கு மூன்று பொருள்கள் என்றால், 500 கிரியைகளுக்கு (3×500) 1500 பொருள்கள் என்று தெரிகிறது. எனவே மேலே குறிப்பிட்ட அளவுடைய செல்தான் மிகக் குறைந்த அளவுடைய செல் என்று விளங்குகிறது. இது செல்லினுடைய தாழ்ந்த எல்லையாகும். செல்லினுடைய அடுத்த எல்லையான உயர்ந்த எல்லை என்ன? படம் 1-ல் மனித முட்டை யானது சாதாரண கண்களுக்குப் புலப்படும் அளவிற்குப் பெரி தாக இருப்பதாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆஸ்ட்ரிச் (Ostrich) என்ற பறவைகளின் முட்டைகள் 100 கிராம்களுக்கும் அதிகமான எடையுடையனவாகும். ஆனால், இது ஓர் அசாதாரண உதாரண மாகும். பெரும்பாலான செல்கள் யாவும் 100 மில்லி மைக்ரான் விட்டத்திற்கும் ஒரு மைக்ரோ கிராம் எடைக்கும் குறைவான வையேயாகும்.

உட்கருவைப்பற்றியும் உட்கரு அமிலங்களைப்பற்றியும் விரிவாகப் படிக்கும்போது, செல்லினுடைய அளவு எவ்வாறு உட்கருவின் அளவினாலும் உட்கருவின் எண்ணிக்கையினாலும் வரையறுக்கப்படுகிறது என்பது விளங்கும். செல்லின் வாழ்வு நிலை இத்தகைய காரணிகளோடு தொடர்பு கொண்டிருப்பதும் தெளிவாகும்.

2. செல் கொள்கை

உலகின் பல்வேறு பகுதிகளில் பல ஆய்வாளர்கள் மேற்கொண்ட ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக, 'உயிர் வாழ்க்கைக்கு அடிப்படையாக—ஓர் அலகாக—செல் விளங்குகின்றது' என்ற சிறப்பானதொரு கொள்கை முதலில் உருவாகத் தொடங்கிற்று. இக் கொள்கையின்படி, எல்லா உயிரிகளும்—தாவரங்களோ விலங்குகளோ அல்லது நுண்கிருமிகளோ யாவும்—செல்கள் மூலம் உண்டாக்கப்பட்டிருக்கின்றன என்று கருதப்படுகின்றது. உலகில் இன்றுள்ள செல்கள், இதற்கு முன்னால் தோன்றிய செல்களிலிருந்தே உண்டாகியிருக்க வேண்டுமென்று இக்காலச் செல் கொள்கையிலிருந்து (Modern Cell Theory) கருத வேண்டியுள்ளது. உயிரியல் துறையில் இது ஒரு சிறப்பான படைப்பாகும். இதன் அடிப்படையிலேயே பல கிளைகள் உயிரியல் துறையில் தோன்றலாயின.

செல் கொள்கை வரலாறு

செல்களைப் பற்றி ஆய்வு செய்யப்பட்ட காலத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டு செல் கொள்கை வரலாற்றினை முற்கால வரலாறு, இடைக்கால வரலாறு, பிற்கால வரலாறு என்று பிரிக்கலாம்.

முற்கால வரலாறு

பதினேழாவது நூற்றாண்டின் இடைப் பகுதியிலிருந்து பத்தொன்பதாவது நூற்றாண்டின் கடைசிப்பகுதிவரை செல்களைப் பற்றிச் செய்யப்பட்ட ஆய்வுகளை இது குறிக்கின்றது. பதினேழாவது நூற்றாண்டின் இடைப்பகுதியில்தான் கண்ணாடி வில்லைகள் மூலம் செய்யப்பட்ட ஒளி நுண்பெருக்கியின் வழியாக (light microscope) செல்கள் ஆராயப்பட்டன என்பதை உணர முடிகின்றது. இராபர்ட் ஹூக் (Robert Hooke) என்ற ஆங்கில

நுண் பெருக்கியாளர்தாம் முதன்முதலில் கி. பி. 1665ஆம் ஆண்டில் கார்க்கினுடைய கட்டமைப்பையும், ஏனைய தாவரத் திசுக்களின் கட்டமைப்பையும் தம் ஆராய்ச்சிக் கட்டுரைகளில் விளக்கும்போது,'செல்' என்ற சொல்லை முதன்முதலில் கையாளத் தொடங்கினர். சில ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு ஃபிரான்சு நாட்டைச் சார்ந்த பெரி போரல் (Pierre Borel) என்பவர் நுண்பெருக்கியின் மூலம் தாம் பார்த்த மனித இரத்தச் சிவப்பணுக்களைப்பற்றிய சில கருத்துகளை வெளியிட்டார். தந்துகிகளின் கண்டுபிடிப்பாளரான மார்செலோ மால்பிஜி (Marcello Malpighi) என்பவர் கி. பி. 1661-ல் வெளியிட்ட கட்டுரைகளில் 'செல்'களைப்பற்றிய குறிப்புகள் வருகின்றன. டச்சு நாட்டைச் சேர்ந்த கண்ணுடி வில்லை உற்பத்தியாளரான அன்டன் வான் லீவன் ஊக் (Anton van Leeuwenhoek, 1674) என்பவர்தாம் முதன்முதலாக ஒற்றைச் செல் உயிரிகளைக் கண்டவர் என்று கருதப்படுகின்ருர்.

காலப்போக்கில், கண்ணுடி வில்லைகளைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியினுல் நுண்பெருக்கியின் தரம் செம்மையுற்றது. இதனுல் மேற்கொண்டு செய்த ஆய்வுகள் செல்களைப் பற்றிய முன்னைய ஆராய்ச்சி விவரங்களை மேலும் உறுதிப்படுத்தின. இதன் பிறகு பத்தொன்பதாவது நூற்ருண்டின் முற்பகுதியில் மேற்கொள்ளப் பட்ட பல ஆய்வுகளின் பயனுகப் பொதுவான சில கருத்துகள் உருவாயின. இதன்படி உலகிலுள்ள எல்லாவிதமான தாவரங்களும் விலங்குகளும் செல்களாலேயே உண்டாக்கப்பட்டிருக்கின்றன என்பது புலனுயிற்று. இக் கருத்தை ஆய்வுகள் மூலம் ஜெர்மனியைச் சேர்ந்த ஓகன் (Oken, 1805) என்பவரும், ஃபிரான்சு நாட்டைச் சார்ந்த லாமார்க்கு (Lamarck, 1809) என்பவரும், டிட்ரோசே (Dutroche, 1824) என்பவரும் உறுதிப் படுத்தினர். இதன் பிறகு, இக் கருத்துகள் உயிரியல் துறை விஞ்ஞானிகளிடையே விரைவாகப் பரவலாயின. கி.பி. 1838—1839ஆம் ஆண்டில் மேத்தியாஸ், ஜேகோப் ஸ்லீடன் (Mathias Jakob Schleiden), தியோடார் சிவான் (Theodor Schwann) என்ற இரு ஜெர்மன் உயிரியல் விஞ்ஞானிகள் தாங்கள் வெளியிட்ட ஆராய்ச்சிக் கட்டுரைகளில் இக் கருத்தை ஆதரித்து, அதை ஒரு செல் கொள்கையாக ஒப்புக் கொண்டனர். தாவரவியல் விஞ்ஞானியான ஸ்லீடன், செல்களைத் தாவரத்தின் அமைப்பிற்குரிய அடிப்படை அலகாகக் கருதினர். விலங்கியல் விஞ்ஞானியான சிவான் செல்களை,விலங்குகளின் திசுவின் அமைப்பிற்குரிய அடிப்படை அலகாகக் கருதினர்.

இதற்கிடையில் செல்களைப்பற்றிய வேறு சில புதுமையான கருத்துகள் வெளிவரத் தொடங்கின. இராபர்ட் பிரவுன் (Robert Brown, *1831*) என்ற இங்கிலாந்து நாட்டைச் சேர்ந்த விஞ்ஞானி, செல்லின் உட்பகுதியில் கோளம் போன்ற தெளிவான அமைப்புடைய ஒரு பகுதி—உட்கரு—இருப்பதாக ஒரு கருத்து வெளியிட்டார். இதைத் தொடர்ந்து கி. பி. 1839ஆம் ஆண்டில் ஜோகானஸ் பர்கிஞ்சி (Johannes Purkinje) என்பவர் உயிரிகளின் உயிர் வாழ்க்கைக்குரிய பொருளாகப் புரோட்டோபிளாசம் அமைந்திருக்கின்றது என்ற மற்றொரு கருத்தைப் புலப்படுத்தினர். இதே கருத்தை, ஜெர்மன் விஞ்ஞானியான மாக்ஸ் சுல்ஸ் (Max Schultz) வேறு முறையில், 'புரோட்டோபிளாசம் உயிரிகளின் பௌதிக அடிப்படையாக அமைந்துள்ளது' என்று வெளியிட்டார்.

இதையடுத்து செல் கொள்கையில் மற்றொரு உண்மை தெளிவாக்கப்பட்டது. செல்கள் ஒவ்வொன்றும் பகுப்பின் அல்லது பிரிவின் (பிளவுறுதல்) மூலமாகப் பல புதிய செல்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன; எனவே, புதிய செல்கள் என்பது பழைய செல்கள் பிளவுறுதல் மூலமே ஏற்படுகின்றன என்ற கருத்தை ருடால்ஃப் விர்ச்சோ (Rudolph Virchow, *1858*) என்பவர் வெளியிட்டார். இவ்வாறு செல்களைப் பற்றிய கொள்கைகள் உருவாகிக் கொண்டிருக்கும்பொழுதே, செல்களை ஆராய்வதற்குரிய சாதனங்களும் பெருகத் தொடங்கின. பத்தொன்பதாவது நூற்றாண்டின் இடைப்பகுதிவரை ஒற்றைச்செல் உயிரிகளை நுண்பெருக்கியின் துணை கொண்டு செய்த ஆராய்ச்சிகளே நடைபெற்று வந்தன. இதன் பிறகு, செல்லினுடைய தன்மைகள் மாறாமல் இருப்பதற்குரிய சில பாதுகாப்பு முறைகள் (preservation methods; fixation) கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. இதைத் தொடர்ந்து, திசுக்களை மெல்லிய துண்டுகளாக வெட்டுவதற்குரிய வழிகளும் திசுக்களை நிறப்படுத்துவதற்குரிய முறைகளும் ஓரளவு கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. எனவே, பத்தொன்பதாவது நூற்றாண்டின் முடிவிற்குள், மேற்கூறிய முறைகளைக் கையாண்டு ஒளி நுண்பெருக்கியின் மூலம் தெரியக்கூடிய செல்களின் அமைப்புகள் விவரிக்கப்பட்டன. செல் வளரும்போது ஏற்படும் மாற்றங்கள், செல் பிளவுறும்போது தோன்றும் மாற்றங்கள் போன்ற வேறு சில புதிய கருத்துகளும் பிறகு விரிவாக வெளிவரத் தொடங்கின. கருவுறுதல் நிகழ்ச்சியின்போது இரண்டு உட்கருக்கள் ஒன்றாக இணைகின்றன என்ற உண்மை உணரப்பட்ட காலமும் இதுவேயாகும்.

இடைக்கால வரலாறு

பத்தொன்பதாவது நூற்றூண்டு முடியக்கூடிய கால அளவில் இடைக்கால வரலாறு தொடங்குகின்றது. நுண்பெருக்கியின் மூலம் செல்களை ஆராய்ந்த முற்கால வரலாற்றை அடுத்துப் பரிசோதனைகள் மூலமும் செல் அமைப்புகளுக்குரிய வேலைபற்றிய ஆய்வுகள் மூலமும் இடைக்கால வரலாற்றில் ஒரு புதிய திருப்பம் ஏற்படலாயிற்று. இதில், திசுவிலிருந்து தனியாகப் பிரிக்கப்பட்ட செல்களின் வளர்ச்சி பற்றிய பரிசோதனைகள், முட்டைச் செல்லின் உட்கருவை அதனிடமிருந்து பிரித்து அதன் விளைவுகளை ஆராய்வது பற்றிய சில பரிசோதனைகள் ஆகியவை அடங்கும். இச் சோதனைகளின் விளைவாக, உட்கருவின் உள்ளே இருக்கக் கூடிய—சாயத்தின் மூலம் தெளிவாகத் தெரியக்கூடிய—குரோமாட்டின் பொருள்களுக்கும் (செல்பிரிவின்போது இழைகள் போன்று தெரியக்கூடிய குரோமசோம்கள்) மரபியல் நடத்தைகளுக்கும்(genetic behaviour)உள்ள சில ஒற்றுமைகள் புலப்படத் தொடங்கின. இதுவே, பத்தொன்பதாவது நூற்றூண்டின் இறுதியில் மரபியல் விஞ்ஞானம் (Genetics) தோன்றுவதற்கு அடித்தளமாக அமைந்தது எனக் கருதலாம். இதைத் தொடர்ந்து குரோமசோம்களை ஆராய்வதற்குரிய முறைகளைப் பற்றிய ஆய்வு (techniques) பெருகத் தொடங்கிற்று.

பிற்கால வரலாறு

செல் அமைப்பும் தொழிலும் பற்றிய ஆராய்ச்சிகளில் மற்றொரு முக்கியத் திருப்பம் ஏறத்தாழக் கி.பி. 1920-ஆம் ஆண்டில் தொடங்கிற்று என்று கூறலாம். அன்று தொடங்கிய இந்தப் பிற்கால வரலாறு இன்று வரை செல் ஆராய்ச்சித் துறையில் பல முன்னேற்றங்களைக் கண்டுள்ளது. முற்காலத்திலும் இடைக்காலத்திலும் நடைபெற்ற செல் ஆராய்ச்சிகளை மீண்டும் மின் நுண்பெருக்கி (electron microscope), அதிவேக மைய இழுப்புக் கருவி (high speed centrifuge) போன்ற நவீன சாதனங்களைக்கொண்டு செல்லின் அமைப்புகளையும் வேலைகளையும் ஆராய்வதே இன்றைய செல்லியல் விஞ்ஞானிகளின் குறிக்கோளாகக் காணப்படுகின்றது. செல்லில் காணப்படுகின்ற பல்வேறு பகுதிகளின் அமைப்பை, மூலக்கூறு அளவிற்கு ஆராய்வதே இவ்வாராய்ச்சிகளின் முக்கியக் குறிக்கோளாகும். உயிர்-வேதியியல் (Bio-chemistry), உயிர்-இயல்பியல் (Bio-physics)போன்ற விஞ்ஞானப் பிரிவுகளின் துணையுடன் இன்று செல் ஆராய்ச்சி மிகவேகமாக முன்னேற்றமடைந்து வருகின்றது.

3. செல் அமைப்பு

(Organization of the Cell)

செல்களின் தாழ்ந்த எல்லையும், உயர்ந்த எல்லையும், பொதுவான அளவும் ஆகிய இவை பற்றி முன் பகுதியில் விளக்கப் பட்டுள்ளன. செல்களின் உள்ளேயிருக்கக் கூடிய பல உறுப்பு களைப்பற்றித் தெரிந்துகொள்வதற்கு முன்னுல் — அவை செய்யும் வேலைகளைப்பற்றி அறிந்துகொள்வதற்கு முன்னுல்— செல்லின் பொதுவான அமைப்பைத் தெளிவாகத் தெரிந்து கொள்ள வேண்டும்.

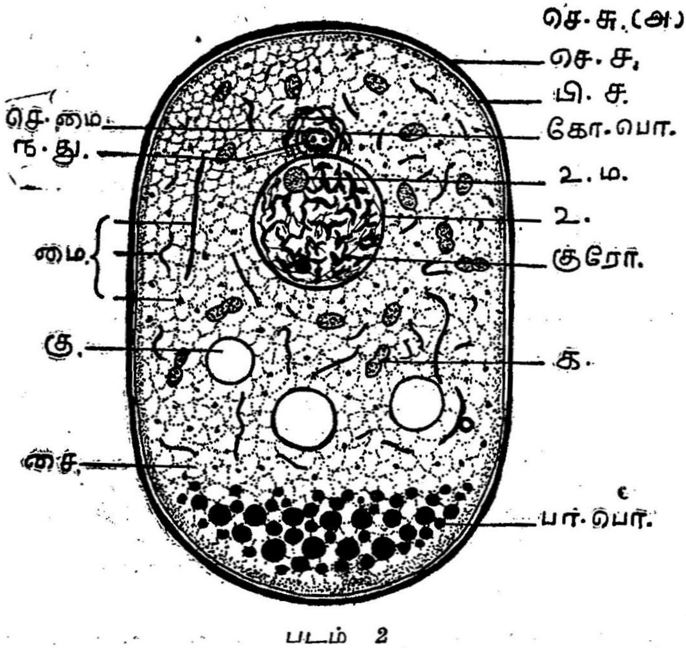
எலெக்ட்ரான் நுண்பெருக்கியின்மூலம் கிடைத்த உண்மை களை வைத்துக்கொண்டு செல்லினுடைய அமைப்பு இன்று விளக்கப்படுகிறது. இதை ஆதாரமாகக்கொண்டு வரையப்பட்ட படம் 2-ல் செல்லின் பொதுவான அமைப்பு காட்டப் பட்டுள்ளது. எல்லாவிதமான செல்களும் தன்னகத்தே இரண்டு விதமான பொருள்களைக்கொண்டுள்ளன. (1)செல் உறுப்புகள் (organelles), (2) செல் சேர்க்கைப் பொருள் (inclusions). இந்த இரண்டு வகைகளில் செல் உறுப்புகள் என்பன குறிப்பிட்ட அமைப்புகளையும் வேலைகளையும் உடையனவாகும். செல் சேர்க்கைப் பொருள் என்பது, குறிப்பிட்ட வேலை இல்லாத ஒன்று என்றே அல்லது செல் வாழ்க்கை நிலைக்கு அவசியமில்லாத ஒன்று என்றே கூறலாம்.

எடுத்துக்காட்டாக, செல் உறுப்புகள் என்ற பிரிவில் மைட்டோகாண்டிரியா(mitochondria), கோல்கைப் பொருள்கள் (golgi bodies),மையப் பொருள் அல்லது சென்ரோசோம்(centro-some) போன்றவை சேருகின்றன. செல் சேர்க்கைப் பொருள்கள் என்ற பிரிவில், சுரப்புத் துகள்கள் (secretary granules),நிறமிகள் (pigments), சேகரிக்கப்பட்ட உணவுப் பொருள்கள் (stored foods) போன்றவை சேருகின்றன. சில சமயங்களில்

இந்த இரண்டு பிரிவுகளும் 'உயிருள்ள பொருள்', 'உயிரற்ற பொருள்' என்ற அடிப்படையில் பிரிக்கப்படுகின்றன; அதே சமயத்தில் இவ்விரு பிரிவுகளுக்குமிடையேயுள்ள வேறுபாட்டைப் பிரித்துணர்வது மிகக் கடினமாக இருக்கிறது. இதன் காரண மாகப் பல ஆசிரியர்கள் இன்று செல் நுண் பொருள்கள் யாவற்றையும் செல் உறுப்புகள் என்றே குறிப்பிடுகிறார்கள்.

உயிர்த்தாது (புரோட்டோபிளாசம்—Protoplasm)

எல்லாவிதமான செல்களும் உயிர்த்தாது (புரோட்டோ பிளாசம்) என்கின்ற ஒருவித திரவப் பொருளைப் பெற்றிருக்கின்றன. இதில் நீர் மிக அதிகமாகவும், கரிப்பொருள், நீர்வாயு (hydrogen), பிராணவாயு (oxygen), உப்பு வாயு (nitrogen),



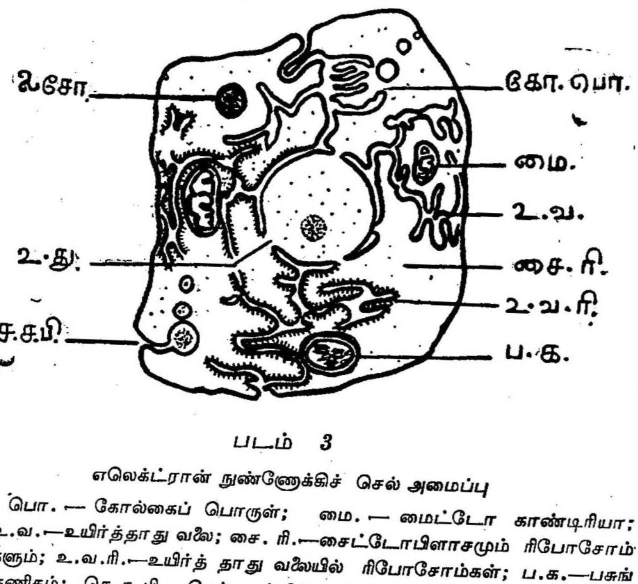
படம் 2

செல் அமைப்பு (பொதுவான தோற்றம்)

செ. சு.—செல் சுவர்; செ. ச.—செல் சவ்வு; பி. ச.—பிளாஸ்மா சவ்வு; கோ. பொ.—கோல்கைப் பொருள்; உ. ம.—உட்கருமணி (நியூக்ளியோலஸ்); உ.—உட்கரு; குரோ.—குரோமாட்டின்; க—கணிகம்; பா.பொ.—பாராபிளாஸ்டிக் பொருள்; சை.—சைட்டோபிளாசம் (உயிரணுத் தாது); கு.—குமிழ்; மை.—மைட்டோகாண்டிரியா; ந. து.—நடுத் துகள் (சென்ட்ரியோல்); செ.மை—செல் மையம்.

போன்ற பொருள்கள் அதிகமாகவும் மற்றும் மூலகங்களான கால்சியம், பொட்டாசியம், சோடியம், கந்தகம் போன்றவை குறைவாகவும் இருக்கின்றன.

உட்கருவில் இருக்கக்கூடிய உயிர்த் தாதுவிற்கு உட்கரு பிளாசம் (நியூக்ளியோபிளாசம்—nucleoplasm) என்றும் உட்கரு விற்கு வெளியே செல்லில் இருக்கக்கூடிய உயிர்த்தாதுவிற்கு சைட்டோபிளாசம் (உயிரணுத்தாது—cytoplasm) என்றும் பெயர். படம் 2-ல் ஒளி நுண்பெருக்கியால் (light microscope) பார்க்கக்கூடிய செல்லின் அமைப்பு காட்டப்பட்டுள்ளது. இப் படத்தை எலெக்ட்ரான் நுண்பெருக்கியின் மூலம் எடுக்கப்பெற்ற படத்துடன் (படம் 3) ஒப்பிட்டுப் பார்க்கவும்.



படம் 3

எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிச் செல் அமைப்பு

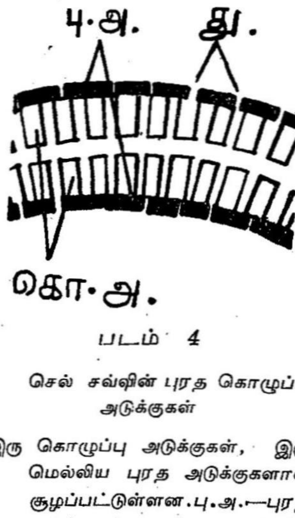
கோ. பொ. — கோல்கைப் பொருள்; மை. — மைட்டோ காண்டிரியா; உ.வ.—உயிர்த்தாது வலை; சை. ரி.—சைட்டோபிளாசமும் ரிபோசோம் களும்; உ.வ.ரி.—உயிர்த் தாது வலையில் ரிபோசோம்கள்; ப.க.—பசுங் கணிகம்; செ.ச.பி.—செல் சவ்வின் உட்பிரவேசம்; உ.து.—உட்கருத் துவாரம்; லைசோ.—லைசோசோம்.

உயிர்த்தாதுவிலுள்ள அனங்ககப் பொருள்களின் (inorganic) அடர்த்தி கடல் நீரில் இப்பொருள்களின் அடர்த்திக்குச் சமமாக இருக்கின்றது. அங்ககக் கூட்டுப் பொருள்கள் (organic compounds) பல உயிர்த்தாதுவில் இருக்கின்றன. கார்போஹைட் ரேட்டுகளில் சாதாரண சர்க்கரைகளான குளுகோஸ், ஃப்ரக் டோஸ் (fructose) முதல் மிகவும் சிக்கலான கிளைகோஜன் மூலக் கூறுகள் வரை பல பொருள்கள் உள்ளன; இருபது விதமான

அமினோ அமிலங்கள் உள்ளன; கொழுப்பு அமிலங்கள் உள்ளன; உயிர்த்தாதுவில் 80 சதவீதம் நீரும், 15 சதவீதம் புரதமும், 3 சதவீதம் கொழுப்பும், 1 சதவீதம் கார்போஹைட்ரேட்டும், 1 சதவீதம் எலெக்ரோலைட்களும் electrolytes) இருக்கின்றன.

செல் சவ்வு (Cell-membrane)

செல்லிலுள்ள உயிர்த்தாது என்ற திரவப் பகுதியானது, செல் சவ்வு என்ற மெல்லிய உறையின் மூலம் சூழப்பட்டுள்ளது. உண்மையில் இச் சவ்வும் சில குறிப்பிட்ட வேலைகளைச் செய்வதற்காக உயிர்த்தாதுவினால் ஆக்கப்பட்டதேயாகும். பெரும்பாலான செல்களில் இச் சவ்வு மிகமிக மெல்லியதாகக் காணப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, இரத்தச் சிவப்பணுக்களில், இதனுடைய பருமன் 15 மில்லி மைக்ரான்களேயாகும் (150Å) இச் சவ்வின் உட்பகுதியில் கொழுப்பு மூலக்கூறுகளின் இரண்டுஅடுக்குகளும், வெளிப்பகுதியில் புரத மூலக்கூறுகளின் இரு அடுக்குகளும் உள்ளன. இச் சவ்வில் 8 Å வட்டமுடைய நுண்துளைகள் மிகுதியாக உள்ளன.



படம் 4

செல் சவ்வின் புரத கொழுப்பு அடுக்குகள்

இரு கொழுப்பு அடுக்குகள், இரு மெல்லிய புரத அடுக்குகளால் சூழப்பட்டுள்ளன. பு.அ.—புரத அடுக்குகள்; து—துவாரங்கள்; கொ. அ.—கொழுப்பு அடுக்குகள்.

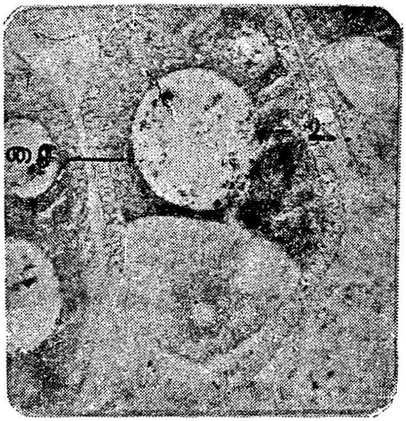
உட்கரு

எல்லாவிதமானசெல்களிலும், உயிர்த்தாதுவினின்றும் வேறுபட்டு மிகத் தெளிவாகக் காணக்கூடிய ஒரு பகுதி கோளம் போன்ற உட்கருவாகும். இதைச் சுற்றி உட்கருச் சவ்வு அமைந்துள்ளது. உட்கருவை, செல்லைவிட்டு நீக்கியவுடன் செல் இறக்க நேரிடுகிறது. இதிலிருந்து சைட்டோபிளாசம் உட்கருவைச் சார்ந்துள்ளதென்று தெளிவாகிறது.

உட்கருவின் முக்கியத்துவம் அதில் அடங்கியுள்ள உட்கரு அமிலங்களாகும். இவை இரண்டு வகைகளாகும்; ஒன்று, டி ஆக்சிரிபோ உட்கரு அமிலம் அல்லது டி என் ஏ (DNA); மற்றொன்று, ரிபோ உட்கரு அமிலம் அல்லது ஆர் என் ஏ (RNA), இவை இரண்டும் அமினோ அமிலங்களின் அளவைக் கட்டுப்

படுத்துகின்றன; மற்றும் செல்லில் உற்பத்தியாகும் புரதப் பொருளின் அமைப்பையும் இவை கட்டுப்படுத்துகின்றன.

உட்கருவின் உட்பகுதியில் மற்றொரு சிறிய கோளப் பகுதி காணப்படுகிறது. இதற்கு நியூக்ளியோலஸ் (உட்கருமணி) (Nucleolus) என்று பெயர். இதில் ஆர் என் ஏ-ன் அளவு அதிகமாக இருக்கிறது. எனவே, இது புரதம் உற்பத்தியாகும் முக்கியமான இடமாகக் கருதப்படுகிறது.



படம் 5

கிரைசோமியா (Chrysomyia) என்ற ஈரிறக்கைப் (Diptera) பூச்சியின் முட்டையிலுள்ள ஒரு தாதிச் செல் (Nurse cell)

உ.—உட்கரு; சை.—சைட்டோபிளாசம்.

உட்கருவின் மற்றொரு முக்கியமான பொருள் குரோமசோம்களாகும். ஓய்வு நிலையில் தனிப்பட்ட குரோமசோம்களைப் (Chromosomes) பார்ப்பது இயலாது. ஆனால், செல் பிளவுறும் சமயத்தில், குரோமாட்டின் (Chromatin) தானகவே இனத்திற்குத் தக்கவாறு குறிப்பிட்ட உருவில் தோன்ற ஆரம்பிக்கின்றது.

உயிர்த்தாது வலை (Endoplasmic reticulum)

எலெக்ட்ரான் நுண்பெருக்கியின்மூலம் எடுக்கப்பட்ட செல்லின் படத்தில் (படம் 3) சைட்டோபிளாசத்தின் அமைப்பு, ஒளி நுண் பெருக்கியின்மூலம் எடுக்கப்பட்ட செல் படத்தின் அமைப்பினின்றும் முற்றும் வேறுபட்டுக் காணப்படுகிறது. சைட்டோபிளாசத்தின் வழியாக அடுத்தடுத்துப் பல கால்வாய்கள் (canals) காணப்படுகின்றன. இதன் வழியாகப்

பல்வேறு பொருள்கள் உட்கருவுக்குச் செல்கின்றன என்று கருதப் பட்டது. இத்தகைய கால்வாய்களை அடுத்துள்ள சவ்வுகளில் மைக்ரோசோம்கள் (Micrcsomes)என்ற நுண் துகள்கள் சேர்ந்து காணப்படுகின்றன. இத் துகள்களில் அதிக அளவில் ஆர் என் ஏ இருக்கும் காரணத்தினுல், இவை சில சமயங்களில் ரிபோசோம்கள் (Ribosomes) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. இவை புரத உற்பத்திக்கு அவசியமானவையாகும்.

சைட்டோபிளாசத்தின் வழியாக அடுத்தடுத்துக்காணப்படும் கால்வாய் போன்ற அமைப்புகளுக்கு உயிர்த்தாது வலை (Endoplasmic reticulum)என்று பெயர். இதையே முன்பு எர்காஸ்டோபிளாசம் (Ergastoplasm)என்றழைத்து வந்தனர். ஆனுல், இதன் அமைப்பு வலை போன்றிருப்பதால், உயிர்த்தாது வலை என்ற பெயரே இப்போது மிகுதியாகக் கையாளப்படுகிறது.

ஹையலோபிளாசம்

உயிர்த்தாதுவில் பலவிதமான பொருள்கள் இருப்பது முன்பே கூறப்பட்டது. செல்லை மைய விலக்கத்தில் (centrifugation) ஈடுபடுத்தும்போது அதிலுள்ள பொருள்கள் யாவும் ஒரு பக்கத்தில் வந்து குவிகின்றன. மீதியுள்ள தெளிவான திரவப் பகுதியை ஹயலோபிளாசம் (Hyaloplasm)என்றழைக்கின்றனர். எனவே, உயிர்த்தாது என்பது நுண் துகள்கள் கலந்துள்ள பகுதியென்றும் ஹயலோபிளாசம் என்பது நுண்துகள்களற்ற தெளிவான திரவப் பகுதி என்றும் தெளிவாகிறது. எலெக்ட்ரான் நுண் பெருக்கிச் செல்படத்தில் உயிர்த்தாதுவலையிலுள்ள கால்வாய்களின் இடையிலுள்ள பரப்பு அமைப்பற்றதாகக் (Structurless) காணப்படுகிறது. இதில் எந்தவிதமான துகள்களும் இல்லாத காரணத்தினுல்,இது ஹயலோபிளாசமாகிறது. இதற்கு அமைப்பில்லை என்ற காரணத்தினுல், இதற்கு வேலையும் இல்லை என்று கூறவியலாது. உண்மையில் பல நொதிகள் (Enzymes) இதில் இருக்கின்றன.

மைட்டோகாண்டிரியா (mitochondria)

சைட்டோபிளாசத்தில் குறிப்பிடத்தக்க அளவில் பெரிய அமைப்புகளாகத் தோன்றுவது, மைட்டோகாண்டிரியாக்களாகும் (Mitochondria). இதுவே, காண்ட்ரியோசோம்கள் (chondri-somes) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றது. இது வெட்டப்பட்ட இறைச்சியின் பகுதி போன்று தோற்றமளிக்கிறது. இதனுடைய நீளம் சுமார் 1.5 μ; விட்டம் சுமார் 0.5 μ.

மைட்டோகாண்ட்ரியாவைச் சுற்றி இரண்டு சவ்வுகள் இருக்கின்றன. உட்சவ்வின் உட்பகுதியில் பல கிளைகளைத் தோற்றுவித்துச் சேர்ந்து காணக்கூடிய பல சிறு அறைபோன்ற அமைப்புகளை உண்டாக்குகிறது. உட்சவ்வின் உட்பகுதியிலும் வெளிச்சவ்வின் வெளிப்பகுதியிலும் சுமார் 50 அல்லது 60Å அளவுடைய நுண்ணிய துகள்கள் ஒட்டிக்கொண்டு காணப்படுகின்றன. இவை மைட்டோகாண்ட்ரியாவின் வேலையில் பங்கு கொள்கின்றன.

செல் பலவிதமான வேலைகளைச் செய்கின்றன. இதன் இயக்கங்களுக்குச் சக்தி தேவைப்படுகிறது. மைட்டோகாண்டிரியாக்கள் முக்கிய சக்தி நிலையங்களாக (principal power plants) விளங்குகின்றன. கிரப்ஸ் சுழற்சியிலிருந்து (Kreps cycle) சில பொருள்களைப் பெற்று, ஆக்சிகரணமடைந்து (Oxidised), இந்த நிகழ்ச்சியின் மூலம் மூன்று ஏட்டி பி (Adenosine triphoshate) மூலக்கூறுகளையுடைய மிகு சக்தி ஃபாஸ்பேட் இணைப்புகளை (High energy phosphate bonds) உண்டாக்குகின்றது.

கோல்கைப்பொருள் (Golgi bodies)

சைட்டோபிளாசத்தில் காணக்கூடிய மற்ருேர் அமைப்பு கோல்கைப் பொருள்களாகும் (Golgi bodies). இத்தாலி நாட்டு விஞ்ஞானி காமிலோ கோல்கை (Camilo Golgi) 1898 ஆம் ஆண்டில் வலைபோன்ற இப் பொருள்களைச் செல்லில் கண்டுபிடித்தார். இப் பொருள்கள் சில்வர் நைட்ரேட் (Silver nitrate) அல்லது ஆஸ்மிக் அமிலம் (osmic acid) முதலியவற்ருல் நிறமாக்கப்பட்டன. இத்தகைய பொருள்கள் உண்மையில் இருக்கின்றனவா என்ற வாதம் சிறிதுகாலம் இருந்தாலும், இன்று அதன் உண்மையான அமைப்பு எலெக்ட்ரான் நுண்பெருக்கி மூலம் விளக்கப்படுகிறது. இப்பொருள்களில் சவ்வு மூலம் சூழப்பட்டுள்ள குமிழ்கள் இருப்பதாகத் தெரிகின்றன. இவை செயலாற்றும் துல்லியமான வேலைகள் இன்னும் சரிவர விளக்கப்படவில்லை. இருந்த போதிலும் இத்தகைய பொருள்கள், செல்லினுள் இருக்கும் பம்புகள் போல திரவப் பொருளின் இயக்கத்தையும் சுரப்புப் பொருளை வெளியேற்றும் பணியிலும் பங்கு கொள்வதாகக் கருத்து நிலவுகின்றது. சமீப காலத்து ஆதாரங்கள் மூலம் கோல்கைப் பொருள்கள் காணப்படும் இடத்தில் கார்போஹைட்ரேட்டுகள் புரதத்துடன் இணைந்திருப்பதாகத் தெரிகிறது.

மையப்பொருள் (Centrosome)

சில செல்களில் உட்கருவுக்குஅருகில் மையப்பொருள் அல்லது சென்ட்ரோசோம்(Centrosome)என்ற தெளிவான பரப்புத்தெரிகின்றது. இதன் நடுவில் சென்ட்ரியோல் (Centriole) என்ற நடுத்துகள் இருக்கின்றது. ஆனல், இதைச் செல் பகுப்புச் சமயத்தில்

மட்டுமே காணமுடியும். செல் பகுப்பு நடைபெறும்போது நடுத் துகள் (சென்ட்ரியோல்) பிளவுறுகின்றது. இவ்வாறு பிளவுற்ற இரு பகுதிகளும் ஒன்றைவிட்டு ஒன்று நகர்ந்து, உட்கருவை நடுவில் கொண்டு, செல்லின் இரு முனைகளுக்குச் செல்கின்றன. மையப் பொருளும் (சென்ட்ரோசோமும்) நடுத்துகளும் (சென்ட்ரியோல்களும்) செல் பகுப்பில் உறுதியாகப் பங்கு கொள்வதாகத் தெரிகின்றது. ஆனால் இது ஆதாரபூர்வமாக நிறுவப்படவில்லை. மற்றொரு சிக்கலான சூழ்நிலை என்னவென்றால் சில தாவரச் செல்களில் இப்பொருள்கள் இல்லாமலேயே செல் பகுப்பு நடைபெறும் விந்தைதான்.

லைசோசோம் (Lysosomes)

எலெக்ட்ரான் நுண் பெருக்கிச் செல் படத்தில் காணக்கூடிய மற்றோர் அமைப்பு, லைசோசோம்களாகும் (Lysosomes). இவை கிட்டத்தட்ட கோள உருவில் அரை மைக்ரான் விட்டமுடையதாகவும் அதி நுண் துகள்களையுடையதாகவும் காட்சியளிக்கின்றன. இந்தத் துகள்கள் ஏறக்குறைய 75 Å விட்டமுடையதாக இருக்கின்றன. இந்தத் துகள்களில் நீரால் பகுக்கும் வேலையைச் செய்யும் (Hydrolytic function) பல நொதிகள் காணப்படுகின்றன. இவை குறைந்தது நான்கு பணிகளைப் புரிகின்றன. *(1)* செல்லிற்குள் நுழையும் சற்றுப் பெரிதான புறப்பொருள்களைச் செரித்தல்; *(2)* செல் அகப் பொருள்களின் (Intracellular) செரிமானம்; *(3)* செல்லே செரிமானமாதல்; *(4)* செல்லுக்கு வெளியேயுள்ள பொருள்களின் செரிமானம்.

குமிழிகள் (Vacuoles)

தாவர, விலங்குச் செல்களில் காணக்கூடிய மற்றோர் அமைப்பு குமிழிகளாகும் (Vacuoles). இவற்றின் அளவுகள் வேறுபடுகின்றன. சில செல்களில் இவை மிகச் சிறிதாகவும், வேறு சிலவற்றில் மிகப் பெரிதாகவும் தோற்றமளிக்கின்றன. தாவரச் செல்களில் பெரிய குமிழிகள் காணப்படுகின்றன. இவற்றில் செல்-சாறு (Cell sap) இருக்கின்றது. இச் சாற்றில் புரதங்கள், கரிமக் கலப்பற்ற உப்புகள் (Inorganic salts), நொதிகள், சர்க்கரை, கரிமக் கலப்புள்ள அமிலங்கள் (organic acids) முதலான பல பொருள்கள் உள்ளன. உள்ளே நுழையும் நீர், குமிழியை அழுத்துவதால் (Turgor pressure) உயிரணு விரிவடைகின்றது. சுருங்கக்கூடிய குமிழிகள் திரவப் பொருள்களின் இயக்கங்களுக்குக் காரணமாக இருக்கலாம் என்ற கருத்தும் நிலவுகின்றது.

இந்தக் குமிழிகள் உண்மையில் வெற்றிடங்கள்தானு அல்லது அவற்றைச் சுற்றிச் சவ்வு இருக்கின்றதா என்ற கேள்விக்கு இன்னும் தெளிவான பதில் கிடைக்கவில்லை. இருந்தபோதிலும், இதுவரை கிடைத்த சிறந்த ஆதாரங்களைக்கொண்டு இந்தக் குமிழிகளைச் சுற்றிச் சவ்வு இருப்பதாகவே கருதப்படுகிறது.

கணிகங்கள் (Plastids)

செல்களில் குறிப்பாகத் தாவர செல்களில் காணக்கூடிய செல் உறுப்புகளில் கணிகங்கள் (Plastids) ஒரு வகையாகும். கணிகம் ஒரு லிபோபுரதம். இது நிறமற்ற வெண்கணிகம் (Leucoplast), பச்சையான பசுங்கணிகம் (Chloroplast), பல நிறமுடைய வண்ணக் கணிகம் (Chromoplast) என மூன்று வகைப்படும். இவற்றில் பசுங்கணிகம் ஒளிச் சேர்க்கையில் பெரும் பங்கு கொள்கிறது. வெண்கணிகம் மாவுப்பொருள், எண்ணெய், புரதம் போன்றவற்றைச் சேகரிக்கும் பணியில் ஈடுபடலாம் என்று கருதப்படுகிறது.

நுண்ணிழையும் கசையும் (Cilia and flagella)

சில செல்களில் ரோமம் போன்ற அமைப்புகள் வெளிப்புறத்தில் நீட்டிக்கொண்டு காணப்படுகின்றன. இவற்றுக்கு நுண்ணிழைகள் (Cilia) என்று பெயர். இன்னும் சில செல்களில்

படம் 6

நுண்ணிழையும் கசையும்

நு--நுண்ணிழை; க--கசை.

நீண்டசாட்டை போன்ற அமைப்புகள் காணப்படுகின்றன. இவற்றிற்குக் கசைகள் (Flagella) என்று பெயர். இவை துடிப்பதாலும் அசைவுதாலும் செல் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்கு உந்தப்படுகிறது.

4. உயிர்த்தாது (புரோட்டோ பிளாசம்)

(protoplasm)

சென்ற பகுதியில் செல்லினுடைய பொதுவான அமைப்பு விளக்கப்பட்டுள்ளது. உயிர்த்தாது (புரோட்டோ பிளாசம்) செல்லின் எல்லாப் பகுதிகளிலும் காணப்படுகின்றது. செல் சவ்வு அல்லது பிளாஸ்மா சவ்வில் (Plasma membrane) இருக்கின்றது; உட்கருவில் உள்ளது; உட்கருவிற்கும் சவ்விற்கும் இடையில் உள்ளது எனவே, உயிர்த்தாது என்பது பல்வேறு பொருள் களைத் தன்னகத்தே கொண்டுள்ள பல பணிகளைப் புரியும் சிக்கல் மிகுந்த அமைப்பை உடையதாகும். செல்லிற்கு இன்றியமையாதது உயிர்த்தாதுவாகும். செல் உடற் செயலியலை (Cell physiology) புரிந்து கொள்வதற்கு உயிர்த் தாதுவைப் பற்றிய அறிவு அவசியமாகிறது.

உயிர்த்தாதுவின் வேதியியல் தன்மைகள் (Chemical properties of protoplasm)

ஹைடிரஜன் அயான் அடர்த்தி (Hydrogenion concentration)

செல்லினுடைய அமிலத்தன்மை (Acidity) அல்லது காரத் தன்மை (Alkalinity), அதாவது செல்லின் ஹைடிரஜன் அயான் அடர்த்தி (Hydrogen ion concentration) எவ்வாறுள்ளது என் பதை அறிந்துகொள்ளவேண்டியது அவசியமாகிறது. ஏனென்றால், ஹைடிரஜன் அயான் அடர்த்தியில் ஏற்படும் சிறு மாறுதலும் செல்லில் ஒரு பெரிய மாற்றத்தைத் தோற்றுவிக்கின்றது.

ஹைடிரஜன் அயான் அடர்த்தியை pH என்று குறிப்பிடுவது வழக்கம். pH என்பதை, ஹைடிரஜன் அயான் அடர்த்தியின் எதிர் லாகரிதம் (negative logarithm) என்று வரையறை செய்யப்பட்டுள்ளது. நடுநிலை திரவத்தில் pH 7ஆக இருக்கின்றது.

pH-னுடைய அளவு 7-க்கும் குறைந்தால், அது அமிலத் தன்மையைக் குறிப்பதாகும். pH-னுடைய அளவு 7-க்கும் அதிக மானுல், அது காரத் தன்மையைக் குறிப்பதாகும் (அட்டவணை 1)

அட்டவணை 1

ஹைடிரஜன் அt+யான் அடர்த்தி, pH=இல் கொடுக்கப் பட்டுள்ளது. $pH = -\text{Log}[H^+]$.

[H] நார்மாலிட்டி (Normility)	Log [H+]	—Log [H+] pH	
10^0	0	0	அமிலம் (Acid)
10^{-1}	—1	1	
10^{-2}	—2	2	
10^{-3}	—3	3	
10^{-4}	—4	4	
10^{-5}	—5	5	
10^{-6}	—6	6	
10^{-7}	—7	7	
			நடுநிலை (Neutral)
10^{-8}	—8	8	காரம் (Alkaline)
10^{-9}	—9	9	
10^{-10}	—10	10	
10^{-11}	—11	11	
10^{-12}	—12	12	
10^{-13}	—13	13	
10^{-14}	—14	14	

பலமுறைகளில் உயிர்த் தாதுவின் pH அளவு அளக்கப்பட் டுள்ளது. எலெக்டிரோடுகளை (electrodes) சாதாரண செல்லிற் குள் செலுத்தி pH-ஐ அளந்ததில் 6-8 முதல் 8-5 வரை இருப்பது தெரியவந்தது. சுட்டிக்காட்டி (indicator) மூலம் பல்வேறு செல்களை ஆராய்ந்ததின் பலனுக pH-ன் அளவு, 5.2-லிருந்து 6.0 வரை மாறுவது புலனுயிற்று. இதிலிருந்து செல்லில் pH அளவு ஒரே மாதிரியாக இல்லாமல், மாறிக்கொண்டேயிருப்பது தெளிவாகிறது. சில செல்களில் pH அளவு வெவ்வேறு சமயங் களில் வெவ்வேறு விதமாக இருப்பதாகவும் அறியப்பட்டுள்ளது. இந்தப் புள்ளி விவரங்கள், உயிர்த்தாது சிறிய அமிலத்தன்மை யுடையது என்று தெரிவிக்கின்றது. அதே சமயத்தில் இதை நடு நிலையை ஒட்டிக் காணப்படுவதாகவும் கூறலாம்.

செல்களை வேதியியல் முறைப்படி பாகுபடுத்திப் பார்த்ததில், அதில் பல்வேறுவிதமான அணுக்கள் இருப்பது தெரியலாயிற்று. சில வகைகளில் 65-க்கும் மேற்பட்ட மூலகங்களோ அல்லது இயற்கையில் கிடைக்கும் 92 வகையான மூலகங்களோ இருக்கின்றன.

உயிர்த்தாதுவின் சாதாரண அமைப்பிற்கும் அது நல்ல நிலையில் செயலாற்றுவதற்கும் 20 முக்கியமான மூலகங்கள் தேவைப்படுகின்றன. அட்டவணை 2 இதை விவரிக்கின்றது.

அட்டவணை 2

உயிர்த்தாதுவிற்குத் தேவையான மூலகங்கள்

மூலகம்	குறி	அணுஎண்	அணுஎடை
நீர்வாயு (Hydrogen)	H	1	1·008
போரன் (Bonon)	B	5	10·811
கரிப்பொருள் (Carbon)	C	6	12·000
உப்பு வாயு (Nitrogen)	N	7	14·007
பிராணவாயு (Oxygen)	O	8	15·999
சோடியம் (Sodium)	Na	11	22·990
மாக்னிசியம் (Magnesium)	Mg	12	24·312
பாஸ்பரஸ் (Phosphorus)	P	15	30·974
கந்தகம் (Sulphur)	S	16	32·064
குளோரின் (Chlorine)	Cl	17	35·453
பொட்டாசியம் (potassium)	K	19	39·102
கால்சியம் (Calcium)	Ca	20	40·08
மாங்கனிஸ் (Manganese)	Mn	25	54·938
இரும்பு (Iron)	Fe	26	55·847
கோபால்ட்டு (Cobalt)	Co	27	58·933
செம்பு (Copper)	Cu	29	63·54
துத்தநாகம் (Zinc)	Zn	30	65·37
செலினியம் (Selenium)	Se	34	78·96
மாலிப்டினம் (Molybdenum)	Mo	42	95·94
அயோடின் (Iodine)	I	53	126·904

உயிர்த்தாதுவை உண்டாக்கும் பெரும்பாலான இம் மூலகங்கள் சிறிய மூலக் கூறுகளாகவோ அல்லது பெரும் கொல்லாய்டு துகள்களாகவோ (Colloidal particle) உயிர்த்தாதுவில் இருக்கின்றன. இதிலுள்ள இரசாயனப் பொருள்களை இருபெரும் பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். ஒன்று அனங்ககப் பொருள்கள் (Inorganic ubstances); மற்றொன்று அங்ககப் பொருள்கள் (Organic substances). அனங்ககப் பொருள்களின் குறிப்பிடத்தக்க அம்சம் அவற்றில் கார்பன்-ஹைடிரஜன் இணைப்புகள் இல்லாமல் இருத்தலேயாகும். இந்தப் பிரிவிலுள்ள பொருள்களாவன: (1) நீர்: பெரும்பாலான உயிரிகளில் இது 60 முதல் 95 சதவீதம்வரை இருக்கின்றது. சுதந்திர நிலையிலோ அல்லது இணைப்பு உருவிலோ இருக்கின்றது. (2) கரைந்த வாயுக்கள் (Dissolved gases): குறிப்பாகப் பிராணவாயு, கரியமிலவாயு மூலக்கூறுகளாக: (3) உலோக,அலோக மூலகங்களான இரும்பு, செம்பு,துத்தநாகம் மாங்கனிஸ், பாஸ்பரஸ், கால்சியம், மக்னிசியம், பொட்டாசியம், சோடியம், குளோரைடுகள் போன்றவை இரும்பு நிலையில் இருத்தல்; மற்றும் சில உப்புகள்.

அங்ககப் பொருள்களின் குறிப்பிடத்தக்க அம்சம் அவற்றில் கார்பன்—ஹைடிரஜன் இணைப்புகள் இருப்பதேயாகும். பல அங்ககப் பொருள்கள், தங்களுடைய ஒரு பகுதியாகப் பிராணவாயு, உப்புவாயு, கந்தகம், ஃபாஸ்பரஸ் மற்றும் பல உலோகங்கள் இவற்றின் அணுக்களைச் சேர்த்துக் கொள்கின்றன; செல்களின் உலர்ந்த எடையில் 99 சதவீதம் கரிப்பொருள், நீர் வாயு, பிராணவாயு, உப்பு வாயுவாக இருக்கின்றது.

அங்ககக் கூட்டுப் பொருள்களில் நான்கு வகைகள் உள்ளன. இவையே உயிர்த்தாதுவின் ஆக்கத்திற்கும் இயக்கத்திற்கும் முக்கியமாக இருக்கின்றன. அவை:

(1) கார்போ ஹைடிரேட்டுகள்

(2) கொழுப்புகள்

(3) புரோட்டீன்கள்

(4) உட்கரு அமிலங்கள்.

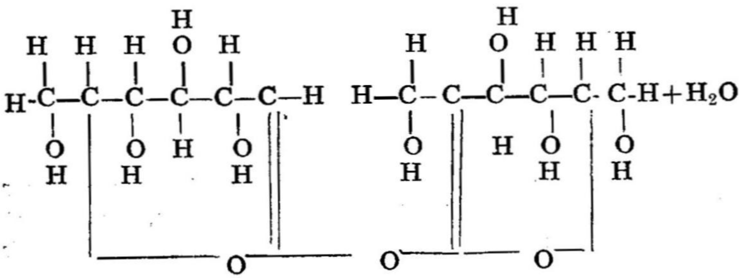
கார்போஹைடிரேட்டுகள்

உயிர்த்தாதுவில் கார்போஹைட்ரேட்டுகள் தனித்த சுதந்திர நிலையிலோ அல்லது புரதத்துடன் சேர்ந்து, உட்கரு புரோட்டின்களாகவோ இருக்கின்றன (Nucleo protein): கார்போஹைடிரேட்டுகள், உயிர்த்தாதுவின் பல அடிப்படைப் பொருள்களில்

ஒன்றாகும். செல் வேலைகளில் இதுவும் பங்கு கொள்கின்றது உயிர்த்தாதுவில் 1.5 சதவீதம் கார்போஹைடிரேட்டுகளே.

இதில் கார்பன், ஹைடிரஜன், ஆக்சிஜன் இருக்கின்றன. இதன் அடிப்படை அமைப்பு CH_2O, அதாவது இரு ஹைடிரஜன் அணுக்கள், ஒரு கார்பன் ஓர் ஆக்சிஜன் அணுக்களுக்கு என்றாகிறது. ஒற்றைச் சாக்கரைடு என்பது (Monosaccharide) சாதாரண கார்போஹைடிரேட்டாகும். இதில் 2 முதல் 10 கார்பன் அணுக்கள் இருக்கலாம். குளுக்கோஸ் ($C_6H_{12}O_6$) என்பது ஒரு சாதாரண ஒற்றைச் சாக்கரைட்டுக்கு உதாரணமாகும்.

இரண்டு ஒற்றைச் சாக்கரைடுகள் இணைவதினால் தோன்றுவது இரு சாக்ரைடுகளாகும் (Disaccharides). ஆனால், இந்த இரசாயனச் சேர்க்கையில் ஒரு நீர் மூலக்கூறு இழக்க நேரிடுவதால், கார்போ ஹைடிரேட்டின் அடிப்படை அமைப்பு, CH_2O இங்கு ஒத்துவரவில்லை. எடுத்துக்காட்டாக, சுக்ரோசின் (Sucrose) சூத்திரம் $C_{12}H_{22}O_{11}$ ஆகும்.

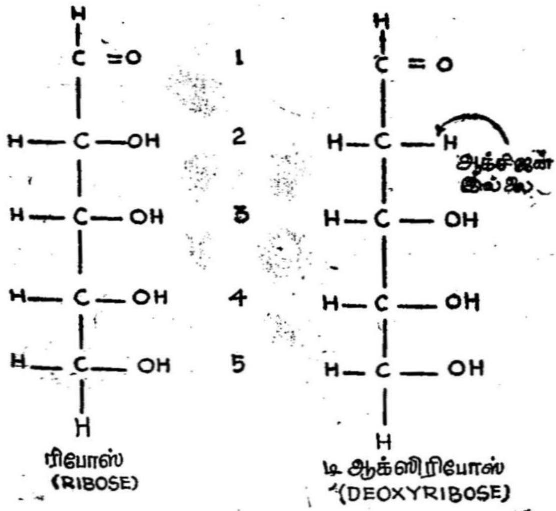


சுக்ரோஸ் (Sucrose)

இரண்டுக்கும் மேற்பட்ட ஒற்றைச் சாக்கரைடுகள் இணையும் போது சிக்கலுடைய பல சாக்கரைடுகள் (Polysaccharides) தோன்றுகின்றன. கிளைகோஜனும் (Glycogen) செல்லுலோசும் (Cellulose) இதற்கு எடுத்துக்காட்டுகளாகும். ஒற்றைச்சாக்கரைடில் 5 கார்பன் அணுக்கள் இருப்பின், அது பென்ட்டோசாகும் (Pentose). பென்ட்டோஸ் சர்க்கரைகளான ரிபோசும் (Ribose) டி ஆக்சிரிபோசும் (De oxyribose) செல் செயலியலில் முக்கியமாகக் கருதப்படுகின்றன. இதற்குக் காரணம் இந்த இரண்டு சர்க்கரைகளும் டி என் ஏ (D N A) ஆர் என் ஏ (R N A)-யில் இருக்கக்கூடிய பகுதிப் பொருள்களாகும். அதனுடைய அமைப்பு கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது.

டி ஆக்சிரிபோஸ் சர்க்கரையில் ஓர் ஆக்சிஜன் அணு குறைவதைக் காணவும். இந்த இழப்பு இரண்டாவது கார்பன் அணு

இருக்குமிடத்தில் நிகழ்வதால், இச் சர்க்கரையை 2-டி ஆக்சிரி போஸ் என்றழைப்பது பொருத்தமாகத் தோன்றுகிறது.



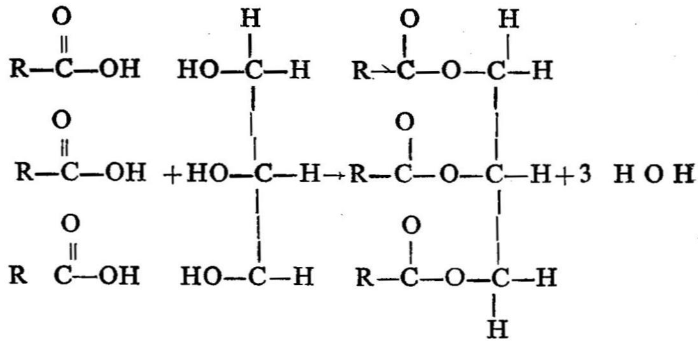
பென்ட்டோஸ் சர்க்கரைகள்
(The Pentose Sugars)

சாதாரண சர்க்கரைகள் செல்லிற்குத் தேவையான சக்தியைக் கொடுப்பதற்குப் பயன்படுகின்றன. பல சாக்கரைடுகள், தேவையானபோது சக்தியாக மாற்றிக்கொள் வதற்கு, தேக்கி வைக்கப்பட்டுள்ள பொருள்களாகும்.

கொழுப்புகள் (Lipids)

கொழுப்பு என்ற சொல் பல பொருள்களைக் குறிக்கக்கூடிய தாகும். அவையாவன: சமக் கொழுப்புகள் (Neutral fat); கொழுப்பு அமிலங்கள் (Fatty acid); கொழுப்பு எண்ணெய்கள் (Fatty oils); பாஸ்போ லிப்பிடுகள் (Phospho lipids); மெழுகுகள் (Waxes); ஸ்டீராய்டுகள் (Steroids). உயிர்த்தாதுவில் 2 சதவீதம் கொழுப்புகள் இருக்கின்றன.

மிகச் சாதாரணமாகக் காணக்கூடிய கொழுப்பு சமக் கொழுப்புகளாகும். இது கொழுப்பு அமிலங்களும் கிளிசராலும் (glycerol) கலந்ததாகும். கொழுப்பு அமிலத்தின் மூன்று மூலக் கூறுகள், கிளிசராலின் ஒரு மூலக்கூறுடன் சேர்வது அதன் அடிப்படைச் சேர்க்கையாகும் (Basic Combination).



கொழுப்பு அமிலங்கள் (Fatty acids) கிளிசரால் (Glycerol) சமக் கொழுப்பு (Neutral fat) நீர் (Water)

கொழுப்பு அமிலங்களும் கிளிசராலும் சேர்ந்து சமக் கொழுப்பு உண்டாதல்.

இதையடுத்து அதிகமாகக் காணக்கூடிய கொழுப்பு ஃபாஸ் போலிபிடுகளாகும். இது சமக் கொழுப்புகளைப் போலின்றி நீரிலும், கொழுப்புக் கரைப்பான்களிலும் (Fat Solvents) கரையக் கூடியதாகும்.

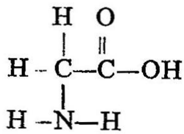
ஸ்டிராய்டுகள் பல்வேறுபட்ட செயலியல் இயக்கங்களில் ஈடுபடுகின்றன. அவற்றில் கொலஸ்டிரால் (Ceolesterol), எர்கோஸ்டிரால் (Ergoseerol) மற்றும் பல பெரும் அமைப்புகளைச் சேர்ந்த ஹார்மோன்கள் ஆகியவை முக்கியமானவையாகும்.

புரதம் (protein)

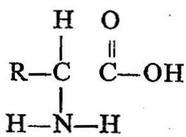
உயிர்த்தாதுவில் மிக முக்கியமான பொருட்களில் ஒன்று புரதமாகும். உயிர்த்தாதுவில் இது 10 சதவீதம் கலந்துள்ளது.

புரத மூலக்கூறுகள் மிகவும் சிக்கல் வாய்ந்த அமைப்போடு மட்டுமன்றி, மிகப்பெரிய மூலக்கூறு எடையும் கொண்டிருக்கின்றன. ஆனால் இது 10^3 முதல் 10^6வரை என்ற ஏற்றத்தாழ்வில் அமைந்துள்ளது. இதனுடைய சராசரி மூலக்கூறு எடை சுமார் 3.5×10^4 ஆகும். புரத மூலக்கூற்றில் கரிப்பொருள், பிராணவாயு, நீர் வாயு, உப்பு வாயு ஆகியபொருள்கள் ஒன்றோடொன்று சிக்கலான முறையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவையேயன்றி வேறு பொருள்களும் புரத மூலக்கூற்றில் சோந்து அமையலாம்.

புரதத்தை உண்டாக்கக்கூடிய அடிப்படைப்பொருள் அமினோ அமிலமாகும் (Amino acid). புரதத்தை ஒரு வீட்டிற்கு ஒப்பிட்டால், அவ்வீடு கட்டுவதற்கான அடிப்படைப் பொருளான செங்கல்லை அமினோ அமிலத்திற்கு ஒப்பிடலாம். எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு சாதாரண அமினோ அமிலமான கிளைசின் (Glycine) கீழ்வருமாறு அமைந்துள்ளது:

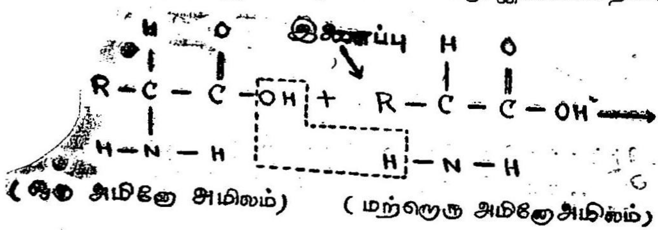


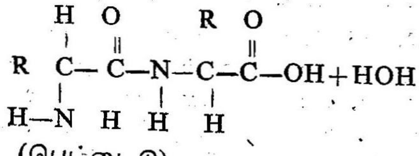
இதில் இரு இடங்களில் அமைந்துள்ள NH_2 குழுவும் COOH குழுவும் அமினோ அமிலத்தில் குறிப்பிட்டத்தக்க அம்சமாகும். அமினோ அமிலத்தை (எதுவாயினும்)பொதுவாக,



என்று குறிப்பிடுவார்கள். இதில் R என்ற எழுத்து, மாறுபடும் நீளத்தையுடைய கார்பன் சங்கிலியைக்(Garpon chain) குறிப்பதாகும்.

இத்தகைய அமினோ அமிலங்கள் ஒன்று சேர்ந்து பெப்டைடாக (peptide)மாறுகிறது. இவை கீழ்க்கண்டவாறு இணைகின்றன:





(பெப்டைடு)

மேற்கண்ட எடுத்துக்காட்டில் இரண்டு அமினோ அமிலங்கள் ஒன்றோடொன்று இணைவது கோடிட்டுக் காட்டப்பட்டுள்ளது.

ஓர் அமினோ அமிலத்தின் CO குழுவுக்கும் மற்றோர் அமினோ அமிலத்தின் NH குழுவுக்குமிடையில் இந்த இணைப்புத் தோன்றியிருப்பதைக் காணலாம். இந்தச் சேர்க்கைக்கு இணைப்பு (Bond) என்று பெயர்.

இத்தகைய பெட்டைடுகள் மேலும் சிக்கல் மிகுந்த மூலக்கூறுகளாகி பெப்டோன்களாகின்றன (Peptones). பெப்டோன்கள் புரோடியோஸ்களாகின்றன (Proteoses). இவையே முடிவில் புரதம் என்றழைக்கப்படுகின்றன. புரதம் நீராற் பகுத்தல் (Hydrolysis) ஆகும்போது பல்வேறு இடைநிலைப் பொருள்களை (Intermediary products) உண்டாக்குகின்றன.

புரத மூலக்கூறுகள் மிகப் பெரிதாக இருப்பது, மிக முக்கியமான பௌதிக நிலைகளுக்குக் காரணமாக அமைகின்றது. புரத மூலக்கூறுகள் பெரிதாக இருப்பதால், இதன் ஊடுருவுதல் (difiusion) அளவு மிகவும் குறைவாக உள்ளது. சவ்வுகளில் போதுமான அளவுள்ள துவாரங்கள் இருந்தாலன்றி, இம் மூலக்கூறுகள் அவற்றினூடே செல்லவியலாது. தூய்மையான நீரில் ஒரு செல் வைக்கப்பட்டால், அதிலுள்ள பல பொருள்கள் சவ்வுவழியே நீருக்கு வரக்கூடும். ஆனால் புரத மூலக்கூறுகள் அவ்வாறு வர இயலாத காரணத்தினால் நீர் செல்லிற்குள் செல்லுகின்றது. எனவே திரவஊடுருவுதல் கவர்ச்சிக்குப் (osmotic altraction of fluid) புரத மூலக்கூறுகள் காரணமாக அமைந்துள்ளன என்பது விளங்குகின்றது.

புரதங்களின் முக்கியமான பண்புகளை உறுதிப்படுத்துவது அதிலுள்ள அமினோ அமிலங்களின் சீரமைப்பாகும் (Sequence). இருபது வகையான அமினோ அமிலங்கள் (அட்டவணை 3) இருந்தும், அவை யாவும் ஒவ்வொரு புரத மூலக்கூறிலும் இருக்கும் என்ற நியதியில்லை. சில மூலக்கூறுகளில் ஒரே அமினோ அமிலம் பல முறை காணப்படலாம். குரோமடோகிராபி (Chromatography) என்ற நிறப் பகுப்பு முறை மூலம் புரதத்திலுள்ள அமினோ அமிலங்களின் அமைப்பை எளிதாகக் கண்டுபிடிக்க இயலும். ஆனால் புரத அமைப்பின் சூத்திரத்தைக் (Structnral formula) கண்டுபிடிப்பது எளிதான செயலன்று.

சாங்கர் என்பவர் (F. Sanger) புரத மூலக்கூறின் அமைப்புச் சூத்திரத்தைக் கண்டுபிடிக்க முயன்றவர்களுள் ஒருவராவார். இவர் பத்தாண்டுகள் கடுமையாக உழைத்து, இன்சுலின் (insulin) என்ற மிகச் சிறிய புரத மூலக்கூறின் அமைப்பைக் கண்டறிந்துள்ளார். 1958 ஆம் ஆண்டில் இதற்காக இவருக்கு நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது. இன்சுலின் மூலக்கூற்றில் இரு

பாலிபெப்டைடு சங்கிலிகள் (polypeptide chains) உள்ளன. இரு கந்தக அணுக்கள்மூலம் இச்சங்கிலிகள் இணைக்கப் பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 3

அமினோ அமிலங்கள் (Amino acids)

எண்.	அமினோ அமிலங்கள் (Amino acids)	எண்.	அமினோ அமிலங்கள் (Amino acids)
1.	ஆலனின் (Alanine)	11.	லூசின் (Leucine)
2.	ஆர்ஜினின் (Arginine)	12.	லைசின் (Lysine)
3.	ஆஸ்பராஜி (Asparagine)	13.	மிதியோனின் (Methionine)
4.	ஆஸ்பார்டிக்அமிலம் (Aspartic acid)	14.	பினைல் ஆலனின் (phenylalanine)
5.	சிஸ்டின் (Cysteine)	15.	புரோலின் (proline)
6.	குளுடாமிக் அமிலம் (Glutamic acid)	16.	சிரைன் (Serine)
		17.	திரியோனின் (Threonine)
7.	(குளுடாமின் (Glutamine)	18.	ட்ரிப்டோஃபான் (Tryptophan)
8.	கிளைசன் (Glycine)		
9.	ஹிஸ்டிடின் (Histidine)	19.	டைரோசின் (Tyrosine)
10.	ஐசோ லூசின் Isoleucine	20.	வேலைன் (Valine)

இன்சுலின் மூலக்கூறின் 15வேறுபட்ட அமினோ அமிலங்கள் பல்வேறுவிதமாக இருசங்கிலிகளில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு சங்கிலியில் 30 அமினோ அமிலங்களும், மற்றொன்றில் 21 அமினோ அமிலங்களும் இருக்கின்றன; எனவே, மொத்தம் 51அமினோ அமிலங்கள் இதில் உள்ளன. இதே மாதிரி பெரிய புரத மூலக் கூறுகளில் நூற்றுக்கணக்கான அமினோ அமிலங்கள் இருக் கின்றன.

ஆங்கில மொழியில், 26 எழுத்துகளைக்கொண்டு தோன்றி யுள்ள சொற்கள் எவ்வளவு மிகுதியாகக் காணப்படுகின்றனவோ, அவைபோலவே 20 அமினோ அமிலங்களைக்கொண்டு எத்தனையோ வகையான புரத மூலக்கூறுகள் அமைந்துள்ளன.

புரதத்தின் மற்றொரு முக்கிய குணம், அதை வெப்பப்படுத்தும்போதோ அல்லது அதனுடன் ஆல்கஹாலைச் (Alcohol) சேர்க்கும் போதோ அது உறைதலாகும் (Coagulation).

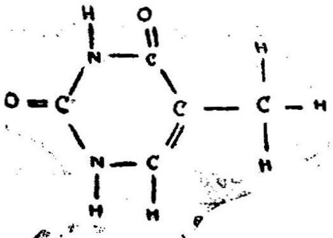
உட்கருப் புரதங்கள் (Nucleo proteins) மிக முக்கியமாகக் கருதப்படுகின்றன. உட்கருவின் புரோட்டோபிளாசத்தில் மட்டுமின்றி செல்லின் புரோட்டோபிளாசத்திலும் இவை முக்கியப் பங்கு கொள்கின்றன. உட்கரு அமிலங்களுடன் சேர்ந்துள்ள ஒருவகைப் புரதந்தான் உட்கருப் புரதம் என்றழைக்கப் படுகிறது. இவ்வாறு மற்றொரு பொருளுடன் இணைந்த புரதத்தை, இணைந்துள்ள புரதம் (Conjugated protein) என்பர்.

உட்கரு அமிலங்களைத் தவிர, கொழுப்புப் பொருளுடனும் புரதம் சேர்ந்து காணப்படுகிறது. இவை கொழுப்புப் புரதங்களாகும் (Lipo proteins). கொழுப்புப் புரதங்கள் செல் அமைப்பில் பெரும் பங்கு கொள்கின்றன. புரதம் கிளைகோஜனுடனும் சேர்ந்து காணப்படுவதுண்டு.

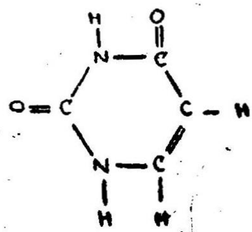
உட்கரு அமிலங்கள் (Nucleic acids)

சுமார் 100 ஆண்டுகளுக்கு முன்னால் சுவிஸ் நாட்டைச் சேர்ந்த ஃபிரிட்ரிக் மெஸ்ச்சர் (Friedrich Miescher) என்ற விஞ்ஞானி, செல்களைப் பெப்சின் (pepsin) என்ற நொதியுடன் கலந்து ஆராய்ந்தார். செல்லிலுள்ள உட்கருவைத் தவிர, மற்றப் பகுதிகள் யாவும் சிதைவுற்றதைக் கண்டார்: பெப்சின் நொதியானது புரதத்தைச் செரிக்கும் தன்மையுடையதாதலால், உட்கரு மட்டும் புரதமற்ற வேறு ஏதோ பொருளால் உண்டாகியிருக்கின்றது என்று இச் சோதனைமூலம் அவர் நிறுவினார். புரதமற்ற இப் பகுதியை அவர் நியூக்ளின் (Nuclein) என்றழைத்தார். இதில் பாஸ்பரஸ் இருப்பதையும் அவர் கண்டுபிடித்தார். இப் பொருள்தான் இன்று **உட்கரு அமிலங்கள்** என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இருபதாவது நூற்றாண்டின் தொடக்கத்தில், உட்கரு அமிலங்களில் நைட்டிரஜன் கலந்த கூட்டுப்பொருள்கள் இருப்பதைக் கண்டுபிடித்தனர். இவற்றிற்குக் பெயர் உப்பு மூலங்கள் (Bases) என்பதாகும்.

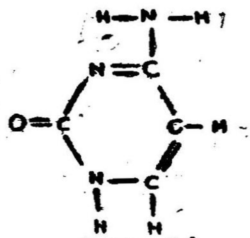
உப்பு மூலங்கள் இருவகைகளாக இருக்கின்றன. ஒற்றை வளைய அமைப்புடன் (Single-ring configuration) கூடிய உப்பு மூலங்களைப் பிரிமிடின்கள் (Pyrimidines) என்றும் இரட்டை வளைய அமைப்புடன்கூடிய உப்பு மூலங்களை ப்யூரைன்கள் (Purines) என்றும் அழைக்கின்றனர். இவை கீழ்க்கண்டவாறு அமைந்துள்ளன:



தைமின்
(THYMINE)

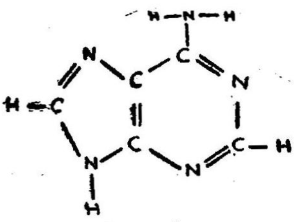


யூராசில்
(URACIL)

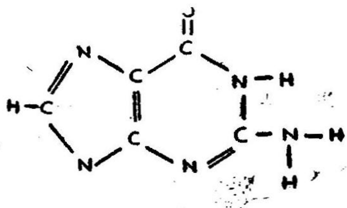


சைடோசின்
(CYTOSINE)

(ஒற்றை வளைய அமைப்புடன் கூடிய பிரிமிடின்கள்)



அடினைன்
(ADENINE)



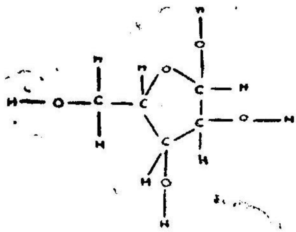
குவானின்
(GUANINE)

(இரட்டை வளைய அமைப்புடன் கூடிய ப்யூரைன்கள்)

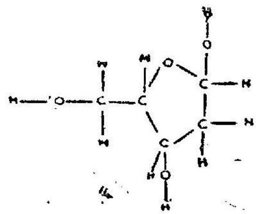
அமினோ அமிலங்களிலுள்ள உப்பு மூலங்கள்: டி என் ஏ யில் அடினைன், குவானின், சைடோசின், தைமின் என்ற உப்பு மூலங்களும் ஆர் ஏன் ஏ-யில் அடினைன், குவானின், சைடோசின், யூராசில் என்ற உப்பு மூலங்களும் இருக்கின்றன.

உட்கரு அமிலங்களில் ஒரு குறிப்பிட்ட அமைப்புடைய கார்போ ஹைடிரேட்டுகள் இருப்பது பிறகு கண்டுபிடிக்கப் பட்டது. உட்கரு அமிலங்களில் இது இரு வகைகளாக இருக் கின்றன. ஒன்றிற்கு ரிபோஸ் (Ribose) என்றும் மற்றென்

றிற்கு டிஆக்சிரிபோஸ் (Deoxyribose) என்றும் பெயர். இரண்டிற்குமுள்ள வேறுபாடு, டி ஆக்சிரிபோசில் ஓர் ஆக்சிஜன் அணு இல்லாமல் இருப்பதேயாகும். இவ் வேறுபாட்டைக் கீழே காணலாம்.



ரிபோஸ் (RIBOSE)

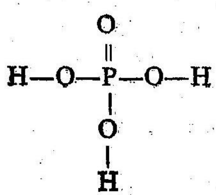


டி ஆக்சிரிபோஸ் (DEOXYRIBOSE)

உட்கரு அமிலங்களிலுள்ள சர்க்கரைகள்

டிஎன்ஏ-யில் டி ஆக்சிரிபோசும் ஆர்என்ஏ-யில் ரிபோசும் உள்ளன.

உட்கரு அமிலங்களிலுள்ள மற்றொரு பொருள் பாஸ்பரசாகும். இது பாஸ்பேட் குழுவாக அமைந்துள்ளது. இதில் ஒரு பாஸ்பரஸ் அணுவானது நான்கு ஆக்சிஜன் அணுக்களுடன் கீழ்க்கண்டவாறு சேர்ந்துள்ளது.

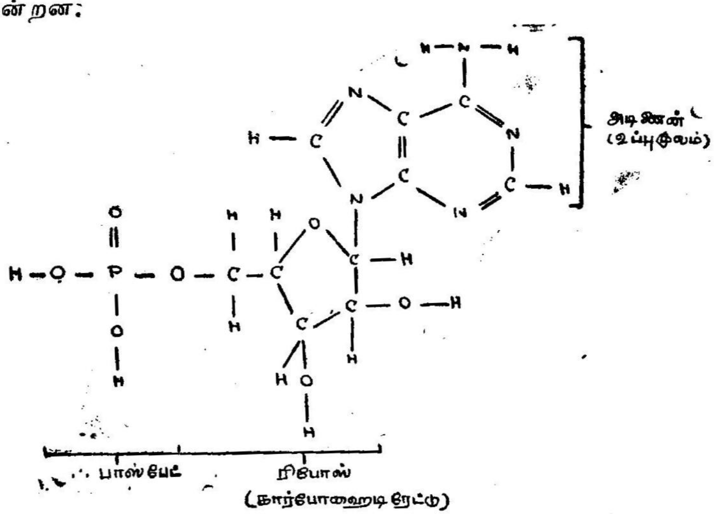


ஃபாஸ்பேட் குழு

எல்லா உட்கரு அமிலங்களிலும் இந்தக் குழு இருக்கின்றது.

உட்கரு அமில மூலக்கூறு, பல நியூக்ளியோடைடுகளாலான மிக நீண்ட அமைப்பாகும். உட்கரு அமிலத்தை உண்டாக்கக்கூடிய அடிப்படைப் பொருள் நியூக்ளியோடைடாகும் (Nucleotide). ஒரு நியூக்ளியோடைடில் கார்போ ஹைடிரேட்டும், ஓர் உப்புமூலமும், ஒரு ஃபாஸ்பேட்டும் உள்ளன. நியூக்ளியோடைடிலுள்ள கார்போஹைடிரேட் ரிபோசாக இருப்பின்,அது ரிபோ உட்கரு அமிலமாகும் (Ribo nucleic acid); டி ஆக்சிரி போசாக இருப்பின், டி ஆக்சிரிபோ உட்கரு அமிலமாகும் (De oxyribo nucleic acid). இன்று இவை ஆர் என் ஏ

(RNA) என்றும் டி என் ஏ (DNA) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.



ஒரு நியூக்ளியோடைடின் அமைப்பு

ஒவ்வொரு நியூக்ளியோடைடிலும் ஓர் உப்பு மூலம், ஒரு கார்போஹைடிரேட்டு, பாஸ்பேட்டு குழு ஆகியவை இருக்கும். இந்த எடுத்துக்காட்டில் உப்பு மூலம், அடினைனாகவும் கார்போஹைடிரேட்டு ரிபோசாகவும் இருக்கின்றன. எனவே, இது ஆர் என் ஏH ஆகும்.

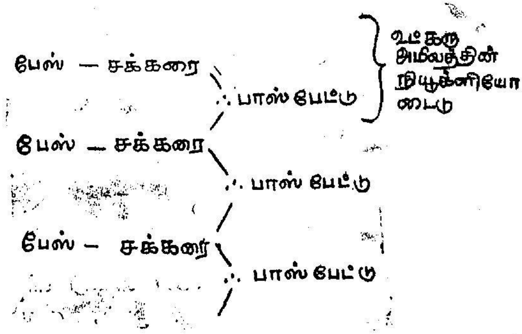
டி என் ஏ-யில் அடினைன், குவானின், சைடோசின், தைமின் உப்பு மூலங்களும், ஆர் என் ஏ-யில் அடினைன், குவானின், சைடோசின், யூராசில் உப்பு மூலங்களும் உள்ளன. (அட்டவணை 4).

அட்டவணை 4

உட்கரு அமிலத்திலுள்ள பொருள்கள்

ஆர் என் ஏ (RNA)		டி என் ஏ (DNA)	
ஃபர்ஸ்போரிக் அமிலம்		ஃபாஸ்போரிக் அலலம்	
சர்க்கரை:	ரிபோஸ்	சர்க்கரை:	டிஆக்சிரிபோஸ்
உப்பு மூலம்:	ப்யூரைன்: அடினைன் குவானின்	உப்பு மூலம்:	ப்யூரைன்: அடினைன் குவானின்
உப்பு மூலம்:	பிரிமிடின்: சைடோசின் யூராசில்	உப்பு மூலம்:	பிரிமிடின்: சைடோசின் தைமின்

பல நியூக்ளியோடைடுகள் ஒன்று சேர்ந்து பாலி நியூக்ளியோடைடு (Poly nucleotide) உண்டாகின்றது. புரதத்தின் பாலி பெப்டைடு சங்கிலியுடன் இதை ஒப்பிடலாம்.



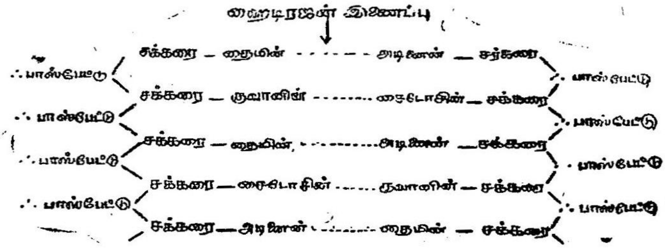
பாலி நியூக்ளியோடைடின் அமைப்பு

டி என் ஏ-யின் அமைப்பு

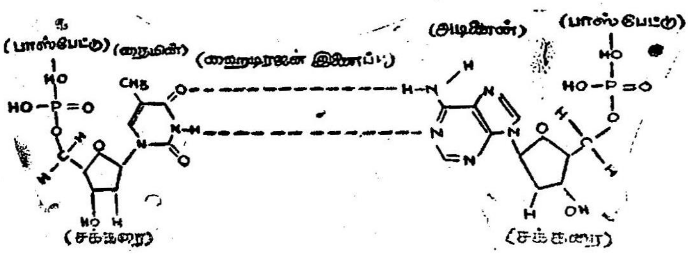
உட்கரு அமிலங்களில் என்னென்ன பொருள்கள் இருக்கின்றன என்பதை இதுவரை பார்த்தோம். இந்தப்பொருள்கள் யாவும் எவ்வாறு ஒன்றோடொன்று ஒரு டி என் ஏ மூலக்கூறுகளாகக் காட்சியளிக்கின்றன? 1953ஆம் ஆண்டில் பிரிட்டிஷ் நாட்டைச் சேர்ந்த கிரிக் (Criek) என்பவரும், அமெரிக்க நாட்டைச் சேர்ந்த வாட்சன் (Watson) என்பவரும் இக்கேள்விக்கு விடையளித்தனர். இதற்காக அவர்கள் 1962ஆம் ஆண்டில் நோபல் பரிசு பெற்றனர்.

ஒவ்வொரு டி என் ஏ நியூக்ளியோடைடும் **உப்பு மூலம், டி ஆக்சிரிபோஸ், பாஸ்பேட்** முதலியவற்றைக் கொண்டுள்ளது. எக்ஸ்-கதிர் டிப்ராக்ஷன் ஆராய்ச்சிகள் மூலம் (X-ray diffraction), வாட்சனும் கிரிக்கும் ஒரு டி என் ஏ மூலக்கூறில் சுமார் 200,000 நியூக்ளியோடைடுகள் இருக்கின்றன என்பதைக் கண்டு கொண்டனர். இவ்வாராய்ச்சிகள் மூலம் கிடைத்த சான்றுகளைக்கொண்டு அவர்கள் இருவரும், டி என் ஏ மூலக்கூறு திருகி விடப்பட்ட ஏணியைப்போன்று (helix) அமைந்திருப்பதாக முடிவுகட்டினர். இந்தத் திருகேணியின் இரு பக்கங்களும் டி ஆக்சிரிபோஸ் பாஸ்பேட் அலகுகளால் (units) ஆக்கப்பட்டிருக்கின்றன; திருகேணியின் இரு பக்கங்களும் ஒரு குறிப்பிட்ட இணை உப்பு மூலங்களால் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அடினைனும் தைமினும் சேர்ந்து ஓர் இணையாகவும், சைடோசினும் குவானினும் சேர்ந்து மற்றோர் இணையாகவும் இருக்கின்றன. ஹைடிரஜன்

இணைப்புகள்மூலம் உப்பு மூலங்கள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன: திருகேணியின் பாதி வளைவில் ஐந்து இணைஉப்பு மூலங்கள் உள்ளன.



டிஎன்ஏ-யின் இரு பாலி நியூக்ளியோடைடுகளின் இணைப்பு, தைமினுக்கும் அடினைனுக்கும் இடையிலும், குவானினுக்கும் சைடோசினுக்கும் இடையிலும் ஹைடிரஜன் இணைப்புமூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.



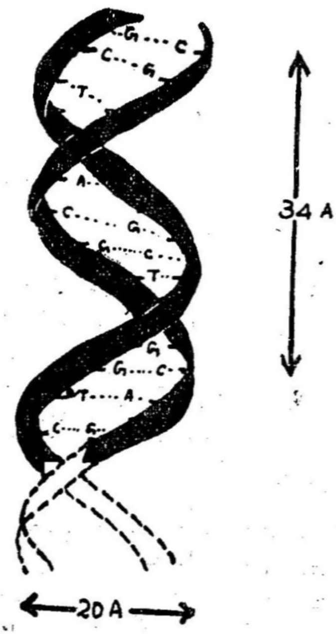
டிஎன்ஏ மூலக்கூறின் ஒரு சிறு பகுதி, இரு பாலி நியூக்ளியோடைடு சங்கிலிகள் ஹைடிரஜன் இணைப்புமூலம் இணைந்திருக்கின்றன:

டிஎன்ஏ பிரதியுண்டாதல் (DNA Replication)

1950ஆம் ஆண்டின் இடையில், ஜீன்களை டிஎன்ஏ-யாகக் கொள்ள முடியும் என்ற கருத்து ஒருவாறாக ஒத்துக்கொள்ளப் பட்டது. வாட்சன்-கிரிக் அவர்கள் தெரிவித்த டிஎன்ஏ மூலக் கூறின் அமைப்பும் ஒத்துக்கொள்ளப்பட்டது: இதைத்தொடர்ந்து ஏற்பட்ட மற்றொரு பிரச்சினை, டி என் ஏ மூலக்கூறின் பிரதியுண் டாதல் முறை அவ்வாறு சாத்தியமாகிறது என்பதேயாகும்.

இதைப்பற்றி வாட்சன்-கிரிக் அவர்கள் ஒரு கொள்கையை வெளியிட்டனர்: முன்பு கண்டதுபோல டிஎன்ஏ-யின் இரு பாலி நியூக்ளியோடைடுகளும் ஹைடிரஜன் இணைப்புமூலம் இணைத்

கப்பட்டிருக்கின்றன: இரு பாலி நியூக்ளியோடைடுகளும் திருகேணி மாதிரி சுற்றிக்கொண்டிருப்பதையும் கண்டோம்.



படம் 7.

டிஎன்ஏ-யின் அமைப்பு

இரண்டு நியூக்ளியோடைடுகளையும் இணைத்துக்கொண்டிருக்கும் ஹைடிரஜன் இணைப்புகள் திடீரென்று கத்தரிக்கப்பட்டால், நியூக்ளியோடைடுகள் இழைகளாகப் பிரிய முடியும். இந் நிலையில் ஓர் இழையிலுள்ள தனித்து விடப்பட்டுள்ள இணைப்புகள் (Naked bonds) இணைவதற்குரிய சரியான பொருத்தமான அலகுகளைக் கவருகின்றன. புதிதாகத் தோன்றிய இழை பழைய இழையுடன் (Original strand) சேர்ந்துகொள்கின்றது. இவ்வாறு முன்பு இரு இழைகள் இருந்த இடத்தில், இப்போது நான்கு இழைகள் உண்டாகின்றன. இதுவே வாட்சன்-கிரிக் அவர்கள் விளக்கிய டிஎன்ஏ மறுபிரதியுண்டாதல் முறையாகும்.

இக்கொள்கை மிக எளிதாகத் தோன்றியபோதிலும் எல்லோரும் இதை ஏற்றுக்கொண்டார்கள் என்று கூறுவதற்கில்லை: ஒரு டிஎன்ஏ மூலக்கூறில் 200,000 நியூக்ளியோடைடுகள் இருக்

கின்றன என்றால், இவை பிரிவதற்கு 200,000 நியூக்ளியோடைடுகளுக்குமிடையேயுள்ள இணைப்புகள் விடுபடவேண்டும். மற்றும் ஒரே குரோமசோமில் (Chromosome) பல ஜீன்கள் இருக்கின்றன. ஒரு செல்லில் பல குரோமசோம்கள் இருக்கின்றன. எனவே, வானத்திலுள்ள கணக்கிலடங்காத விண்மீன்கள் போல், செல்லிலுள்ள நியூக்ளியோடைடுகள் செல்பிரிதல் நிகழ்ச்சியின்போது பிரிந்து, புதிய டிஎன்ஏ இழைகள் தோன்றுகின்றன என்பது வியப்பிற்குரியதாகவுள்ளது.

ஆர்என்ஏ (RNA)

ஆர்என்ஏ, டிஎன்ஏ-யிடமிருந்து இருவகையில் வேறுபட்டுக் காணப்படுகின்றது. (1) ஆர்என்ஏ-யில் டிஆக்சிரிபோசுக்குப் பதிலாக ரிபோஸ் இருக்கின்றது. (2) பொதுவாக ஆர்என்ஏ இரட்டை இழை (double strand) மூலக்கூறாக இல்லாமல் ஒற்றையிழை மூலக்கூறாக இருக்கின்றது. மற்ற எல்லா அம்சங்களிலும் டிஎன்ஏ-யும் ஆர்என்ஏ-யும் ஒன்றாகவே உள்ளன. அதன் காரணமாக, டிஎன்ஏ, குறிப்பிட்ட ஆர்என்ஏ மூலக்கூறுகளை உண்டாக்க முடிகிறது.

டிஎன்ஏ உட்கருவின் உள்ளே காணப்படுகிறது. எனவே, உட்கருவின் உள்ளேதான், டிஎன்ஏ-யின் இழைகள் ஆர்என்ஏ-யின் இழைகளை உண்டாக்குகின்றன. இவ்வாறு தோன்றிய புதிய ஆர்என்ஏ இழைகள் உட்கருவை விட்டு சைடோபிளாசத்திற்கு வருகின்றன. இவை டிஎன்ஏ-யின் மூலம் தோன்றியதாலும் டிஎன்ஏ-யின் செய்திகளை ஏற்றிருப்பதாலும் இவற்றிக்குத் தூதுவர் ஆர்என்ஏ (Messenger RNA) என்று பெயர். 1965ஆம் ஆண்டில் நோபல் பரிசுபெற்ற ஜேக்கஸ் மேனோடு (Jacques Monod), ஃபிரன்காய்ஸ் ஜாகோப் (Francois Jacob என்பவர்கள் மூலம் இப்பெயர் உண்டாயிற்று. இந்தத் தூதுவர் ஆர்என்ஏ, உட்கருவை விட்டு வேகமாக வெளியேறி சைடோபிளாசத்திற்குச் சென்று புரத உற்பத்தியை இயக்குகின்றது.

இங்கு எழும்புகின்ற மற்றொரு பிரச்சினை, இவ்வளவு நிகழ்ச்சிகளும்—டிஎன்ஏ இழைகள் பிரிதல் —இழைகள் நிமிர்தல்—புதிய ஆர்என்ஏ மூலக்கூறுகள் உண்டாதல்—இந்தத் தூதுவர் ஆர்என்ஏ உட்கருவை விட்டு வெளியேறி சைட்டோபிளாசத்திற்குச் செல்லுதல்—அங்குப் புரத உற்பத்தியை இயக்குதல்—மிக விரைவாக நடைபெற முடியுமா என்பதே. ஃப்ரான்சிஸ் கிரிக் (Francis Crick)இதற்கும் ஒரு கொள்கையை வெளியிட்டார். இக் கொள்கையின்படி, ஏதோ ஓர் அமைப்பு, குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலங்

களைச் சேகரித்து, ஆர்என்ஏ இழைகளுக்குக் கொண்டுவந்து ஆர்என்ஏ இயக்கத்திற்கு ஏற்றவாறு அமினோ அமிலங்களைத் தக்கவாறு ஒன்று சேர்த்துப் புரத மூலக்கூறை உண்டாக்குகிறது. இத்தகைய ஓர் அமைப்பு உண்மையில் இருப்பதாகவே தோன்றுகிறது. இதற்கு ஏற்று ஆர்என்ஏ (Transfer RNA) என்று பெயர். இந்த ஏற்று (டிரான்ஸ்ஃபர்) ஆர்என்ஏ செல்லில் மிக விரைவாகச் சென்று, குறிப்பிட்ட சில அமினோ அமிலங்களை இணைத்து இவற்றைத் திரும்பவும் ஆர்என்ஏ இழைகளுக்கு அனுப்பி, புரத மூலக்கூறுடன் சேரச் செய்கின்றது. இருபது வகையான அமினோ அமிலங்களுக்குத் தனித்தனியான ஏற்று (டிரான்ஸ்ஃபர்) ஆர்என்ஏ மூலக்கூறுகள் இருப்பதாகத் தகுந்த சான்றுகள் கிடைத்துள்ளன.

உயிர்த் தாதுவின் பௌதிகத் தன்மைகள்

(Physical properties)

பாகுநிலை (Viscosity)

மூலக்கூறுகளிடையே ஏற்படும் கவர்ச்சியே பாகுநிலையாக வெளிப்படுகின்றன. எனவே, அதிகப் பாகுநிலையையுடைய ஒரு பொருள், உருவை மாற்றிக்கொள்ள அதிக எதிர்ப்பைத் தரும் என்று தெளிவாகிறது. அதாவது, அதிகப் பாகுநிலையுடைய பொருளானது, மிகக் குறைவாகவே ஓடும் தன்மை (flow) பெற்றிருக்கின்றது. தண்ணீருடன் ஒப்பிடும்போது உயிர்த்தாது அதிகப் பாகுநிலையுடையதாக இருக்கின்றது. பாகுநிலையைப் பாய்ஸ் (poise) மூலம் குறிப்பிடுகிறார்கள். தண்ணீரினுடைய பாகுநிலை சுமார் 1 சென்டி பாய்சாகும். அதாவது 1 பாய்சில் நூற்றில் ஒரு பங்காகும். தண்ணீரின் இப் பாகுநிலையோடு ஒப்பிட்டால், உயிர்த்தாதுவின் பாகுநிலை 2-லிருந்து 20 சென்ட்டி பாய்ஸ்கள் வரை இருப்பதாகக் கணக்கிட்டுள்ளார்கள்.

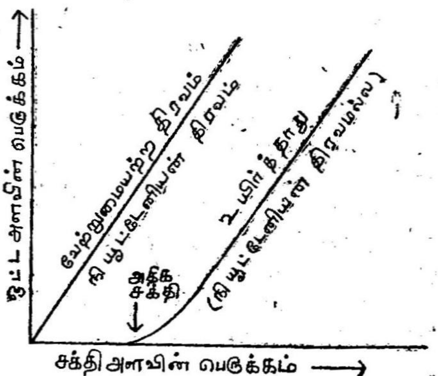
நீளும் தன்மைகள் (Elastic properties)

உயிர்த்தாதுவிற்கு நீளும் தன்மையிருப்பதாகச் சில பரிசோதனைகள் உறுதிப்படுத்துகின்றன. இதிலிருந்து உயிர்த்தாது வெறும் திரவநிலையுடைதன்று என்று புலனாகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு சிறு உலோகக் கோளத்தை செல்லில் ஒரு பகுதியில் வைத்து, ஒரு காந்தத்தின்மூலம் கவரச் செய்வதாகக் கொள்வோம். இந் நிலையில், காந்தத்தினால் ஈர்க்கப்பட்ட குண்டானது அசைகின்றது. ஆனால், காந்தம் எடுக்கப்பட்டவுடன், மீண்டும் அக் குண்டானது, புறப்பட்ட இடத்திற்கே செல்கின்றது. இதிலிருந்து வெளிப்படும் உண்மை, குண்டு நகரும்போது

உயிர்த்தாதுவும் இழுக்கப்படுகிறது. இது வளையும் தன்மை பெற்றிருப்பதால், காந்தம் எடுக்கப்பட்டவுடன், குண்டு பின்னேக்கி நகருகின்றது. இச் சோதனையிலிருந்து உயிர்த் தாதுவின் நீளும் தன்மை புலப்படுகிறது. ஆனால், குண்டு **வேற்றுமையற்ற** திரவப்பகுதியில் வைக்கப்படும்போது (homogeneous liquid) மீண்டும் திரும்பிச் செல்வதில்லை. இதிலிருந்து உயிர்த்தாதுவின் சில பகுதிகள் மட்டும் நீளும் தன்மையைப் பெற்றிருப்பதாகத் தெரிகிறது: குறிப்பாகப் புறப்பகுதியில் (Cortical layer) இத் தன்மை காணப்படுகிறது:

உயிர்த்தாதுவிலுள்ள அமைப்புடைய இணைப்புகள் (Structural ponds in protoplasm)

உயிர்த்தாதுவில் ஏதோ சில அமைப்புடைய இணைப்புகள் இருப்பதும் சில பரிசோதனைகள் மூலம் தெளிவாகிறது: (படம். 7–1.) கொடுக்கும் சக்திக்கும் ஓடும் அளவிற்கும் உள்ள தொடர்பை விளக்குகின்றது. ஒரு வேற்றுமையற்ற திரவம்



படம் 7-1.

சக்திக்கும் ஓட்டத்திற்குமிடையேயுள்ள தொடர்பு

உயிர்த்தாது மெதுவாக ஓடத் தொடங்குவதற்கே அதில் சக்தி அளிக்கப்பட வேண்டுமென்பதைக் காண்க.

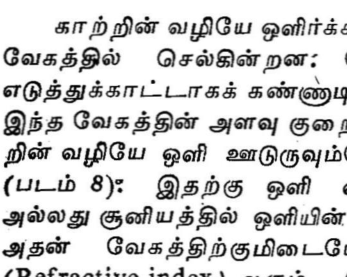
(நியூட்டேனியன் திரவம்—(Homogeneous fluid), அதாவது நீர், அல்லது அதைவிட அதிகப் பாகுநிலையையுடைய எண்ணெய், சக்திக்கும் ஓட்டத்திற்கு மிடையே நேர்க்கோடு தொடர்பைக் காட்டுகின்றது. ஆனால், உயிர்த்தாது, நியூட்டேனியன் திரவமாக இல்லாதிருப்பதால் (Non-Newtonian fluid) சக்திக்கும்

ஒட்டத்திற்குமிடையே நேர்க்கோடு தொடர்பை உண்டாக்காமல் மாறுபட்டுக் காணப்படுகிறது. இதற்குக் காரணம், உயிர்த்தாதுவிலுள்ள அமைப்புடைய இணைப்புகள், அதை நேராக ஓட விடாமல் தடுப்பதேயாகும்.

ஒளி விலக்கம் (Light Refraction)

காற்றின் வழியே ஒளிர்க்கதிர்கள் சுமார் 300,000 km/sec. வேகத்தில் செல்கின்றன: வேறு பொருள்களின் வழியே, எடுத்துக்காட்டாகக் கண்ணாடி அல்லது உயிர்த்தாது இவற்றில் இந்த வேகத்தின் அளவு குறைகிறது: ஒன்றைவிட்டு மற்றொன்றின் வழியே ஒளி ஊடுருவும்போது, சிறிது விலக்கமடைகிறது (படம் 8): இதற்கு ஒளி விலக்கமென்று பெயர். காற்றில் அல்லது சூனியத்தில் ஒளியின் வேகத்திற்கும் வேறு பொருளில் அதன் வேகத்திற்குமிடையேயுள்ள விகிதமே விலக்க எண் (Refractive index) ஆகும். இதன்படி காற்றிற்கு விலக்க எண் 1·0 ஆகும். உயிர்த்தாதுவிற்கு 1:4 ஆகிறது. செல்லின் சில பகுதிகள் இரட்டை விலக்கம் உடையதாக இருக்கின்றன (Birefringence):

ஆனால், இதற்குக் காரணம் உயிர்த்தாது அன்று; செல்லிலுள்ள பல பொருள்கள்—உட்கருச்சவ்வு—குரோமசோம்கள்—மைட்டோகாண்டிரியாக்கள் ஆகியவையே காரணமாகும்; இத்தகைய ஆராய்ச்சிகள் மூலம் செல் சவ்விலுள்ள மூலக் கூறுகளின் அமைப்பு விளக்கப்படுகிறது: செல் சவ்வில் ஒரு மெல்லிய புரதச் சவ்வைச் சுற்றி இரு கொழுப்பு மூலக்கூறு அடுக்குகள் உள்ளன. ஒளி விலக்கத்தைக் கொண்டு ஒவ்வொரு மூலக்கூறின் இடத்தையும் கண்டறிய முடிகிறது:



படம் 8.
ஒளி விலக்கம்
ஒ-க. ஒளிக்கதிர்; க-கண்ணாடி;
கா-காற்று.

உயிர்த்தாதுவின் கொல்லாய்டு தன்மை (The Colloidal nature of Protoplasm)

உயிர்த்தாதுவின் பற்பல தன்மைகள்—பாகுநிலை—நீளும் தன்மை—சால் (Sol) என்ற திரவ நிலையிலிருந்து ஜெல் (Gel) என்ற பாதி கட்டிப்பொருள் நிலைக்கு (Semisolid) மாறுதல்—

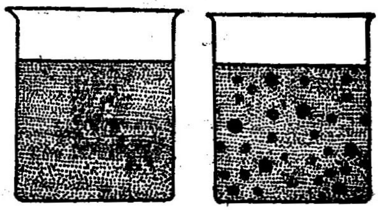
போன்ற யாவற்றையும் சேர்த்து, அதன் கொல்லாய்டு நிலை (Colloidal State) என்பர். கொல்லாய்டு மண்டலம் (Colloidal System) என்பது, குறிப்பிடத்தக்க அளவு பெரிதாகவுள்ள துகள்கள், திரவத்திலேயோ, வாயுவிலேயோ அல்லது கட்டிப் பொருளிலேயோ நிலையாகவும் சீராகவும் பரவியிருத்தலேயாகும். இவ்வாறு மிதந்துகொண்டிருக்கும் துகள்கள் மூலக்கூறுக ளாகவோ அல்லது மூலக்கூறுகளின் தொகுப்பாகவோ உள்ளன. இப்பொருள்கள் படியாமல் மிதந்து கொண்டிருப்பதற்குக் காரணம், இவை ஈர்ப்பு விசையால் (Gravity) இழுக்கப் படாத அளவிற்கு மிகப் பெரிதாக இல்லாமலிருப்பதேயாகும். கொல்லாய்டு துகள்கள், 1 மில்லி மைக்ரானிலிருந்து (mμ) 100 மில்லி மைக்ரான்கள் வரை அளவுடையதாக இருக்கின்றன, இவற்றை பேஸ் நுண்பெருக்கி மூலமும் (Phase microscope) எலெக்ட்ரான் நுண்பெருக்கிமூலமும் (Electron microscope) காணமுடியும். ஆனால், ஒளி நுண்பெருக்கி மூலம் பார்க்க இயலாது.

கொல்லாய்டு மண்டலத்தில் மிதந்துகொண்டிருக்கும் துகள் களை ஒன்றாகச் சேர்த்து 'தொடர்ச்சியற்ற நிலை' (Discontinuous phase) என்பர்; துகள்கள் மிதக்கும் பகுதியை (Suspending medium) 'தொடர்ச்சியான நிலை' (Continuous phase) என்பர். துகள் மிதக்கும் திரவம் அல்லது எமல்ஷன் (Emulsion) என்பது ஒருவகையான கொல்லாய்டு மண்டலமாகும். இதில் ஒரு திரவப் பொருள் (உதாரணம்: பால்) தொடர்ச்சியான நிலையிலிருக்கும்; மற்றொரு திரவப் பொருளில் (உதாரணம்: நீர்) கலந்திருக்கின்றது. உயிர்த்தாது இத்தகைய சிக்கல் வாய்ந்த கொல்லாய்டல் மண்ட லங்களைக் கொண்டுள்ளது.

சால்கள் (Sols) என்பது திரவம்போன்று காணக்கூடிய கொல்லாய்டு மண்டலமாகும். இதிலுள்ள தொடர்ச்சியான நிலையிலுள்ள பொருள் பெரும்பாலும் நீராகவுள்ளது. தொடர்ச்சி யற்ற நிலையிலுள்ள துகள்கள் கெட்டித்துகள்களாக உள்ளன. புரோட்டோபிளாசம் சால் நிலையில் இருக்கும்போது, அதிலுள்ள தொடர்ச்சியான நிலை தண்ணீரேயாகும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட பௌதிக—இரசாயன நிலையில் இருக்கக் கூடிய சால் நிலையை, ஜெல் என்ற பாதி கெட்டிப்பொருள் நிலைக்கு மாற்ற முடியும். ஜெல் என்பது ஒரு கொல்லாய்டு அமைப்பாகும். இதில் கெட்டித் துகள்கள் தொடர்ச்சியற்ற

நிலையிலில்லாமல், தொடர்ச்சியான நிலையிலும், திரவப் பகுதி, தொடர்ச்சியான நிலைக்குப்பதில் தொடர்ச்சியற்ற நிலையிலும் இருக்கின்றன. (பட. 9). உயிர்த்தாது பாதி கெட்டி அல்லது ஜெல் நிலையிலிருந்து சால் நிலைக்கு மாறக்கூடியது.



ஜெல் சால்

படம் 9.

ஜெல்லும் சாலும்

ஜெல்லில் கட்டித் துகள்கள் தொடர்ச்சியான நிலையிலும் திரவப் பகுதி தொடர்ச்சியற்ற நிலையிலும் உள்ளன. சாலில் திரவப் பகுதி தொடர்ச்சியான நிலையில் உள்ளது.

இதிலிருந்து உயிர்த்தாது சால் நிலையிலோ அல்லது ஜெல் நிலையிலோ அல்லது இரண்டும் சேர்ந்த நிலையிலோ இருக்கலாமென்று தெரிகின்றது. பல செல்களில், செல்லின் மையப் பகுதி சால் நிலையிலும் ஓர அல்லது வெளிப் பகுதி ஜெல் நிலையிலும் இருக்கின்றன. செல் சவ்வு ஜெல் நிலையில் உள்ளது. செல்லினுடைய வெளிப்பகுதி மட்டுமன்றி செல்லிலுள்ள சில உறுப்புகளும் ஜெல் நிலையிலிருப்பதாகக் கருதப்படுகின்றன; மையப் பொருள்களும் அல்லது சென்ரோசோம்களும் (centrosomes) குரோமசோம்களும் இவ்வாறிருப்பதாகக் கருதப்படுகின்றன.

கொல்லாய்டு மண்டலத்திலுள்ள ஒரு முக்கியமான குணம், அதிலுள்ள தொடர்ச்சியற்ற நிலைப்பகுதி கொடுக்கக்கூடிய அளவற்ற மேற்பரப்பாகும். துகள்கள் சிறிதாகச்சிறிதாக தொடர்ச்சியற்ற நிலையின் மொத்தப் பரப்பளவும் அதிகமாகின்றது. எடுத்துக் காட்டாக, ஒரு மில்லி மீட்டர் நீளம், அகலம், உயரம் உள்ள ஒரு புரதத் துண்டு 6 சதுர சென்டிமீட்டர் பரப்புடையதாக இருக்கும். இதை மேலும் மேலும் குறைத்துக்கொண்டே சென்றால், புரத அணுக்களில் பரப்பளவு பெருகுவது புலப்படும் (அட்டவணை 5).

அட்டவணை 5.

துகள்கள் சிறிதாகச் சிறிதாகத் தொடர்ச்சியற்ற நிலையின் மொத்தப் பரப்பளவு அதிகமாகின்றது.

துகளின் நீள, அகல உயரம்	துகள்களின் எண்ணிக்கை	துகள்களின் மொத்தப் பரப்பளவு
1செ.மீ.	1	6 ச.செ.மீ.
0·1 செ.மீ.	1000 (10^3)	60 ,,
0·01 செ.மீ.	1000000 (10^6)	600 ,,
0·001 செ.மீ.	10^9	6,000 ,,
0·0001 செ.மீ. (1μ)	10^{12}	60,000 ,,
0·00001 செ.மீ. (·1μ)	10^{15}	6,00,000 ,,

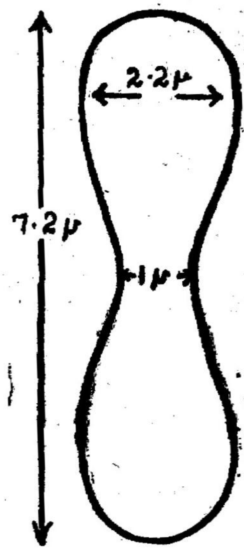
இவ்வாறு இடம் பெருகுவது, மிகுதியான நீரைத் தன்பால் ஏற்றுக்கொள்ள ஒரு சாதனமாக அமைகின்றது. கொல்லாய்டல் துகள்கள் தங்கள் மேற்பரப்பின்மீது வேறு மூலக்கூறுகளைச் சேர்த்துக்கொள்ளும் தன்மையுடையன; நீர் மூலக்கூறுகள் இவ்வாறு சேர்ந்துகொள்கின்றன.

5. செல் சவ்வு

செல் சவ்வைப் பற்றி இன்று நாம் அதிகமான உண்மைகளைத் தெரிந்திருப்பதற்குக் காரணம் எலெக்ட்ரான் நுண்பெருக்கியே யாகும். ஒளி நுண்பெருக்கி மூலம் செல் சவ்வைக் காண்பது இயலாத காரியமாகும். செல் சவ்வு, பிளாஸ்மா சவ்வு என்றும் குறிப்பிடப்படுகின்றது.

செல் சவ்வின் பருமன்

செல் சவ்வைப்பற்றிய ஆராய்ச்சிகளுக்கு மிகவும் அதிகமாகக் கையாளக்கூடிய செல் இரத்தச் சிவப் பணுவாகும். பொதுவாக இரத்தச் சிவப் பணுக்கள் யாவும் அளவில் பெரிதானவை யாகும். மனித இரத்தச் சிவப்பணுக்கள் 7·2μ விட்டத்தையும் சுமார் 2·2μ ஓரப் பருமனையும் சுமார் 1μ மையப் பருமனை யும்கொண்டுள்ளன (படம்10). எலெக்ட் ரான் நுண்பெருக்கி மூலம் கிடைத்த செய்திகளைக் கொண்டு பல்வேறு விலங்கு செல்களும், தாவர செல்களும், பாக்டீரி யாக்களும் சுமார் 75Å அளவுடைய செல் சவ்வைப் பெற்றிருப்பதாகத் தெரி கின்றன.



படம் 10.
மனித இரத்தச் சிவப் பணுவின் பருமன்

ஓரத்தில் இதன் பருமன் 2·2 μ-வாகவும் நடுவில் 1 μ-வாகவும் இருக்கின்றன.

செல் சவ்வின் கூட்டுப் பொருள்கள் (Cell membrane composition)

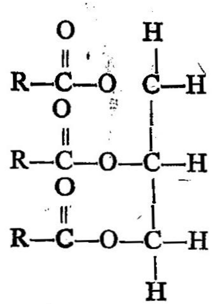
புரதமும் கொழுப்பும் செல் சவ்வி லுள்ள முக்கியமான பொருள்களாகும். ஸ்ட்ரோமாடின் (Stromatin) என்ற புரத மானது இழையமைப் புடையதாகவும் அதிக மூலக்கூறு எடையையுடையதாக வும் இருக்கின்றது. பெரும்பாலும் கொழுப்புப் பொருள்கள் யாவும் பாஸ் போலிபிடாக (Phospholipid) இருக் கின்றன.

சில கொழுப்புகள், ட்ரைகிளிசிரிடுகளாக (Triglycerides) இருக்கின்றன: இதில் மூன்று கொழுப்பு அமிலங்கள் கீழ்க் கண்டவாறு ஒரு கிளிசிரால் மூலக்கூறுடன் சேர்ந்துள்ளது (அ):

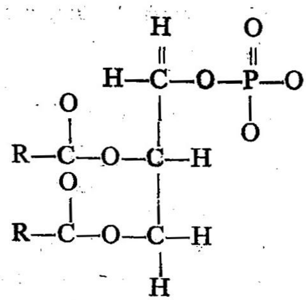
ஃபாஸ்போலிபிடில் இரண்டு கொழுப்பு அமிலங்கள் மட்டுமே உள்ளன: மூன்றுவது கொழுப்பு அமிலமிருக்குமிடத்தில் ஒரு ஃபாஸ்பேட் மூலக்கூறு உள்ளது (ஆ):

சில செல் சவ்வுகளில் ஃபாஸ்பாடிடிக் அமிலம் (ஆ) இருப்ப தாகக் கண்டு பிடிக்கப்பட்டுள்ளது. இது ஒரு ஃபாஸ்போலிடா கும்: இதில், ஃபாஸ்பேட் மூலக்கூறுடன் கூடிய இரு கிளிசி ரைடுகள் (diglyceride) கிளிசராலுடன் (glycerol) சேர்ந் துள்ளன (படம் 11). ஐந்து விதமான ஃபாஸ்போலிபிடுகள் செல்சவ்வில் இருப்பதாகத் தெரிகிறது: இதில் ஒன்று ஃபாஸ் பாடிடிக் அமிலமாகும். மற்றவை மிகவும் சிக்கல் மிகுந்த தாகும்: இதில் கொழுப்பு, அமிலம், கிளிசிரால் முதலியவற் றுடன் கோலின் (Choline), ஈனோசிடால் (Inositol), எத்தனோல் ஆமின் (Ethanolamine) இவற்றில் ஏதாவது ஒன்று, ஃபாஸ்பேட் மூலக்கூறுடன் சேர்ந்திருக்கும் (ஈ,உ). கோலின் கலந்த கொழுப் பிற்கு லெசிதின் (Lecithin) என்று பெயர். செல் சவ்விலுள்ள ஃபாஸ்போலிபிடுகளில் பாதிக்கும் மேலாக லெசிதின் இருக் கின்றது.

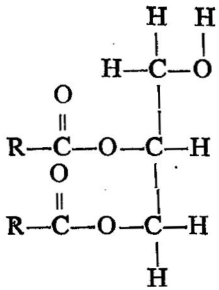
ஃபாஸ்போலிபிடு மூலக்கூறில் கிளிசிராலும் ஃபாஸ்பேட்டும் சேர்ந்த பகுதி நீரில் கரையக்கூடியதாகும். இந்த அமைப்பில் வால் மாதிரி நீண்டிருக்கின்ற கொழுப்பு அமில மூலக்கூறுகள் நீரில் கரைய முடியாதனவாகும்.



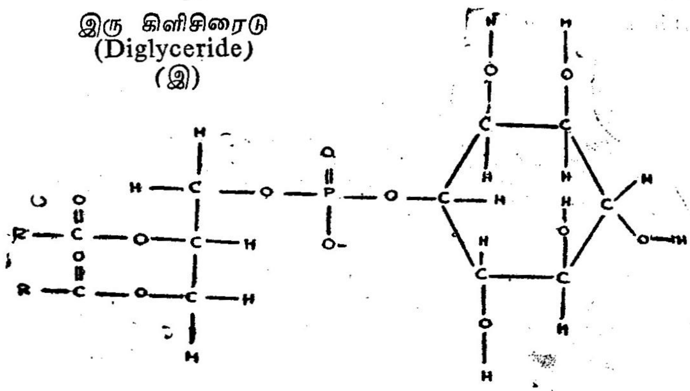
மூன்று கிளிசிரைடு
(Triglyceride)
(அ)



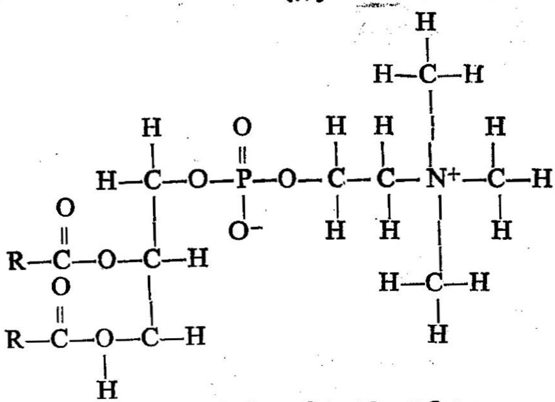
ஃபாஸ்பாடிடிக் அமிலம்
(Phosphatidic acid)
(ஆ)



இரு கிளிசிரைடு
(Diglyceride)
(இ)



ஃபாஸ்பாட்டிடில் இனோசிடால்
(PHOSPHATIDYL INOSITOL)
(ஈ)

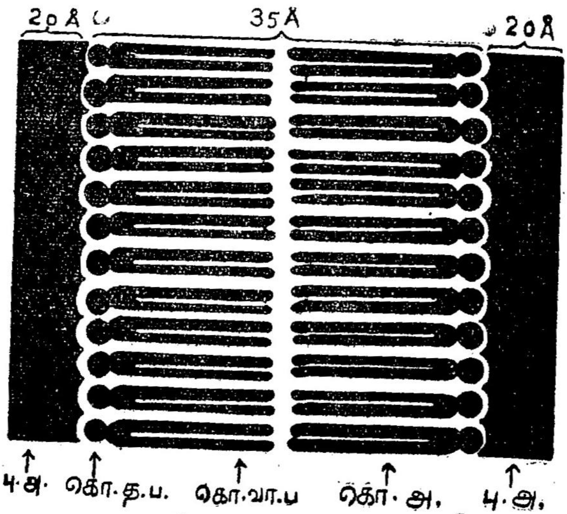


ஃபாஸ்பாட்டிடில் கோலின் (லெசிதின்)
[Phosphatidyl choline (Leeithin)]
(உ)

(அ ஆ, இ, ஈ. உ படங்கள்) கொழுப்புகளின் அமைப்பு: செல்லில் இருக்கக் கூடிய ஃபாஸ்போலிபிடுகளின் அளவில் பாதிக்கு மேல் லெசிதின் இருக்கின்றது.

செல்சவ்வு அமைப்பு

செல்சவ்வில், இரு அடுக்குகளையுடைய கொழுப்பு மூலக் கூறுகள், புரத அல்லது புரத-கார்போ ஹைடிரேட்டுகள் கலந்த இரு அடுக்குகளுக்கிடையில் இருப்பதாக, எக்ஸ்-கதிர் டிஃப்ராக்ஷன் (X-Ray diffraction), ஒன்று சேர்ந்த அல்லது முனைப்படுத்தப்பட்ட ஒளி (Polarized light), எலெக்ட்ரான் நுண்பெருக்கி போன்ற சாதனங்களைக் கொண்டு ஆராய்ந்ததன் மூலம் தெரிய வருகின்றது (படம் 11):



படம் 11:

செல் சவ்வின் அமைப்பு

கொழுப்பு அடுக்குகளில் நீரில் கரையக் கூடிய தலைப்பகுதி வெளிப் புறத்திலும் வால் பகுதி உட்புறத்திலும் இருக்கின்றன. இரு மெல்லிய புரத அடுக்குகளுக்கிடையே கொழுப்பு அடுக்குகள் உள்ளன. பு.அ—புரத அடுக்கு; கொ. த. ப—கொழுப்படுக்குத் தலைப்பகுதி; கொ. வா. ப—கொழுப்படுக்கு வால் பகுதி; கொ. அ—கொழுப்பு அடுக்கு.

கொழுப்பு மூலக்கூறுகளிலுள்ள வால் போன்ற நீண்ட பகுதியான கொழுப்பு அமிலங்கள் (நீரில் கரைய முடியாதது) இரு அடுக்குகளில் ஒன்றையொன்று எதிர்நோக்கி அமைந் துள்ளன. நீரில் கரையக்கூடிய தலைப்பகுதி வெளிப்புறத்தில் வெளியடுக்கில் புதைந்தவாறு அமைந்துள்ளது. புரத வெளி

யடுக்கு (ஒரு பக்கம்) 20Å அளவுடையதாகவும், நடுவிலிருக்கக் கூடிய இரு கொழுப்பு மூலக்கூறு அடுக்குகள் 35Å அளவுடைய தாகவும் இருக்கின்றன. எனவே, செல் சவ்வின் மொத்தப் பருமன் 75Å அளவாகின்றது. இந்த அளவானது 1940ஆம் ஆண்டு டேனில்லி அவர்கள் (Danielli) செல் சவ்வின் பருமன் 80A அளவாகத்தான் இருக்கவேண்டும் என்று கூறியதை உறுதிப்படுத்துகின்றது.

டேனில்லியும் மற்றவர்களும் செல் சவ்வில் இரு புறங்களிலு முள்ள அடுக்குகள் புரதத்தினுல் ஆனவை என்று கருது கின்றனர். ஆனுல், ராபர்ட்சன் (Robertson) என்பவர் சாய முறைகளைக் கொண்டு (Staining techniques) ஆராய்ந்ததில், புரோட்டோபிளாசத்தை அடுத்துள்ள பகுதி புரதத்தினுலும் வெளிப்பகுதி முக்கியமாக கார்போஹைடிரேட்டினுலும் ஆனவை என்று தெரிகின்றது.

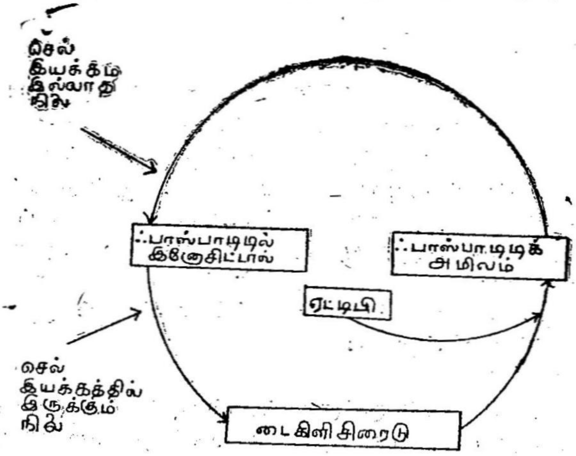
துவாரங்கள் (Pores)

செல் சவ்வில் துவாரங்கள் உள்ளன என்பதற்கு நேரிடை யான ஆதாரங்கள் இல்லாவிட்டாலும், மறைமுகமான ஆதாரங் கள் உள்ளன. இவற்றைக் கொண்டு இத் துவாரங்கள் 8Å விட்ட முடையன என்றும் முடிவு செய்துள்ளனர். இத்துணைச் சிறிய துவாரங்களை எலெக்ட்ரான் நுண்பெருக்கி மூலமும் காண முடியாது. எனவே, இத் துவாரங்கள் இருப்பதை அனுமானிக் கத்தான் முடியும். ஏ. கே. சாலமன் (A. K. Solomon) என்ப வரும் அவரைச் சேர்ந்த ஆராய்ச்சியாளர்களும் இதற்குரிய சான்றுகளைத் தருகின்றனர்.

சுமார் 200 ஆண்டுகளுக்கு முன்னுல் பாய்சில்லி (Poiseuille) என்பவர், ஒரு குழாயின் வழியாக ஓடும் திரவமானது, அக் குழாய் விட்டத்தின் நான்காவது திறனுடன் (Fourth power) நேரிடையாக மாறுகிறது என்று அறிவித்தார். இதிலிருந்து குழாயின் விட்டம் அதிகமானுல், ஓடும் திரவத்தின் அளவும் அதிகமாகிறது என்று புலனுகிறது. இது நான்காவது திறனுடன் தொடர்பு கொண்டிருப்பதால், விட்டத்தில் சிறிய மாறுதல் நிகழ்ந்தாலும் ஓட்டத்தில் பெரிய மாறுதல் நிகழ்கின்றது. இதை அடிப்படையாகக் கொண்டு சாலமன் அவர்கள், செல் சவ்விலுள்ள துவாரங்கள் 7Å அளவுடையன என்று அனுமானித்தார் (படம் 4).

ஃபாஸ்போலிபிட் பலன் (The phospholipid effect)

லோவெல் (Lowell) என்பவரும் மாபெல் ஹோகின் (Mabel Hokin) என்பவரும் சமீபத்தில் (1965) செய்த ஆராய்ச்சிகளி னல், செல் சவ்விலுள்ள பாஸ்போலிபிடுகள் முக்கியமான சில வேலைகளில் ஈடுபடுகின்றன என்று தெரிகின்றது. எடுத்துக் காட்டாக, சுரக்கும் ஒரு செல்லானது (Secretory cell) சுரக்கும் தறுவாயில் செல் சவ்வு ஃபாஸ்போலிபிடுகளை அதிகமாக்கு கின்றது. அதாவது, சுரக்கும்போது ஃபாஸ்பாட்டிடில் இனே சிட்டால், ஃபாஸ்பாட்டிடில் அமிலம் ஆகிய இவை குறிப் பிடத்தக்க அளவிற்கு அதிகமாகின்றன. ஆனல், லெசிதின் அதிக மாவதில்லை. சுரக்கும் தறுவாயில் ஏற்படும் இத்தகைய மாற்றத் திற்கு ஃபாஸ்போலிபிட் பலன் என்று பெயர். இப் பலன் செல் சவ்விலேயே நடைபெறுவதாக ஹோகின் நிரூபித்துக்காட்டினர். நீர்ப் பறவைகளிலுள்ள உப்புச் சுரப்பிகளில் (salt gland) இதை அவர் விளக்கினர். செல் இயக்கத்தில் இல்லாதபோது (inactive)



படம் 12.

உப்புச் சுரப்பியில் ஃபாஸ்பாடிடிக் அமிலச் சுழல்.

சுரப்பியானது, உப்பைச் சுரக்கும்போது செல்சவ்விலிருக்கும் ஃபாஸ்பாடிடில் இனேசிட்டால் டைசிரிகிளிடாகக் குறைக்கப் படுகின்றது. செல்லிலுள்ள ஏட்டிபி ஒரு ஃபாஸ்பேட்டு குழுவைக் கொடுத்து ஃபாஸ்பாடிடிக் அமிலத்தை உண்டாக்குகின்றது. சுரத்தல் குறையும்போது ஃபாஸ்பாடிடில் இனேசிட்டா லாக மாறுகின்றது.

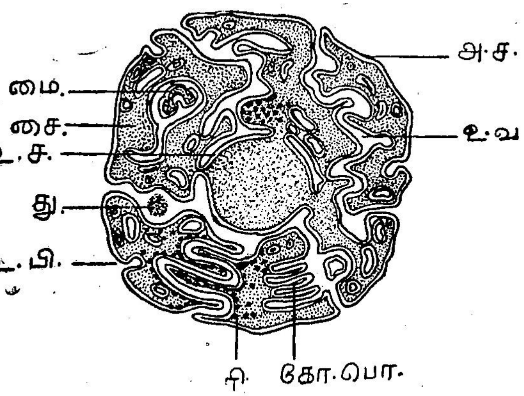
செல் சவ்வின் அதிகமான ஃபாஸ்பாட்டிடில் இனேசிட்டால் இருக் கின்றது. ஆனல், இயக்கத்தில் இருக்கும்போது (active) இப் பொருள் இரு கிளிசிரிடாக (diglyceride) குறைக்கப்படுகிறது.

செல்லிலிருக்கக் கூடிய அடினேசின் ட்ரை ஃபாஸ்பேட்டிலிருந்து (Adenosine triphosphate=ATP) ஒரு ஃபாஸ்பேட் குழு (phosphate group) இதனுடன் சேர்ந்து ஃபாஸ்பாடிடிக் அமிலம் உண்டாகிறது. செல்லியக்கம் நின்று, சுரத்தல் குறையும்போது ஃபாஸ்பாடிடிக் அமிலம் இனேசிட்டாலுடன் சேர்ந்து மீண்டும் ஃபாஸ்பாடிடில் இனேசிட்டால் உண்டாகின்றது (படம் 12).

அலகுச் சவ்வு (The unit membrane)

செல் சவ்வை டேவிட் ராபர்ட்சன் (David Robertson) இரட்டை அடுக்குகளையுடைய அலகுச் சவ்வு என்று குறிப்பிடுகின்றார். இது எல்லா விதமான விலங்குச் செல்களிலும் தாவரச் செல்களிலும் காணப்படுகின்றது.

மேற்கொண்டு செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகளின் பயனாக, உயிர்த்தாது வலை (Endo plasmic reticulum) மைட்டோ காண்டிரியாவின் சுவர், கோல்கைப் பொருளின் சுவர், உட்கருச் சவ்வு, மற்றும் உயிர்த்தாதுவில் காணப்படும் குமிழிகள், கால்வாய்கள் போன்ற எல்லாச் செல் உறுப்புகளும் இரட்டை அடுக்குகளையுடைய அமைப்புகள் என்று தெளிவாகின்றன. இதிலிருந்து



படம் 13.

அலகுச் சவ்விலிருந்து செல்லுறுப்புகள் தோன்றுதல். (ராபர்ட்சன் கொள்கை)

அ.ச—அலகுச் சவ்வு; உ.வ—உயிர்த்தாது வலை; கோ. பொ—கோல்கைப் பொருள்; ரி—ரிபோசோம்; உ. பி—உட்பிதுக்கம்; து—துகள், உ.ச—உட்கருச் சவ்வு; சை—சைட்டோபிளாசம்; மை—மைட்டோ காண்ரியா.

இந்த அமைப்புகள் யாவும் செல் சவ்விலிருந்தே தோன்றுகின்றன என்பது புலனாகிறது. ராபர்ட்சன் கருத்துப்படி செல்

சவ்வு சிறிது உயிர்த்தாதுவை வளைத்துக் கொண்டு உள்நோக்கிச் சென்று பற்பல கால்வாய்களாகவும் குமிழிகளாகவும் மற்ற அமைப்புகளாகவும் மாறுகின்றது (படம் 13). உட்கருச் சவ்வு இரு அடுக்குகளாகவும் தொடர்ச்சியற்றதாகவும் காணப்படு கிறது. எனவே, உட்கருத் தாதுவும் (Nucleoplasm) சைட்டோ பிளாசமும் தொடர்பு கொள்கின்றன.

செல் சவ்வின் வழியாக நீரின் இயக்கம்: செல் சவ்வு, செல்லிற்குப் பாதுகாப்பு அளிப்பதுடன், செல்லிற்குத் தேவையான பொருள்களின் இயக்கங்களையும் கட்டுப்படுத்து கின்றது. செல்லின் உள்ளே நிகழும் வளர்சிதை மாற்றங் களினால் ஏற்படும் கழிவுப் பொருள்களின் இயக்கங்களையும் இது கட்டுப்படுத்துகின்றது. முக்கியமான பொருள்களில் ஒன்றான நீரின் இயக்கமும் இவ்விதம் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றது. நீரின் இயக்கம் வேறு சில சக்திகளோடு தொடர்பு கொண்டுள்ளது. இச் சக்திகளில் முக்கியமானவை நீர்நிலை அழுத்தம் (Hydrostatic pressure), ஊடுகலத்தல் அழுத்தம் (Osmotic pressure) ஆகும்.

நீர் மூலக்கூறுகள் நுழையக் கூடிய துவாரங்களையுடைய சவ்வினை நீரில் வைத்தவுடன், ஊடுருவுதல்மூலம் நீர் மூலக் கூறுகள் இரண்டு திசைகளிலும் இயங்கத் தொடங்குகின்றன. பூஜ்ஜியத்திற்கும் அதிகமாகவுள்ள எல்லா வெப்பங்களிலும் நீர் மூலக் கூறுகள் தொடர்ந்த இயக்கத்தில் இருக்கின்றன. மூலக் கூறுகளின் இயக்கம் வெப்பத்துடன் தொடர்பு கொண்டிருப்ப தால், ஊடுருவுதல்மூலம் சவ்வின் வழியே செல்லக்கூடிய மூலக் கூறுகளின் இயக்க அளவும் வெப்பத்துடன் தொடர்பு கொண் டுள்ளது என்பது புலனாகிறது.

சவ்வின் வழியாகக் கரைபொருளோ (solute) அல்லது கரைப்பானோ (solvent) செல்வதற்குத் துளைகள் இருப்பது அவசியமாகிறது. பரிசோதனைகள்மூலம் கிடைத்த ஆதாரங் களைக் கொண்டு ஏதோ ஒரு விதமான கால்வாய் போன்ற அமைப்பு செல் சவ்வில் இருக்க வேண்டுமென்றும் அதன் வழியே நீர் செல்லுகின்றது என்றும் தெளிவாகிறது.

நீர்நிலை அழுத்தம் (Hydrostatic pressure)

வடிதாள் பொருத்தப்பட்ட புனல் வழியாக நீரை ஊற்றும் போது, வடிதாள் வழியாக நீர் வேகமாகச் செல்லுகின்றது. ஈர்ப்பு விசை (gravity) மூலக்கூறுகளை இழுப்பதால் வடிதாளிலுள்ள துவாரங்கள் வழியாக நீர் செல்லுகின்றது. இதே மாதிரி, ஒரு சவ்வு மூலம் ஓர் அறையானது இரண்டு பகுதிகளாகத் தடுக்கப்

பட்டு அவை வெவ்வேறு நீர்நிலை அழுத்தங்களைக் கொண்டிருந்தால், அதிக அழுத்தமுடைய அறையிலிருந்து நீர் குறைந்த அழுத்தமுடைய அறைக்குச் சவ்வின் வழியாகச் செல்லும்.

எச். எம். பாபியஸ் (H. M. Pappius) என்பவர் சவ்வின் வழியாக நடைபெறும் நீரின் இயக்கத்தை ஆராய்ந்தார். குறிப்பாக மைட்டோகாண்ரியாவிலுள்ள சவ்வில் இவ் வியக்கம் எவ்வாறு நடைபெறுகிறது என்பதை இவர் ஆராய்ந்தார். மைட்டோகாண்ரியாவின் சவ்வு, செல் சவ்வைப்போல் ஒத்துக் காணப்படுகிறது. இவர் கருத்துப்படி, ஏ டி பி-யின் (ATP) உதவியுடன் செல் சவ்வானது பற்பல மடிப்புகளாக மாறி, அதனுடைய கொள்ளளவை (volume) குறைக்கின்றது. கொள்ளளவு குறைந்தவுடன், அதன் நீர் நிலை அழுத்தம் அதிகமாகின்றது. இந் நிலையில் திரவமானது உள்ளேயிருந்து வெளியே தள்ளப்படுகிறது. சவ்வில் துவாரங்கள் இருக்குமானால், அதன் வழியே திரவம் வெளியேறும். இதை அகாடியன் (accordian) இசைக் கருவியுடன் ஒப்பிடலாம். அகாடியன் விரிந்திருக்கும்போது, அதனுள் காற்று இருக்கின்றது; அகாடியன் சுருங்கும்போது அதன் அழுத்தம் அதிகமாகி காற்று வெளியேறுகின்றது. இதன் மூலம் நீர் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்கு எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது என்பது பொருத்தமாகத் தோன்றவில்லை.

ஊடுகலப்பு அழுத்தம் (Osmotic pressure)

செல் சவ்வானது சில மூலக்கூறுகளை மட்டும் உள்ளே அனுப்புகின்றது. உயிர்த்தாதுவில் இருக்கின்ற புரதம் செல் சவ்வின் வழியே வெளிவருவதில்லை. குறை ஊடுகலப்பு அழுத்த திரவத்தில் (hypotonic) ஒரு செல்லை வைத்தவுடன் அது பெருக்கமடைகின்றது. இதற்குக் காரணம், நீரானது வெளியேயிருந்து உள்ளே நுழைவதாகும். உயிர்த்தாதுவில் இருக்கக்கூடிய அதிகமான மூலக்கூறுகள் நீரைக் கவர்ச்சி செய்வதால், நீர் உள்ளே நுழைந்து, செல் பெருக்கமடைகிறது. இதற்குப் பதில், மிகு ஊடுகலப்பு அழுத்தத் திரவத்தில் (hypertonic) செல் வைக்கப்பட்டவுடன், செல்லிலிருந்து நீர் வெளியேறி, அது சுருக்கமடைகிறது.

பாதி உட்புகு திறமுடைய சவ்வு என்பது (semipermeable membrane), கரைபொருளை உட்புக அனுமதியாமல் கரைப்பானை மட்டும் அனுமதிக்கும் சவ்வாகும். தேர்ந்தெடுக்கும் உட்புகு திறமுடைய சவ்வு (selectively permeable membrane) என்பது கரைபொருளையும் கரைப்பானையும் உட்புக அனுமதிக்கும்

சவ்வாகும். இருப்பினும் எல்லாவிதமான கரைபொருளும் உட் செல்வதில்லை. எனவே, இதில் ஒரு தேர்வு இருக்கின்றது. சில கரைபொருள்கள் மட்டும் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டு உள்ளே அனுப்பப்படுகின்றன. செல் சவ்வு, இத்தகைய தேர்ந்தெடுக்கும் உட்புகுதிறமுடைய சவ்வாக இருக்கின்றது.

செல் சவ்வு தேர்ந்தெடுக்கும் உட்புகு திறமுடையதாக இருப்பதால், செல் விரிவதும் அல்லது சுருங்குவதும் திரவத்திலுள்ள கரைபொருள் சவ்வினூடே செல்வதைப் பொறுத்திருக்கின்றது. கரைபொருள் சவ்வினூடே சென்றால், அதனுடனேயே கரைப்பானும் செல்லக்கூடும். இதிலிருந்து ஒரு செல்லை சம ஊடு கலப்பு அழுத்த திரவத்தில் (iso-osmotic solution) வைத்தால் அதிலுள்ள கரைபொருள் செல்லிற்குள் புகுந்தால் செல் விரிவடையும் என்று புலப்படுகின்றது.

எனவே, செல்லிலிருந்து நீர் வெளிவருவதோ அல்லது உட்புகுவதோ செல் சவ்வின் உட்புகு திறத்தைப் பொறுத்தும், சைட்டோ பிளாசத்திலும் அதைச் சுற்றியுள்ள திரவத்திலுமுள்ள ஊடுகலப்பு அழுத்தத்தைப் பொறுத்தும் அமைகின்றது.

சவ்வினூடே கரைபொருள்கள் செல்லல் (Movement of solutes through the cell membrane)

செல் சவ்வினூடே செல்லக்கூடிய பல பொருள்களை ஆராய்ந்ததில், கரைபொருள்கள் கொழுப்பில் கரையக்கூடிய தன்மையைப் பொறுத்து உட்புகும் அளவு அமைகிறது என்று தெளிவாகின்றது. கரைபொருள்கள் அதிகமாகக் கொழுப்பில் கரைந்தால் அப் பொருள்கள் அதிகமாக உட்புகுகின்றன. இத்தகைய ஆராய்ச்சிகள் சாராய வரிசைகளில் (alcohol series) செய்யப்பட்டன. உச்ச சாராயங்கள் (higher alcohol) அதிக மூலக்கூறு எடைகளையும், கொழுப்பில் அதிகமாகக் கரையக்கூடிய தன்மைகளையும் பெற்றிருக்கின்றன. அதிக மூலக்கூறு எடைகளை இவை பெற்றிருந்தும், செல் சவ்வினூடே செல்லும் அளவு மிக அதிகமாகக் காணப்படுகிறது.

அயான்கள் செல்லுதல் (Movement of ions)

செல் சவ்வினூடே அயான்கள் செல்லுதல், அவற்றின் மின்னேற்புத் (charg) திறனைப் பொறுத்து அமைந்திருக்கின்றது. மின்னேற்புத்திறன் அதிகமாக இருந்தால், சவ்வின் வழியே செல்லும் அளவு குறைந்து காணப்படுகிறது. இதிலிருந்து சக்தி குறைந்த எலெக்ட்ரோலைட்டுகள் (weak electrolytes) சக்தி

மிகுந்த எலெக்ட்ரோலைட்டுகளைவிட விரைந்து செல்லுகின்றன என்று தெளிவாகிறது. மேலும், ஒற்றை வேலன்ட் (monovalent) அயான்கள், இரு வேலன்ட் அல்லது மூன்று வேலன்ட் (divalent or trivalent) அயான்களைவிட விரைவாகச் செல்லுகின்றன என்றும் புலப்படுகின்றது.

புரதங்கள் நேர் மின்னேற்பு, எதிர் மின்னேற்பு (negative and positive charges) ஆகிய இரண்டையும் கொண்டிருக்கின்றன. ஃபாஸ்போலிபிடுகளும் இத்தகைய குணத்தைப் பெற்றிருக்கின்றன. செல் சவ்வில் புரதமும் ஃபாஸ்போலிபிடுகளும் இருப்பதை முன்பே கண்டோம். எனவே, மின்னேற்புக் கொண்ட ஓர் அயான் சவ்வினூடே செல்லும்போது, புரதப் பகுதியிலோ அல்லது ஃபாஸ்போலிபிடு பகுதியிலோ உள்ள எதிர்மின்னேற்றம் அதைக் கவரும். இவ்வாறு கவரப்பட்டால், அது உள்ளே செல்வது தடைப்படுகிறது, அதே சமயத்தில், அயானில் உள்ள அதே மின்னேற்புப் புரதத்திலோ அல்லது ஃபாஸ்போலிபிடிலோ இருப்பதால் அதை விலக்கக்கூடும். ஆக, கவர்ச்சியும் விலக்கமும் (attraction and repulsion) உள்ள நிலையில் எவ்வாறு அயான்கள் உள்ளே செல்ல முடிகின்றன என்பது இன்னும் தெளிவாக விளங்கவில்லை. மின்னேற்புச் சார்பு இடங்களைப் பொறுத்து (relative position of charges) இது நடைபெறலாம் என்று தோன்றுகிறது.

சோடியம், பொட்டாசியம் அயான்கள் சவ்வினூடே செல்லுகின்றன. ஆனால், பொட்டாசியம் அயான்கள், சோடியம் அயான்களைவிட விரைவாகச் செல்லுகின்றன. இரண்டிலும் ஒரே வித மின்னேற்பு இருந்தும் இவ்வாறு நிகழ்கின்றது. நீரை ஏற்ற நிலையில், பொட்டாசியம் அயானின் விட்டமானது சோடியம் அயானின் விட்டத்தைவிடச் சிறிதாக இருப்பது இதற்குரிய காரணமாக இருக்கலாம் என்று தோன்றுகிறது.

டோனன் சமநிலை (Donnan equilibrium)

உயிருள்ள செல்லின் உயிர்த்தாதுவிலுள்ள அயானின் அடர்த்திக்கும் செல்லின் வெளியே அயானின் அடர்த்திக்கும் வேறுபாடு காணப்படுகிறது. இதற்குரிய அடிப்படைக் காரணங்களைப் பரிசோதனைகள்மூலம் ஆராய்ந்தவர் டோனன் என்பவர் ஆவர். இதையே கொள்கைமூலம் வெளியிட்டவர் கிப்ஸ் (Gibbs) என்பவராவர்.

எலெக்ட்ரோலைட்டுகளையுடைய இரு திரவங்களை ஒரு சவ்வின் மூலம் பிரித்தால், ஒரு திரவத்திலிருக்கின்ற ஊடுருவ முடியாத

(onn diffusible) அயான்கள் மூலம், அயான்களின் சமநிலையற்ற பரவுதல் (unequal distribution of ions) தோன்றும். இதற்குக் காரணம், (1) சவ்வின் ஒவ்வொரு பக்கத்திலும் இருக்கக்கூடிய காட் அயான்களின் (cat ions) கூட்டுத் தொகையானது அதே பக்கத்தில் இருக்கக்கூடிய ஆன் அயான்களின் (anions) கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாக இருக்கின்றது. (2) சவ்வின் ஒரு பக்கத்தில் இருக்கக்கூடிய ஓர் இணை ஊடுருவல் செய்யும் அயான் அடர்த்திகளின் பெருக்குத் தொகையானது, அடுத்த பக்கத்திலிருக்கக் கூடிய அதே இணை அயான் அடர்த்திகளின் பெருக்குத் தொகைக்குச் சமமாக இருக்கின்றது (அட்டவணை 6).

அட்டவணை-6

தொடக்க நிலையிலும் சமநிலையிலும் சோடியம் அயான்கள் பரவியிருத்தல். இதில் X^- என்ற ஊடுருவ முடியாத அயான்கள் உள்ளன.

தொடக்க நிலை				சம நிலை					
பக்கம் 1		பக்கம் 2		பக்கம் 1			பக்கம் 2		
Na^+	X^-	Na^+	Cl	Na^+	Cl	X^-	Na^+	Cl	X^-
100	100	100	100	133·3	33·3	100	66·6	66·6	0

இந்த அட்டவணையிலிருந்து சோடியம் அயான்கள் சமநிலையில் பக்கம் 2-ல் அடர்த்தி குறைவாகவும், பக்கம் 1-ல் அடர்த்தி அதிகமாகவும் இருக்கின்றன என்பது தெளிவாகிறது. இதிலிருந்து, காட் அயான்களின் மொத்தக் கூட்டுத் தொகை, அதே பக்கத்திலுள்ள ஆன் அயான்களின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாக உள்ளதென்று தெரிகிறது. அதாவது, 133·3 என்ற தொகையானது 33·3+100 என்ற கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாக இருக்கின்றது. அடுத்து, ஊடுதல் செய்யும் அயான் அடர்த்திகளின் பெருக்குத் தொகையானது, அடுத்த பக்கத்தில் அதே ஊடுருவல் செய்யும் அயான் அடர்த்திகளின் பெருக்குத் தொகைக்குச் சமம். அதாவது, $133{\cdot}3 \times 33{\cdot}3$ இன் பெருக்குத் தொகை $66{\cdot}6 \times 66{\cdot}6$இன் பெருக்குத் தொகைக்குச் சமமாகிறது. இதில் ஊடுருவல் முடியாத X–என்ற அயான்கள் பக்கம் ஒன்றிலேயே இருக்கின்றன.

உயிர்த்தாதுவில் அயான்களின் சமநிலேயில்லாமல் இருப்பதற்குக் காரணம், அதிலுள்ள ஊடுருவ முடியாத புரதங்கள் இருப்பதேயாகும்.

செயல்மிகு பெயர்ச்சி (Active transport)

நீரோ அல்லது கரைபொருள்களோ சவ்வினூடே பெயர்ச்சி செய்வதற்கு ஊடுருவல், ஊடுகலப்பு அழுத்தம், அடர்த்தி வேறுபாடுகள் (concentration gradients), மின்னேற்றம் போன்ற சக்திகள் தேவை என்பதை முன்பு கண்டோம். மேற்கண்ட சக்திகளுடன் ஒரு கரைபொருளானது பெயர்ச்சி செய்வதை, மலே மேலிருந்து கீழ்நோக்கி வருவதற்குச் சமமாகக் கூறலாம். இது ஒருபெயர்ச்சி முறையே தவிர, சக்தி வீணுவது இல்லே. அதாவது, சக்தியைப் பயன்படுத்திப் பெயர்ச்சி நடைபெறவில்லே. ஆனல், சில கரைபொருள்கள் இதற்கு எதிரான திசையில் பெயர்ச்சி செய்கின்றன. அதாவது, ஊடுருவல், ஊடுகலத்தல் அழுத்தம் போன்ற சக்திகளே எதிர்த்துப் பெயர்ச்சி செய்வதாகும். இதன் மூலம் சக்தி வீணுகும். இதை மலே உச்சியை நோக்கி ஏறுவதற்கு ஒப்பாகக்கூறலாம். இவ்வாறு சக்தியைப் பயன்படுத்திச் செய்யப்படும் பெயர்ச்சிக்குச் செயல்மிகு பெயர்ச்சி என்று பெயர்.

நீரின் செயல்மிகு பெயர்ச்சி (Active transport of water)

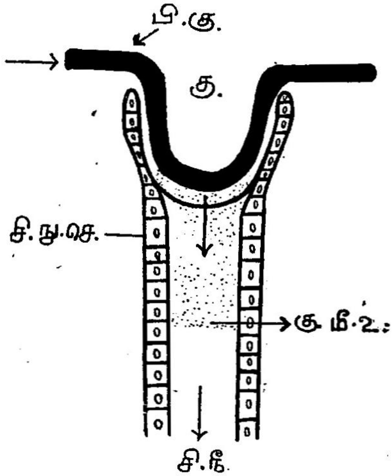
செல் சவ்வினூடே நீர் எவ்வாறு பெயர்ச்சி செய்கின்றது என்பதை முன்பு கண்டோம். நீரின் பெயர்ச்சியானது, ஊடுருவல், ஊடுகலத்தல் அழுத்தம் போன்றவற்றோடு தொடர்பு கொண்டுள்ளது. நீர் இவற்றை எதிர்த்துச் சக்தியைப் பயன்படுத்தி-மலேமேல் ஏறுவது போன்ற-செயல்மிகு பெயர்ச்சியில் ஈடுபடவில்லே. எனவே, நீரானது செயல்மிகு பெயர்ச்சியால் செல்லினுள்ளே செல்லவில்லே. ஊடுருவல், ஊடுகலப்பு அழுத்தம் போன்றவற்ருல் செல்லினுள்ளே நுழைகின்றது.

மோனே சாக்கரைடுகளின் செயல்மிகு பெயர்ச்சி (Active transport of monosaccharides)

ஒற்றைச் சாக்கரைடுகள் மிகவும் சிறிய மூலக் கூறுகளாகும். இவை, அடர்த்தியின் வேறுபாடுகளே ஒத்துச் சவ்வினூடே பெயர்ச்சி செய்கின்றன. ஆனல், அதே சமயத்தில் வேறு சில சந்தர்ப்பங்களில் இவை சக்தியைப் பயன்படுத்திச் செயல்மிகு பெயர்ச்சி செய்கின்றன.

சிறு நீரகத்தில் இது நிகழ்கின்றது. சாதாரணமாக, சிறுநீரில் (urine) குளுகோஸ் இருப்பதில்லே. ஆனல், சிறுநீரகக் குளோமிருலி (renal glomeruli) வழியாகக் குளுகோஸ் வடிகட்டி விடப்

படுகிறது. பிளாஸ்மாவில் 1 மில்லி லிட்டருக்கு (ml) 1 மில்லி கிராம் (mg) குளுகோஸ் இருக்கின்றது. எனவே, 130 மில்லி கிராம் குளுகோஸ் சிறுநீரக நுண்குழாய்க்கு வரவேண்டும். சிறுநீரக நுண்குழாய்க்கு வந்த குளுகோஸ் சிறுநீரிலும் காணப்பட வேண்டும். ஆனால், இவ்வாறு குளுகோஸ் சிறுநீரில் காணப்படாதற்குக் காரணம் சிறுநீரக நுண்குழாய்ச் செல்கள் இவற்றை உறிஞ்சுவதேயாகும். அதாவது, குளுகோஸ் முழுவதும் செயல்மிகு பெயர்ச்சிமூலம் செல்களினுள்ளே நுழைந்து விடுகின்றன (படம் 14).



படம் 14.

சிறுநீரக நுண்குழல் செல்களின் குளுகோஸ் செயல்மிகு பெயர்ச்சி

பி. கு.-பிளாஸ்மா குளுகோஸ்; கு. - குளோமிருலஸ்; கு. மீ. உ. - குளுகோஸ் மீண்டு உட்கிரகித்தல்; சி. நீ.-சிறுநீர்; சி. நு. செ. - சிறுநீரக நுண்குழல் செல்.

செயல்மிகு பெயர்ச்சி நடைபெறும் விதம் (Mechanism of active transport)

செயல்மிகு பெயர்ச்சி நடைபெறும்விதம் இன்னும் தெளிவாக விளக்கப்படவில்லை. இருப்பினும் சில விபரங்கள் இதுபற்றித் தெரிகின்றன. செல்லில் நடைபெறும் வளர்சிதை மாற்றம் குறைந்தால், செயல்மிகு பெயர்ச்சியும் குறைகின்றது. செல்லில் ஆக்சிஜன் தடைபட்டாலும், இது குறைகின்றது. சில குறிப்பிட்ட நொதிகளும் ஹார்மோன்களும் செயல்மிகு பெயர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன.

6. மைட்டோகாண்டிரியா
(Mitochondria)

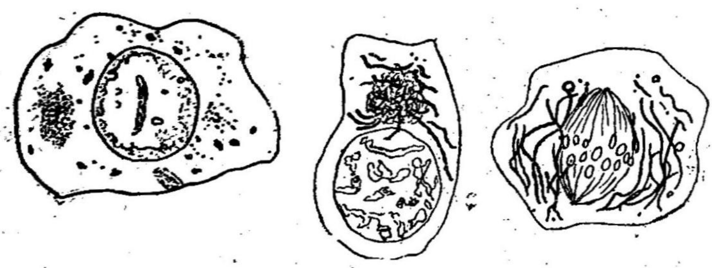
மைட்டோகாண்டிரியாக்கள் செல்லுறுப்புகளில் சற்றுப் பெரிதான அமைப்புகளாகும். இவை முதிர்ந்த இரத்தச் சிவப் பணுக்கள், பாக்டீரியாக்கள் இவற்றைத் தவிர எல்லாச் செல் களிலும் காணப்படுகின்றன. இவை செல்களின் சக்தி நிலையங்களாகக் கருதப்படுகின்றன. விலங்குச் செல்களில் மைட்டோகாண்டிரியாக்கள் இருப்பதுபோல் தாவரச் செல்களில் பசுங்கணிகங்கள் (குளோரோபிளாஸ்டுகள்) (chloroplasts) இருக்கின்றன. ஆக்சிகரணம் (oxidation) மூலம் உண்டாகும் ஒவ்வோர் இணை எலெக்ட்ரான்களுக்கும் மைட்டோகாண்டிரி யாக்கள் மூன்று ஏ டி பி (ATP) மூலக்கூறுகளை உண்டாக்கு கின்றன. இதைப் போலவே, ஒளிமூலம் உண்டாகும் ஒவ்வோர் இணை எலெக்ட்ரான்களுக்கும் குளோரோபிளாஸ்டுகள் மூன்று ஏ டி பி மூலக்கூறுகளை உண்டாக்குவதாகத் தெரிகின்றது. எனவே, மைட்டோகாண்டிரியாவிலும் குளோரோபிளாஸ்டி லும் நடைபெறும் வேலைகள் ஒன்றாகவே தோன்றுகின்றன.

மைட்டோகாண்டிரியாவின் அமைப்பு

உயிருள்ள செல்களில் மைட்டோகாண்டிரியாவை ஒளி நுண்ணோக்கி மூலமாகப் பார்க்க இயலும்; மைட்டோகாண்டிரி யாவை ஜேனஸ் பச்சை (janus green) என்ற சாயப் பொருள் மூலம் வண்ணப்படுத்திப் பார்க்க இயலும். ஃபேஸ் கான்ட்ராஸ்டு நுண்ணோக்கி (phase-contrast microscope) மூலமும் இவற்றைக் காணமுடியும்.

உயிருள்ள செல்களில் மைட்டோகாண்டிரியாக்கள் எண்ணிக் கையிலும், உருவத்திலும், அளவிலும், பரவியிருத்தலிலும்

வேறுபட்டுக் காணப்படுகின்றன. சாதாரணமாக, ஒரு செல்லில் சில நூறு மைட்டோகாண்டிரியாக்கள் உள்ளன. ஆனால், கல்லீரல் செல்களில் ஒன்று அல்லது இரண்டாயிரம் மைட்டோகாண்டிரியாக்கள் உள்ளன. இவை இறைச்சித்துண்டு (sausage) போன்று தோற்றமளிக்கின்றன. ஆனால், சில உயிருள்ள செல்களில் இவை இழைகள் போலவும் துகள்கள் போலவும் காட்சியளிக்கின்றன. இறைச்சித்துண்டு போன்ற மைட்டோகாண்டிரியா சுமார் 0·5 μ விட்டமும் சுமார் 1·5 μ நீளமும் உடையதாகவிருக்கின்றது. இருப்பினும் சில மைட்டோகாண்டிரியாக்கள் 6 அல்லது 7 μ நீளமுடையதாகவும் இருக்கின்றன. செல்லில் இவை ஒரே சீராகப் பரவிக் காணப்படவில்லை. ஒரே செல்லில் இவற்றின் பரவல் மாறுபடலாம் (படம் 15). எடுத்துக்காட்டாக, சிறுநீரக நுண்குழாய்ச் செல்களில் இவை சவ்விற்கு அருகில் அடர்த்தியாகப் பரவிக் காணப்படுகின்றன.



(அ) (ஆ) (இ)

படம் 15.

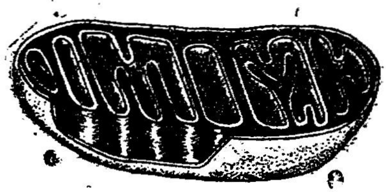
விந்தணு முதிர் வழியில் மைட்டோகாண்ரியாவின் தோற்றம்

(Spermatogenesis of Blaps)

(அ) மூலவிந்துச் செல். இதில் மைட்டோகாண்ரியாக்கள் உட்கருவைச் சுற்றித் துகள்களாகச் சிதறிக் காணப்படுகின்றன. (ஆ) விந்துச் செல். உட்கருவின் ஒரு புறத்தில் இவை குச்சிகள் போன்று தோன்றுகின்றன. (இ) விந்துச் செல் பகுப்பின்போது கதிர்களைச்சுற்றி இவை அமைந்துள்ளன.

மைட்டோகாண்டிரியாவைச் சுற்றி இரண்டு சவ்வுகள் உள்ளன. ஒவ்வொன்றும் சுமார் 75 A பருமன் உடையதாக இருக்கின்றது. இந்த இரண்டு சவ்வுகளுக்குமிடையே துணை நொதிகள் (coenzymes) அடங்கிய ஒருவித திரவம் காணப்படுகிறது. உட்சவ்வானது உட்புறம் நீண்டு, பைகள்போன்று

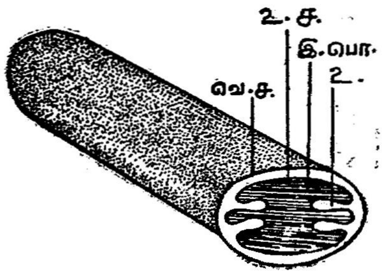
அமைந்துள்ளன. இப் பைகளில் அதே திரவம் அடங்கியுள்ளது. இப் பைகளுக்கு உச்சிகள் (கிரிஸ்டாக்கள்) (cristae) என்று பெயர் (ப.16—17).



படம் 16.

மைட்டோகாண்ரியாவின் நீள் வெட்டுத் தோற்றத்தின் அமைப்பு

உள்சவ்வு. உட்புறம் நீண்டு பைகள் போன்று மடங்கி உச்சிகளாக அமைந்துள்ளன.

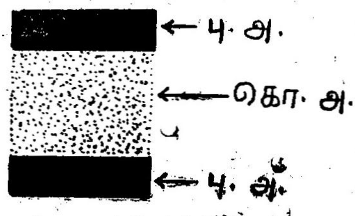


படம் 17.

மைட்டோகாண்ரியாவின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்தின் அமைப்பு

வெ.ச.—வெளிச் சவ்வு; உ.ச.—உட்சவ்வு. இ.பொ.—இடையீட்டுப் பொருள்; உ.—உச்சி.

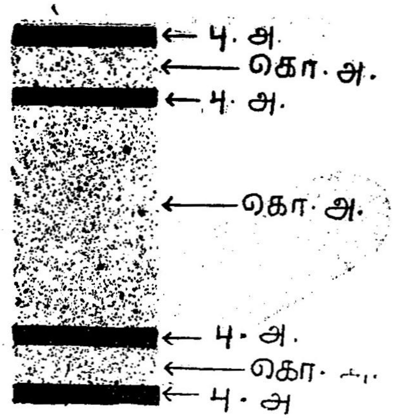
செல் சவ்வான அலகு சவ்வில் உள்ளது போலவே மைட்டோகாண்டிரியாவின் சவ்விலும் உட்புறக் கொழுப்பு அடுக்கும், அதையடுத்து இருபுறங்களிலும் இருபுரத அடுக்குகளும் உள்ளன. எனவே, ஒவ்வொரு சவ்வும் மூன்று அடுக்குகளால் ஆனவையாகும் (படம் 18). ஆனால் சோஸ்ட்ராண்டும் எல்ஃபினும் (Sjostrand and Elfin, *1964*) இதில் ஏழு அடுக்குகள் இருப்பதாகக் கருத்துத் தெரிவிக்கின்றார்கள். மேற்கூறிய மூன்றடுக்கைப்போல், இரு அடுக்குகளுக்கிடையே கொழுப்படுக்கு ஒன்றிருப்பதாக இவர் கருதுகின்றார் (படம் 19).



படம் 18.

மைட்டோகாண்ரியா சவ்வின் மூன்றடுக்கு அமைப்பு

இருபுரத அடுக்குகளுக்கு நடுவே கொழுப்படுக்கு அமைந்துள்ளது. பு. அ.—புரத அடுக்கு; கொ. அ.—கொழுப்பு அடுக்கு.



படம் 19.

மைட்டோகாண்ரியா சவ்வின் ஏழடுக்கு அமைப்பு

இதில், நடுவிலுள்ள கொழுப்படுக்கின் இரு புறங்களிலும் மூன்றடுக்குடைய இரு அடுக்குகள் உள்ளன. எழுத்து விளக்கம் படம் 17-ல் உள்ளது.

மைட்டோகாண்டிரியா துகள்கள் (Mitochondria particles)

எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிமூலம் மிகப்பெரிதாக எடுக்கப்பட்ட புகைப்படங்கள், மைட்டோகாண்டிரியாவின் உட்சவ்விலும் வெளிச்சவ்விலும் மிக நுண்ணிய துகள்கள் ஒட்டிக்கொண்டிருப்பதை தெளிவாகக்காட்டுகின்றன. இத் துகள் சுமார் 90முதல் 100 A வரை விட்டமுடையதாக இருக்கின்றன. இவற்றை முதலில் விவரித்தவர் ஹம்பர்ட்டோ ஃபெர்னண்டஸ் – மோரன் (Humberto Fernandez-Moran) என்பவராவர். உட்சவ்விலும் வெளிச்சவ்விலுமுள்ள துகள்கள் அமைப்பில் வேறுபட்டுக் காணப்படுகின்றன. வெளிச்சவ்விலுள்ள துகள்கள், சிறிய கோள

உருவில் மிக அடர்த்தியாகக் காணப்படுகின்றன. உட்சவ்வி லுள்ள துகள்கள் மிகவும் சிக்கல் மிகுந்த அமைப்புடன் விளங்கு கின்றன. சில செல்களில் இத் துகள்கள், ஓர் அடிப்பகுதியையும் (base), ஓர் ஆதாரப் பகுதியையும் (stalk), ஒரு கோள உருவத் தலைப் பகுதியையும் (spherical head) கொண்டிருப்பதாகத் தோன்றுகின்றன. ஆதாரப் பகுதியின் நீளம் 50 A அளவாகவும் அகலம் 30 A அளவாகவும் இருக்கின்றன. தலைப்பகுதி சுமார் 80 Å அளவு விட்டமுடையதாக இருக்கின்றது. அடிப் பகுதியின் விட்டமும் சுமார் 80 Å அளவாக இருக்கின்றது. ஒரு

படம் 20.

மைட்டோகாண்ரியாவின் உட்சவ்விலுள்ள துகள்கள்

எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் மூலம் எடுக்கப்பட்ட படத்தைக் கொண்டு வரையப்பட்டது. பெரிய அம்புக்குறி உட்சவ்வைச் சுட்டிக்காட்டுகின்றது. சிறிய அம்புகள் துகளின் மூன்று பகுதிகளைச் (தலைப்பகுதி, ஆதாரப்பகுதி, அடிப்பகுதி) சுட்டிக்காட்டுகின்றன.

துகளின் மொத்த நீளம் சுமார் 160 Å அளவாகக் காணப்படு கிறது. ஒருதலைப்பகுதியின் மையத்திற்கும் மற்றொரு தலைப்பகுதி யின் மையத்திற்கும் இடையிலுள்ள தூரம் சுமார் 100 Å ஆகும்.

...ம்பர சுவாமிகள் ... பொருள் ... தாள் ... லிங்கர் தமிழ்க்கல்...

தலைப் பகுதியின் விட்டம் 80 Å. எனவே, ஒரு தலைப் பகுதியின் ஆரம் 40 Å ஆகிறது. இதிலிருந்து ஒரு தலைப் பகுதிக்கும் மற்றொரு தலைப்பகுதிக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் 20 Å என்று தெரிகிறது (படம் 20).

இத் துகள்களின் வெளிப்பகுதி புரதத்தினாலும் உட்பகுதி பாஸ்ஃபோலிபிடினாலும் ஆனவையாகத் தோன்றுகின்றன. இத் துகள்களின் அமைப்பும், அவை அடர்த்தியாகச் சேர்ந்துள்ள முறையும், இத் துகள்கள் மைட்டோகாண்டிரியாவின் பணியில் பங்கு கொள்கின்றன என்பதை விளக்குகின்றன.

மைட்டோகாண்டிரியாவின் பணி (Function of Mitochondria)

தாவரச் செல்களோ அல்லது விலங்குச் செல்களோ தங்களுக்குத் தேவையான சக்திகளில் பெரும்பாலான சக்தியை மைட்டோகாண்டிரியாவிடமிருந்தே பெறுகின்றன. எனவே-தான் இது சக்தி நிலையம் என்று கருதப்படுகிறது. காற்றுச் சுவாசம்(aerobic respiration)என்ற முறையில், தானுகை இயங்குகின்ற நொதிகளின் பல நிலைகளால், உணவுப்பொருளில் அடங்கியுள்ள சக்தியானது, செல்லிற்குத் தேவையான முறையில் வெளியிடப்படுகிறது. தனியாகப் பிரித்தெடுக்கப்பட்ட(isolated)மைட்டோகாண்டிரியாக்களும் மேற்கண்ட பணியைச் செய்வதால், பிரித்தெடுக்கப்படுவதால் அதன் உள் அமைப்பு மாறவில்லை என்பது தெளிவாகிறது.

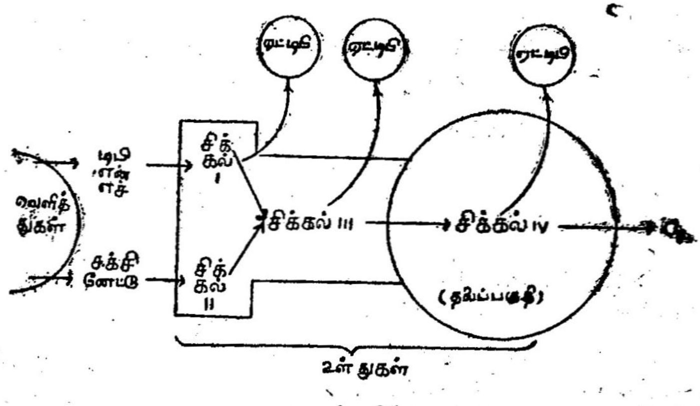
மைட்டோகாண்டிரியாவில் பல நொதிகள் அடங்கியுள்ளன. அவற்றில் சில நீரில் கரையக்கூடியன; மற்றவை சவ்வுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. செல்லில் இருக்கக்கூடிய புரதங்களிலும் கொழுப்புகளிலும் 25 சதவீதம் மைட்டோகாண்டிரியாவில் இருக்கின்றன. இவற்றைத் தவிர குறிப்பிடத்தக்க அளவில் ஆர் என் ஏ-யும் குறைந்த அளவில் டி என் ஏ-யும் இருப்பதாக இப்போது கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது.

மைட்டோகாண்டிரியாக்கள் ஏ டி பி மூலக்கூறுகளை உண்டாக்குகின்றன என்பதை முன்பே கண்டோம். இது நிகழும் முறை மிகவும் சிக்கலானதாகும். டேவிட் இ. கிரீன் அவர்களும் (David E. Green) அவருடைய துணை ஆராய்ச்சியாளர்களும் இது எவ்வாறு நிகழ்கின்றது என்பதைப் பின்வருமாறு விளக்குகின்றனர் :

எலெக்ட்ரான்-மாற்றுச் சங்கிலிகள் (electron transfer chains) நான்கு குழுக்களாக அமைந்துள்ளன என்று கருதப்படுகின்றது. இக் குழுக்களுக்குச் சிக்கல்கள் (complexes) என்று பெயர். உட்சவ்வில் இருக்கக்கூடிய துகளின் அப்பகுதியில் (base) சிக்கல் I, சிக்கல் II என்ற இரு சிக்கல்கள் உள்ளன. துகளின் ஆதாரப்பகுதியில் (stalk) சிக்கல் III-ம், தலைப்பகுதியில் (head) சிக்கல் IV-ம் அமைந்துள்ளன.

வெளிச் சவ்விலுள்ள துகள்கள், கொழுப்பு அமிலங்களின் ஆக்சிகரணம் மூலமோ அல்லது சிட்ரிக்-அமிலச் சக்கரம் மூலமோ (citric-acid cycle) எலெக்ட்ரான்களைத் தருகின்றன. சிட்ரிக் அமிலச் சக்கரத்தில் சக்சினேட்டு (succinate) என்ற துணைநொதி உண்டாகிறது. கொழுப்பு அமில ஆக்சிகரணத்தில், டைபாஸ்ஃபோ பிரிடின் என்ற துணை நொதி (coenzyme diphospho phyridine—DPN), எலெக்ட்ரான்களை ஏற்று டி பி என் எச் (DPNH) ஆகக் குறைகின்றது.

துணை நொதி டி பி என் எச், எலெக்ட்ரான்களை வெளித் துகளிலிருந்து உட் துகளிலுள்ள சிக்கல் Iக்கு அனுப்புகின்றது. சக்சினெட்டு என்ற துணை நொதியும் இதே பணியைச் செய்கின்றது. ஆனால் இது, எலெக்ட்ரான்களை உட் துகளிலுள்ள சிக்கல் II-க்கு அனுப்புகின்றது. இங்கிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் ஆதாரப் பகுதியிலுள்ள சிக்கல் III-ஐ அடைகின்றன.



படம் 21

மைட்டோகாண்டிரியாவின் சிக்கல்கள் வழியே எலெக்ட்ரான்கள் செல்லுதல்

கடைசியாகத் தலைப் பகுதியிலுள்ள சிக்கல் IV-ஐப் போய் அடைகின்றன (படம் 21). முடிவில், சுவாசச் சங்கிலியில் நடைபெறுவதுபோல் ஓர் ஆக்சிஜன் மூலக்கூறுமூலம் இரு எலெக்ட்ரான்கள் எடுத்துச்செல்லப்படுகின்றன.

எலெக்ட்ரான்கள் பயணம் செய்யும் ஒவ்வொரு நிலையிலும் ஏ டி பி மூலக்கூறுகள் தோன்றுகின்றன. துகளின் அடிப்பகுதிச் சிக்கலில் ஓர் ஏ டி பி மூலக்கூறும், ஆதாரப்பகுதியில் மற்றொரு மூலக்கூறும், தலைப்பகுதியில் மூன்றாவது மூலக்கூறும் தோன்றுகின்றன (படம் 21).

ஏ டி பி உண்டாதல் (A T P production)

துகள்களிலுள்ள சிக்கல்கள் வழியாக எலெக்ட்ரான்கள் பயணம் செய்யும்போது, சக்தியில் ஒரு மாற்றம் நிகழ்கின்றது. இதை ஓர் உதாரணத்தின்மூலம் விளக்கலாம். ஒரு கார் மலைமீதிருந்து கீழ்நோக்கி ஓடிவரும்போது, அதற்குச் சக்தி தேவையில்லை. ஆனால், கார் மலைமீதிருக்கும்போது அதற்குரிய நிலைச் சக்தியானது (potential energy) கீழ்நோக்கி ஓடிவரும்போது மாற்றப்படுகிறது. மற்றோர் எடுத்துக்காட்டு, மலைமீதுள்ள ஒரு கார் அங்குள்ள ஒரு கப்பியுடன் (pulley) சேர்க்கப்பட்டு, மலையின் கீழுள்ள ஒரு காருடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இப்போது, மலை மீதுள்ள கார் கீழ்நோக்கி ஓடிவரும்போது, கீழேயுள்ள கார் மேல் நோக்கி இழுக்கப்படும், இதில் நிலைச்சக்தியானது முதல் காரிலிருந்து இரண்டாவது காருக்கு மாற்றப்படுகிறது. மைட்டோகாண்டிரியாவில் எலெக்ட்ரான்கள் நகரும்போது அதிலுள்ள சக்தியானது ஏ டி பி-யுடன் மிகு-சக்தி இணைப்பாக (high energy bonds) சேர்ந்துகொள்கிறது.

சுவாசச் சங்கிலியில் இவ்வாறு கிடைக்கும் சக்திகளில் 60 சதவீதம் இரசாயன மாற்ற நிகழ்ச்சிகளில் செலவாகி விடுகின்றது. எஞ்சியுள்ள 40 சதவீத சக்தி மட்டுமே ஏ டி பி-ன் மிகு சக்தி இணைப்பாக மாறுகிறது.

ஜி. சி. வெப்ஸ்டர் (G. C Webster) என்பவர் ஏ டி பி உண்டாகும் விதத்தைக் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்குகின்றார்:

சிக்கல் IV புரத மூலக் கூறின் காப்பர் கலந்த குழுவுடன் குறைந்த சைட்டோகுரோம் சி (reduced cytochrome c) மிகு-சக்தி இணைப்புமூலம் சேர்க்கப்படுகின்றது. இவ்வாறு தோன்றிய கூட்டுப் பொருளுடன் இணையும் காரணி (coupling factor) என்ற மற்றொரு புரத மூலக்கூறு கலக்கின்றது, பிறகு, இக் கூட்டுப்

பொருளிலிருந்து சிக்கல் IV விலகிச் செல்கின்றது. இது விலகிச் செல்வதால், இதற்கும் சைட்டோகுரோம் சி-க்கும் இடையிலுள்ள மிகு-சக்தி இணைப்பு விடப்படுகிறது.

இதே மாதிரி சைட்டோகுரோம் சி விலகிச்செல்ல, இணையும் காரணியுடன் பாஸ்ஃபேட் குழு, மிகு-சக்தி இணைப்பு மூலம் சேர்க்கப்படுகின்றது, பிறகு இணைப்புக் காரணி விலகிச் செல்ல பாஸ்ஃபேட் குழுவானது ஏ டி பி-யுடன் (ADP) மிகு-சக்தி இணைப்பு மூலம் சேர்ந்து ஏ டி பி (ATP) ஆக மாறுகின்றது.

இதில் கீழ்க்கண்ட நான்கு நிலைகளைக் காணலாம்:

1. சைட்டோகுரோம் சி + சிக்கல் IV→சைட்டோகுரோம் சி ~ சிக்கல் IV

2. சைட்டோகுரோம் சி~சிக்கல் IV + இணையும் காரணி→ சைட்டோகுரோம் சி~ இணையும் காரணி + சிக்கல் IV

3. சைட்டோகுரோம் சி — இணையும் காரணி + பாஸ்ஃபேட்டு → இணையும் காரணி ~ பாஸ்ஃபேட்டு + சைட்டோகுரோம் சி

4. இணையும் காரணி ~ பாஸ்ஃபேட்டு + ஏ டி பி → ஏ டி பி ~ பாஸ்ஃபேட்டு (ஏ டி பி) + இணையும் காரணி ~ மிகு-சக்தி இணைப்பு

மைட்டோகாண்டிரியாவின் பணியைக் கட்டுப்படுத்துதல்

மைட்டோகாண்டிரியாவின் சுவாசமுறை (respiratory mechanism) அகப்புற காரணிகளால் (internal and external factors) கட்டுப்படுத்தப்படுவதாகத் தெரிகின்றது. இரண்டு புறக் காரணிகள் தைராய்டு, பாராதைராய்டு ஹார்மோன்களாகும்; ஆனல், இவை எவ்வாறு கட்டுப்படுத்துகின்றன என்பது இன்னும் தெளிவாகவில்லை.

7. கோல்கைப் பொருள்

செல்லில் காணப்படும் வலைபோன்ற பொருள்கள், துகள் போன்ற பொருள்கள், ஒழுங்கற்ற அமைப்புகள் ஆகிய இவை கோல்கைப் பொருள்கள் என்று குறிக்கப்படுகின்றன. முதன் முதலில் இப் பொருள்கள் சில்வர் முறை மூலம் (silver method) கோல்கை (Golgi) என்பவரால், 1898ஆம் ஆண்டில் ஆந்தை, பூனை முதலிய விலங்குகளின் செல்களில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. பிறகு இப் பொருள்கள் மற்ற விலங்குச் செல்களில் இருப்பது கண்டறியப்பட்டது.

செல் துறையில் எவ்வளவோ முன்னேற்றங்கள் ஏற்பட்டிருந்தும், சமீப காலம்வரை இவை உண்மையான செல் உறுப்புகளா அல்லது நிலை நிறுத்தல் (fixation), சாய முறைகள் (staining procedures) போன்றவைமூலம் தோன்றும் தவறான அமைப்புகளா என்ற சந்தேகம் இருந்தே வந்தது. எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் உதவியாலும், மற்ற முறைகளின் உதவிகளினாலும் இன்று இப் பொருள்கள் உண்மையில் செல் உறுப்புகளே என்று தெரிகின்றது.

கோல்கைப் பொருள்கள், பல உருவில் தோன்றக்கூடிய சைட்டோபிளாச அமைப்புகளாகும். உட்கருவின் அருகில் இவை தோன்றுகின்றன; குறிப்பாகச் செல் பிளவுறும்போது தோன்றி, புதிய செல்களுக்கும் செல்கின்றது.

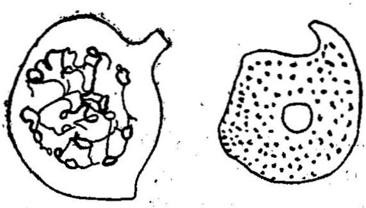
ஆனால், பெரும்பாலான உடற் செல்களில் (somatic cells) உயிருள்ள நிலையில் இத்தகைய பொருள்களைக் காண்பது மிகக் கடினமாக உள்ளது. ஃபேஸ் நுண்ணோக்கிமூலமும் இவை தென்படவில்லை. ஆனால், நிலைநிறுத்தம், நிறப்படுத்தல் ஆகியவற்றிற்குப் பிறகு, இவை நுண்ணோக்கிமூலம் தோன்றுகின்றன. இதற்குக் காரணம், கோல்கைப் பொருள்களின் விலக்க எண் (refractive index) சைட்டோபிளாசத்தின் விலக்க எண்ணிற்குச் சமமாக இருக்கலாமென்று தோன்றுகிறது.

இனப் பெருக்கச் செல்களில் (germinal cells) குறிப்பாக விந்துச் செல்களிலும் (spermatocytes) மாற்று விந்துச் செல்களிலும் (spermatids) இடியோசோம் (idiosome) என்ற பகுதியைச் சுற்றித் தொடர்ச்சியற்ற முறையில் குச்சிகள் போன்று கோல்கைப் பொருள்கள் காணப்படுகின்றன. ஆஸ்மியம் டெட்ராக்சை (osmium tetroxide) இவற்றை நிறப்படுத்துவதால் கோல்கைப் பொருள்களாகக் கருதப்படுகின்றன.

பொதுவாக இவை கொழுப்புகளை நிலைப்படுத்தும் நிலை நிறுத்தத்திற்குப் (stabilizing the lipids by fixation) பிறகு சில்வர் உப்புகள் (silver salts) மூலமோ ஆஸ்மியம் டெட்ராக்சைடு மூலமோ நிறப்படுத்தப்படுகின்றன.

கோல்கைப் பொருளின் அமைப்பு

உடற் செல்களில் கோல்கைப் பொருள்களின் உருவம் செல்லிற்குச் செல் மாறுபடுகின்றது. சில செல்களில் இவை அடர்ந்த வலை போன்று காணப்படுகின்றன. இன்னும் சில செல்களில் ஒழுங்கற்ற உருவிலும், வளையம் போன்றும், சிறு இழைகள் போன்றும் காணப்படுகின்றன. நரம்புச் செல்களில் உட்கருவைச் சுற்றி வலை போன்று கோல்கைப் பொருள்கள் அமைந்துள்ளன (படம் 22).



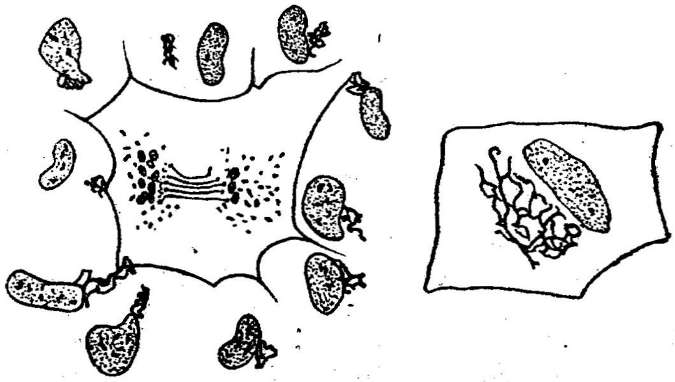
படம் 22.

இளம் பூனையின் தண்டுவட நரம்பு முடிச்சிலுள்ள நரம்புச் செல்களில் காணப்படும் கோல்கைப் பொருள்கள்

(அ) கோல்கைப் பொருள்கள் வலைபோன்று காணப்படுகின்றன. (ஆ) கோல்கைப் பொருள்கள் சிறு துகள்களாகச் சிதறிக் காணப்படுகின்றன.

பெரும்பாலான நாளமுள்ள சுரப்பிகளில் (exocrine glands) இவை நெருக்கமான வலைபோன்ற அமைப்புடன் உட்கருவிற்கும், சுரக்கும் பொருள் வெளியேறும் முனைக்கும் இடையில் அமைந்துள்ளன. சுரப்புப் பொருள்களோடு சேர்ந்தே காணப்படுகின்றன. இரத்த வெள்ளையணுக்களில் (leucocytes) அடர்ந்த பொருளாக உட்கருவின் குவிந்த பகுதியில் காணப்படுகிறது.

வேறு சில செல்களில் இப்பொருள்கள் சிறுசிறு துகள்களாக சைட்டோபிளாசத்தில் காணப்படுகின்றன. ஆனால், பெரும்பாலும் இப்படிப்பட்ட துகள்கள் நோய்கண்ட (pathological) செல்களில்தான் காணப்படுகின்றன. புறத்தோல் செல்களில் இவை வலைபோன்று காணப்படுகின்றன (படம் 23).



(அ) (ஆ)

படம் 23.

புறத்தோல் செல்களில் கோல்கைப் பொருள்களின் தோற்றம்.

(அ) பூனையின் புறத்தோல், சுற்றியுள்ள ஒய்வுச் செல்களின் உட்கருவிற்கருகில் கோல்கைப் பொருள்கள் வலைபோன்று தோன்றுகின்றன. ஆனால், நடுவிலுள்ள பிளவுறும் செல்லில் (எதிர்முகப் பகுப்பு) இவை சிறுசிறு குச்சிகளாகக் காணப்படுகின்றன. (ஆ) குதிரையின் புறத்தோல். உட்கருவிற்கருகில் வலை போன்று தோற்றமளிக்கின்றன.

இத்தகைய துகள்கள் எதிர்முகப் பகுப்புச் (mitotic division) சமயத்திலேயே தோன்றுகின்றன. இவ்வாறு செல் பகுப்புச் சமயத்தில் கோல்கைத் துகள்கள் தோன்றுவது அவை சமமாகப் புதிதாகத் தோன்றும் செல்களுக்குப் பிரிந்து செல்வதற்கு ஏதுவாகின்றது.

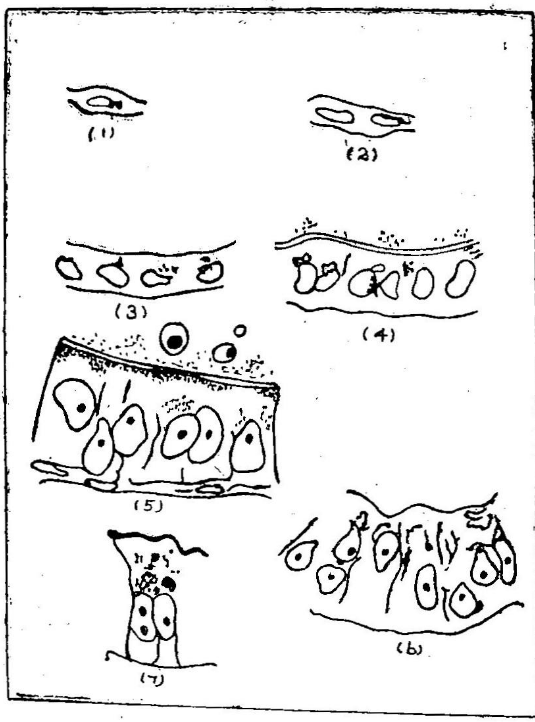
கோல்கைப் பொருள்களின் அளவும் (size) செல்லிற்குச் செல் வேறுபடுகின்றது. நரம்புச் செல்களிலும் சுரப்பிச் செல்களிலும் இவை பெரிதாகவும் தசைச் செல்களில் சிறிதாகவும் காணப்படுகின்றன. கோல்கைப் பொருள்கள் செல்களின் வேலை நிலையோடு (functional state) தொடர்பு கொண்டுள்ளன. செல் இயக்க நிலையில் இருக்கும்போது, கோல்கைப் பொருள்களும் நன்றாக வளர்ச்சியுற்றுக் காணப்படுகின்றன. செல் வளர்ந்து முதிர்ச்சியை அடையும்போது கோல்கைப் பொருள்களும் அளவில் வரவரக் குறைந்து கடைசியில் மறைகின்றன.

ஒவ்வொரு குறிப்பிட்ட செல் வகையிலும் கோல்கைப் பொருள்கள், ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்திலேயே தோன்றுகின்றன: புறத் தோலிலிருந்து தோன்றக்கூடிய (ectodermic origin) செல்கள் யாவற்றிலும், இப் பொருள்கள் உட்கருவிற்கும் செல் வெளிப்பகுதிக்கும் (periphery) இடையில் சேர்ந்து காணப்படுவதாக காஜல் (Cajal, *1914*) தெரிவிக்கிறார். தைராய்டு சுரப்பிச் செல்களில் இப் பொருள்கள் வழக்கத்திற்கு மாறாகக் காணப்படுவதால் சுரக்கும் தன்மையைக் காட்டக்கூடிய ஓர் எண்ணுகை (index) இதைக் கௌடிரி (Cowdry, *1924*) கருதுகிறார். தைராய்டு செல்களில் இது இவ்வாறு தோன்றியபோதிலும் மற்றச் சுரப்பிச் செல்களில் இதற்கு ஆதாரம் கிடைக்கவில்லை. எனவே, வேறு செல்களில் இப் பொருள்கள் இடம்மாறிக் காணப்பட்டால், அதற்கு இயந்திரவியல் காரணிகளே (mechanical factors) காரணமாக இருக்கலாமென்று தோன்றுகிறது.

கோல்கைப் பொருள்களின் பரிணமம் டீலியோஸ்ட் மீன் (Teleostean fish) முட்டையைச் சுற்றியுள்ள பைச் செல்களில் அல்லது ஃபாலிக்கிள் செல்களில் (follicle cells) நன்றாக விளங்குகின்றது. முட்டை வளர்ச்சியுறும் நிலையில் பைச் செல்கள் மிகச் சிறிதாகக் காணப்படுகின்றன. இச் செல்களில் கோல்கைப் பொருள்கள் ஒரு முனையில் காணப்படுகின்றன (படம் *24: 1, 2*). பிறகு இச் செல்கள் நீளத்தில் சற்று அதிகமாகிப் பெட்டகச் செல்களாகின்றன (cuboidal cells). இச் செல்களில் கோல்கைப் பொருள்கள் உட்கருவின் தலைமீது காணப்படுகின்றன (படம் *24: 3, 4*). முட்டை வளர்ச்சியடையும்போது பைச் செல்கள் மேலும் மேலும் நீளத்தில் அதிகமாகிக்கொண்டே செல்கின்றன. இப்போது கோல்கைப் பொருள்கள் சிறுசிறு துகள்களாகி வைட்டலின் சவ்வை (vitelline membrane) கடந்து சென்று முட்டைக்குள் நுழைகின்றன (படம் *24: 5*). பிறகு மீண்டும் கோல்கைப் பொருள்கள் சுரக்கும் பொருள்களுடன் (secretion) பைச் செல்களில் தோன்றுகின்றன (படம் *24: 6, 7*). இதிலிருந்து சுரத்தலுக்கும் கோல்கைப் பொருள்களுக்குமுள்ள தொடர்பு விளங்குகின்றது.

எலெட்ரான் நுண்ணோக்கி மூலம் செய்த ஆராய்ச்சிகளைக் கொண்டு ஆராய்ந்ததில் கோல்கைப் பொருள்கள் அடுக்கடுக்காக அருகில் அமைந்துள்ள மெல்லிய சவ்வுகளையும் குமிழிகளையும் உடையனவாகத் தோன்றுகின்றன. மேலும், உயிர்த்தாது வலையோடு சேர்ந்து காணப்படுகின்றன (படம் *3*). இருப்பினும், கோல்கைப் பொருள்களுக்கும் உயிர்த்தாது வலைக்குமுள்ள தொடர்பு இன்னும் ஆராய்ச்சி நிலையிலேயே இருக்கின்றது.

சாய முறைகளைக்கொண்டு ஆராய்ந்ததில் இப் பொருள்களில் கொழுப்பும், புரதமும், கார்போஹைடிரேட்டும் அடங்கியுள்ளன என்று தெரிகின்றது:



படம் 24.

மீன் முட்டையிலுள்ள பைச் செல்களில் கோல்கைப் பொருள்களின் பரிணமம்

(1, 2) சிறிதாகவுள்ள இப் பைச் செல்களில் கோல்கைப் பொருள்கள் ஒரு மூலையில் காணப்படுகின்றன. (3, 4) பெட்டகச் செல்களில் இவை உட்கருவின் தலைமீது காணப்படுகின்றன. (5) முட்டை வளர்ச்சியடையும் சமயத்தில் இவை சிறுசிறு துகள்களாகி வைட்டலின் சவ்வைக் கடந்து சென்று முட்டைக்குள் நுழைகின்றன. (6, 7) கோல்கைப் பொருள்கள் பிறகு சுரக்கும் பொருள்களுடன் பைச் செல்களில் தோன்றுகின்றன.

கோல்கைப் பொருளின் பௌதிக இரசாயனத் தன்மைகள்

கோல்கைப் பொருள்களின் பௌதிக இரசாயனத் தன்மைகளை நேரிடை முறைகளினால் அறிய முடியாவிட்டாலும் மறைமுக

முறைகளினுல் (indirect way) அறிய முடிகின்றது. நுண் மைய விலக்க முறையினுல் (ultra centrifugation) இதைப்பற்றி ஓரளவு அறிய முடிகின்றது. கருப்பைச் சுரப்பிச் (uterine gland) செல்களை 400,000 மடங்கு ஈர்ப்பு விசையுடைய மைய விலக்குச் சக்தியுடன் ஈடுபடச் செய்தால், கோல்கைப் பொருள்களை இடம் பெயரச் செய்து மையத்திற்குக் கொண்டுவர இயலும். இப் பரி சோதனை மூலம் இவை உண்மையில் சைட்டோபிளாசப் பொருள்கள் என்றும் இவற்றின் ஒப்படர்த்தி (specific gravity) சைட்டோபிளாசத்தின் ஒப்படர்த்தியைவிடக் குறைவான தென்றும் தெளிவாகின்றது.

சாதாரணமாக இப் பொருள்கள் இறுக்கமுடைய அமைப்பு களாக (rigid structure) தோன்றியபோதிலும் இவற்றின் இறுக் கத் தன்மை (consistency) திரவத்தைப் போன்று காணப்படு கின்றது. மேலும் இவற்றின் இறுக்கத்தன்மை செல்களின் இயக்க நிலையைப் பொறுத்தும் மாறுபடுகின்றது. எடுத்துக் காட் டாக, கருப்பைச் சுரப்பிச் செல்களை மைய விலக்குச் சக்தியுடன் ஈடுபடச் செய்யும்போது, கோல்கைப் பொருள்கள் இடம் பெயர் வதோடு மட்டுமன்றிச் சீர்கேடான முறையிலும் மாறுகின்றன. ஆனல், தைராய்டு செல்களையும் தண்டுவட நரம்பு முடிச்சுச் செல்களையும் இவ்வாறு ஈடுபடச் செய்யும்போது அவற்றிலுள்ள கோல்கைப் பொருள்கள் சீர்குலையாமல் அதாவது உருவை மாற் ருமல் இடம் மட்டுமே மாறுகின்றன. இது முன்னதைவிட அதிக இறுக்கத் தன்மையுடையன என்பதைக் காட்டுகின்றது.

கோல்கைப் பொருள்கள் இரண்டு விதமான பகுதிகளால் ஆனவை என்று பலர் கருதுகின்றனர். இதிலுள்ள வெளிப்பகுதி வெள்ளி உப்புகளாலும் ஆஸ்மிக் அமிலத்தினுலும் நிறப்படுத்தப் படுவதால் இப் பகுதிக்கு வெள்ளி அணுகு பகுதி (argentophilic), ஆஸ்மிக் அமில அணுகு பகுதி (osmiophilic) என்று பெயர். கோல்கைப் பொருளின் உட்பகுதியை மேற்கண்ட பொருள் களால் நிறப்படுத்த முடியவில்லையாதலால், இப் பகுதிக்கு வெள்ளி விலகு பகுதி (argentopholic), ஆஸ்மிக் அமில விலகு பகுதி (osmiopholic) என்று பெயர். உட்பகுதியானது வெளிப் பகுதியைவிட அதிக நீரையும் குறைந்த அடர்த்தியையும் கொண்டுள்ளது.

ஹிர்ச் (Hirsch) என்பவரின் கருத்துப்படி, கோல்கைப் பொருள்களைத் தவிர, ஒத்த அமைப்புடைய துகள்களும் (homogeneous granules) சைட்டோபிளாசத்தில் இருக்கின்றன.

இத் துகள்கள் கோல்கைப் பொருள்களின் முன்னோடிப் பொருள்களாகத் (precursors) கருதப்படுகின்றன. முன்னோடித் துகள்களிலிருந்து உண்மையான கோல்கைப் பொருள்கள் உண்டாவதாக அவர் கருதுகின்றார்.

பேக்கர் (Baker) என்பவர் கோல்கைப் பொருள் கீழ்க்கண்டவாறு அமைந்துள்ளதாகக் கருதுகின்றார்: (1) நடுநிலைச் சிவப்பு (neutral red) என்ற பொருள்மூலம் நிறமாகும் குமிழிகள் (vacuoles). (2) குமிழிகளைச் சுற்றியுள்ள அடர்ந்த கொழுப்புள்ள பகுதி. (3) அடர்ந்த கொழுப்புப் பகுதியைச் சுற்றியுள்ள அடர்த்தியற்ற கொழுப்புப் பகுதி. (4) கோல்கைப் பொருள் மூலம் குமிழியில் உண்டாகும் பொருள்.

இரசாயனக் கூட்டுப் பொருள்கள்

மைட்டோகாண்டிரியாவைப்போல் கோல்கைப் பொருள்களைப் பிரித்தெடுக்க இயலவில்லையாதலால், இவற்றின் இரசாயனக் கூட்டுப் பொருள்கள் என்னவென்று மிகத் தெளிவாகத் தெரியவில்லை. நீண்ட நாள்களாகக் கோல்கைப் பொருள்கள் கொழுப்பினால் ஆனவை என்று கருதப்பட்டு வருகின்றது. ஆஸ்மியம் டெட்ராக்சைடு (osimum tetroxide) மூலம் கோல்கைப் பொருள்கள் ஊட்டம் (impregnation) பெறுவது இதற்கு ஆதாரமாகக் காட்டப்படுகின்றது. மற்றொரு முக்கியமான ஆதாரம், கொழுப்புக் கரைப்பான்களுடன் சேர்க்கப்பட்ட செல்களில், கோல்கைப் பொருள்களைக் காணமுடியாத நிலையாகும். அதாவது, கோல்கைப் பொருள்களும் — கொழுப்பினால் ஆன காரணத்தினால்—கொழுப்புக் கரைப்பானில் கரைந்து விடுகிறது. மற்றும், கோல்கைப் பொருளின் குறைவான ஒப்படர்த்தியும் இதற்கு ஆதாரமாகக் கருதப்படுகின்றது.

இழைய வேதியியல் (திசு இரசாயன) முறைகள் மூலம் (histochemical methods) சூடான் III (sudan III), ஸ்கார்லெட் சிவப்பு (scarlet red), நைல் புளு சல்பேட்டு (nile blue sulphate) போன்ற பொருள்களைக் கொண்டு ஆராய்ந்ததில் இதற்கு எதிரான விடைகளே கிடைக்கின்றன. ஆனால், இவற்றைக் கொண்டு கோல்கைப் பொருளில் கொழுப்பே இல்லை என்று கூற முடியாது. இத்தகைய எதிர் விடைகளுக்குக் கொழுப்பு, புரதத்துடன் சேர்ந்திருப்பதைக் காரணமாகக் கூறலாம். இக் காரணம் பற்றியே கோல்கைப் பொருளில் புரதமும் கலந்துள்ளது என்று கருத வேண்டியுள்ளது.

புரதச் சிதைநொதிகள் (proteolytic) மூலம் புரதப் பகுதியைச் சீரணிக்கச் செய்து கொழுப்புப் பகுதியை மட்டும் தனியாக விடுவிக்க முடியும். இவ்வாறு விடுவிக்கப்பட்ட பகுதியானது நைல் புளூ சல்பேட்டுடன் சேர்ந்து நிறமாகிறது. நைல் புளூ சல்பேட்டு கொழுப்புப் பொருளை நிறமாக்கும் தன்மையுடையது. இதன் மூலம் கோல்கைப் பொருள், கொழுப்புப் புரதமும் அதிக அளவு கொழுப்புமுடைய செல் உறுப்பு என்றும் டாராவோ (Tarao, 1939) கருதுகின்றார். விந்துச் செல்களில் (spermatocytes) லெசித்தின், செபாலின் (lecithin and cephalin) போன்ற பொருள்கள் இருப்பதாகவும் பேக்கர் ((Baker, 1944) கருதுகின்றார். கோல்கைப் பொருளின் உட்பகுதியில் புரதமும் வெளிப் பகுதியில் கொழுப்பும் இருப்பதாகப் பலர் கருதுகின்றனர்.

கோல்கைப் பொருளின் பணி

கோல்கைப் பொருள்களைக் கண்டுபிடித்த காலத்திலிருந்து இன்றுவரை எத்தனையோ ஆராய்ச்சிக் கட்டுரைகள் வெளிவந்த போதிலும் இவற்றின் உண்மையான பணி முக்கியத்துவம் இன்னும் தெளிவுற விளக்கப்படவில்லை. சில மறைமுகமான ஆதாரங்களைக் கொண்டு இவற்றிற்குரிய பணி நிர்ணயிக்கப் படுகிறது.

சுரத்தலுக்கும் கோல்கைப் பொருளுக்குமுள்ள தொடர்பு

பலவிதமான சுரப்பிச்செல்களில், சுரத்தலுக்கும் கோல்கைப் பொருள்களுக்குமிடையேயுள்ள தொடர்பு தெரிகின்றது. இவ் விதத் தொடர்பிருப்பதைத் தெளிவாக்கியவர் காஜல் என்பவராவர். பிறகு இதே தொடர்பு, வேறு பல சுரப்பிச் செல்களிலிருப்பதைப் பலர் உறுதிப்படுத்தினர். டீலியோஸ்ட் (எலும்பு மீன்) முட்டைப் பைச் செல்களில் இத் தொடர்பு முன்பே விளக்கப்பட்டுள்ளது [படம் 24].

குடல் மேலணித் திசுச் செல்களில் (intestinal epithelium) கோல்கைப் பொருள்கள் இருக்குமிடத்தில் அல்கலின் பாஸ்ஃபடேஸ் (alkaline phosphatase) என்ற நொதியானது அதிக அளவில் காணப்படுவதாக, எம்மல் (Emmel, 1945) கருதுகின்றார். இதைத் தொடர்ந்து டீனி, டெம்ப்சி என்பவர்கள் (Deane and Dempsey, 1945) பல்வேறு வகையான மேலணித் திசுச் செல்களில் ஆசிட்பாஸ்ஃபடேஸ், அல்கலின் பாஸ்ஃபடேஸ் போன்ற நொதிகள் கோல்கைப் பொருள்கள் இருக்குமிடத்தில் மிகுதியாக உள்ள நிலையைத் தெளிவாக்கினர். இதிலிருந்து கோல்கைப் பொருள்கள் வளர்சிதை மாற்ற முறையில் பங்கு கொள்கின்றன என்பது புலனாகின்றது.

8. லைசோசோம்கள்
(Lysosomes)

எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிமூலம் கண்டறிந்த பல செல் உறுப்புகளில் லைசோசோமும் ஒன்றாகும். கல்லீரல் செல்களில் இவை வட்டமாகவும் அடர்ந்த அமைப்புகளாகவும் காணப்படு கின்றன. சைட்டோபிளாசத்திலுள்ள கால்வாய்களையடுத்து இவை காணப்படுவதால், இவற்றிற்குக் கால்வாய்சார்ந்த அடர்ந்த பொருள்கள் (pericanalicular dense bodies) என்று முதன்முதலில் பெயர் உண்டாயிற்று. கிரிஸ்ட்டியன் டி டூவ் (Christian de duve) என்பவர் 1955ஆம் ஆண்டில் இப் பொருள் களுக்கு அவற்றின் தொழிலை அடிப்படையாகக் கொண்டு லைசோசோம்கள் என்று பெயர் வைத்தார். இவற்றில் பிளவுறும் தன்மையுடைய செரிமான நொதிகள் அடங்கியுள்ளன. எனவே, லைசோசோம் ஒரு பிளவுறும் உறுப்பாக் அமைகின்றது.

லைசோசோம் அமைப்பு

லைசோசோம்கள் ஒரு சவ்வுமூலம் சூழப்பட்டுள்ள அடர்ந்த பொருள்களாகத் தோன்றுகின்றன. இவற்றின் உருவும் அடர்த்தி யும் வேறுபடக் கூடியதாக இருப்பினும், பெரும்பாலானவை 0·25µ முதல் 0·50µ வரை அளவுடையதாக இருக்கின்றன. இவை உருவிலும் அமைப்பிலும் மாறுபட்டுக் காணப்படுவதால், செல்களில் இவற்றைக் கண்டுபிடிப்பது கடினமாக இருக் கின்றது. பிளவுறும் நொதிகள் இருப்பதை உறுதிப்படுத்தின லொழிய, அப் பகுதியை லைசோசோம் என்று கருத முடியாது.

கல்லீரல் செல்களில் பித்த நுண் நாளங்களின் (bile canali-culi) அருகே, லைசோசோம்கள் சேர்ந்து காணப்படுகின்றன. வேறுபல விலங்கு செல்களிலும் இத்தகைய செல் உறுப்புகள் இருப்பதைக் கண்டு பிடித்துள்ளார்கள். ஆனால், தாவரச் செல் களில் இவை இருப்பது தெரியவில்லை.

சைட்டோபிளாசத்திலிருந்து லைசோசோம்கள் எவ்வாறு தோன்றுகின்றன என்பது இன்னும் தெளிவாகத் தெரியவில்லை. இருப்பினும், இவை கோல்கைப் பொருள்களைச் சார்ந்து தோன்றுகின்றன என்ற கருத்து நிலவுகின்றது. உயிர்த்தாது வலையைச் சார்ந்து தோன்றுவதாகவும் நம்பப்படுகின்றது (படம் 3).

லைசோசோம்களில் அமில பாஸ்ஃபடேஸ் என்ற நொதியும் வேறு பல நொதிகளும்—குறைந்தது 12 நொதிகள்—இருப்பதாகத் தெரிகின்றது. இவை யாவும் உயிரியல் கூட்டுப் பொருள்களை உடைக்கும் சக்தி வாய்ந்தன. இவை புரதப் பொருள்களையும் உட்கரு அமிலங்களையும் பாலிசாக்கரைடுகளையும் உடைக்கின்றன (அட்டவணை 7).

அட்டவணை-7

லைசோசோமிலுள்ள நொதிகள்

நொதிகள்	உடைக்கப்படும் பொருள்
ரிபோ நியூகளியேஸ் (Ribonuclease)	ரிபோ உட்கரு அமிலம் (Ribonucleic acid)
டிஆக்சிரிபோ நியூக்ளியேஸ் (Deoxyribo nuclease)	டிஆக்சிரிபோ உட்கரு அமிலம் Deoxyribo nucleic acid)
பாஸ்ஃபடேசுகள் (Phosphatases)	ஃபாஸ்பேட்டு ஈஸ்டர்கள் (Phosphate esters)
காதிப்சின்கள் (Cathepsins)	புரதம் (Protein)
கிளைகோசிடேசஸ் (Glycostdases)	பாலிசாக்கரைடுகள் (Polysaccharides)
சல்படேசஸ் (Sulphatases)	சல்பேட் ஈஸ்டர்கள் (Sulphate esters)

இந்த அட்டவணையில் லைசோசோமிலுள்ள நொதிகளும் அவற்றால் உடைக்கப்படும் பொருள்களும் காட்டப்பட்டுள்ளன.

லைசோசோம்களின் பணி

லைசோசோம்கள் குறைந்தது நான்கு விதமான வேலைகளில் ஈடுபடுவதாகத் தெரிகின்றது: (1) செல்லிற்குள் நுழையும் பெரும்

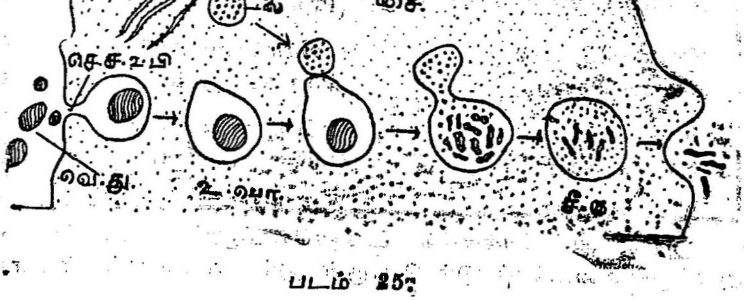
வெளித் துகள்களைச் சீரணித்தல். (2) செல் அகப் பொருள்களின் சீரணம் (intra cellular digestion). (3) செல்லே சீரணமாதல். (4) செல் புறப்பொருள்களின் சீரணம் (extra cellular digestion).

வெளித்துகள் செரிமானம் (Digestion of external particles)

பலசெல் (multi cellular) விலங்குகளில் உணவுப் பாதையிலுள்ள பல்வேறு நொதிகளினால் கார்போஹைடிரேட்டு, கொழுப்பு, புரத மூலக்கூறுகள் ஆகியவற்றின் சீரணம் நடைபெறுகின்றது. இதன் பயனாக ஒற்றைச் சாக்கரைடுகளும், கொழுப்பு அமிலங்களும், அமினோ அமிலங்களும் உண்டாகின்றன. இது சிதை மாற்றத்தின் (catobolisom) முதல் நிலையாகும். இரண்டாவது நிலையில் இப் பொருள்கள் மேலும் சிறிதாக்கப் படுகின்றன. மூன்றாவது நிலையில் கிரப்ஸ் சுழற்சியின் (Krebs cycle) மூலம் உண்டாகும் இரசாயனச் சேர்க்கையினால், சக்தி வெளிப்படுகின்றது. அதாவது, சக்தி ஏ டி பி (ATP) உருவில் சேமித்து வைக்கப்படுகின்றது.

உணவுப்பாதை இல்லாத தாழ்ந்த உயிரிகளில் இத்தகைய சீரணம் நடைபெற முடியாது. எனவே, இவ் விலங்குகள் பெரிய மூலக்கூறுகளைச் சீரணிப்பதற்குச் செல் அக சீரணத்தையே நம்பியுள்ளன.

பெரிய மூலக்கூறுகள் செல்லிற்குள் செல் உண்ணுதல் (phagocytosis) என்ற முறை மூலம் செல்லுகின்றன. துகள்களைச் செல் விழுங்கியவுடன் உள்பிதுக்கமடைகிறது (invagination).



படம் 25.

லைசோசோமின் வெளித்துகள் செரிமானம்

செ. ச. உ. பி. செல் சவ்வு உள்பிதுக்கம்; உ. வ. உயிர்த்தாது வலை; சை. சைட்டோபிளாசம் லை. லைசோசோம்; வெ. து. வெளித்துகள்; உ. பொ. உண்ணுபொருள்; சீ. கு. சீரணக்குழி.

பிறகு, செல் சவ்வை விட்டுப் பிரிந்து தனித்த ஓர் உள் பையாக மாறுகின்றது. இதற்கு உண்ணு பொருள் (phagosome) என்று பெயர். லைசோசோம் உயிர்த்தாது வலைப்பின்னலுக்கு அருகில் காணப்படுகின்றது. பிறகு லைசோசோம் உண்ணு பொருளை நோக்கிச் சென்று அத்துடன் ஒன்றாகக் கலக்கின்றது. எனவே, லைசோசோமில் அடங்கியுள்ள நொதிகள், செல்லினுள்ளே கொண்டுவரப்பட்ட பொருள்களுடன் சேர்ந்து அவற்றை சீரணிக்கின்றன (படம் 25). சீரணம் நிகழும் இச் சமயத்தில் இவற்றிற்குச் சீரணக் குமிழி (digestive vacuole) என்று பெயர்.

சீரணத்திற்குப் பிறகு தோன்றிய சிறு மூலக் கூறுகள் லைசோசோமைவிட்டுச் செல்லிற்குள் நுழைகின்றன. சீரணிக்கப்படாத பொருள்கள் சீரணக் குழியில் விடப்படுகின்றன. இது செல் சவ்வை நோக்கி நகர்ந்து சென்று, பின்வழிச் செல் உண்ணுதல் முறை (reverse phagocytosis) மூலம் சீரணிக்கப்படாத பொருள்களை வெளியேற்றுகின்றது (படம் 25).

செல் அகப்பொருள்களின் செரிமானம்

செல்லினுடைய ஒரு பகுதியானது அச் செல்லிலேயே இருக்கின்ற லைசோசோமிற்குள் சென்று, செரிமானம் செய்யப்படுகின்றது. எவ்வாறு உள்ளே செல்கின்றது என்பது இன்னும் தெளிவாக விளங்கவில்லை. புரதமும், கொழுப்பும், கார்போஹைடிரேட்டும் செல்களில் பலவிதமாகச் சேமித்து வைக்கப்படுகின்றன. உணவில்லாச் சமயத்தில் இவ்வாறு சேமித்து வைக்கப்பட்ட பொருள்கள் செரிக்கப்பட்டு சக்தி உண்டாகின்றது. எனவே, தன்னைத் தானுண்ணல் (autophagy) செல்லுள் செரிமான முறையாகத் தோன்றுகிறது. இது உண்மையானால், இது பற்றிய பல வினாக்களுக்கு விடைகாண வேண்டியுள்ளது. தன்னைத் தானுண்ணல் ஏற்படுவதற்கு எது தூண்டுகோலாக இருக்கின்றது? இது எதனால் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றது? மூலக் கூறுகள் எவ்வாறு லைசோசோமிற்குள் நுழைகின்றன? இக் கேள்விகளுக்கு இன்னும் விடைகள் கிடைக்கவில்லை.

செல் செரிமானம் (Cellular digestion)

இறக்கும் நிலையிலுள்ள செல்லிலிருக்கின்ற லைசோசோம் சவ்வு பிளவுறுகின்றது. எனவே, அதில் அடங்கியுள்ள நொதிகள் செல்லில் சுதந்திரமாக விடப்படுகின்றன. இந் நொதிகள், செல்லைச் சீரணிக்கச் செய்கின்றன. செல்லைச் சீரணிக்கும் சக்தி

வாய்ந்த நொதிகள், ஏன் லைசோசோம் சவ்வை மட்டும் (உள்ளே இருக்கும்போது) சீரணம் செய்யவில்லை என்பது இன்னும் விளங்கவில்லை.

ஒரு கொள்கையின்படி இது ஓர் உள்ளமைப்பு முறையாகக் கருதப்படுகிறது. பல செல் விலங்குகளில், புதிய செல்கள் தோன்றிக் கொண்டிருக்கும்போதே பல செல்கள் இறக்க நேரிடுகின்றன. இவ்வாறு உடலில் ஏற்படுகின்ற வேண்டாப் பொருள்களை நீக்கும் ஓர் அமைப்பாக இது கருதப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு செல்லிற்கு நஞ்சு கொடுக்கப் பட்டாலோ அல்லது ஆக்சிஜன் வருவது தடை செய்யப் பட்டாலோ, உடனே லைசோசோம் சவ்வு பிளவுற்று அதிலுள்ள நொதிகள் வெளிப்பட்ட செல்லைக் கரையச் செய்கின்றன. அட்ரினல் புறணியின் (adrenal cortex) ஹார்மோன்கள், லைசோசோம் சவ்வை நிலைநிறுத்துவதாகக் கருதப்படுகின்றது.

செல் புறப்பொருள்களின் செரிமானம் (Extra cellular digestion)

செல்லைச் சுற்றியுள்ள பொருள்களை அழிப்பதற்குச் செல்லிலிருந்து லைசோசோம் நொதிகள் வெளிவிடப்படுகின்றன என்று தெரிகின்றது. பின்வழி செல் உண்ணுதல் முறைமூலம் இத்தகைய நொதிகள் வெளியிடப்படலாம். இவ்வாறு வெளிவந்த நொதிகள் அங்குள்ள பொருள்களைச் சீரணிக்கின்றன.

விந்தணுவானது, கருவுருதல் நிகழ்ச்சியில் முட்டையைத் துளைத்துக் கொண்டு உள்ளே செல்லுகின்றது. இதைச் செல் புறப் பொருள்களின் செரிமானம்மூலம் சுலபமாக விளக்க முடிகின்றது.

இரத்த வெள்ளையணுக்கள் மிகச் சுலபமாக இரத்தக் குழாய்களை விட்டு வெளியேறி வியாதியால் பாதிக்கப்பட்டுள்ள திசுவிற்குச் செல்கின்றது. இதை விளக்குவதற்கும் மேற்கண்ட முறையே சுலபமாகத் தெரிகின்றது.

9. உயிர்த்தாது வலையும் ரிபோசோம்களும்

(Endoplasmic Reticulum and Ribosomes)

உயிர்த்தாது வலை

உயிர்த்தாது வலையின் அமைப்பு, எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி யின் மூலம் எவ்வாறு தோன்றுகிறது என்பது முன்பே விளக்கப் பட்டுள்ளது. சைட்டோபிளாசத்தில் அடுத்தடுத்துக் கால்வாய்கள் போன்று காணப்படும் இவ் வமைப்புகள் செல் சவ்விற்கும் உட்கருச் சவ்விற்கும் இடையில் மிகுதியாகக் காணப் படுகின்றன. இவையும் சவ்வுகள் மூலம் தோன்றிய அமைப்பு களேயாகும், இவை பல்வேறு பணிகளைச் செய்வதாகக் கருதப்படுகின்றன.

பெரும்பாலான செல்களில் உயிர்த்தாது வலை உட்கருச் சவ்வி லிருந்து தொடர்ச்சியாகப் புறப்பட்டு இடையில் பல சிறுசிறு கால்வாய்களாக மாறி செல்லின் புறப்பகுதியை நோக்கிச் செல்வதாகக் காணப்படுகின்றது (ப. 13). மேலும், உயிர்த்தாது வலைக்கும் செல் சவ்விற்கும் உட்கருச் சவ்விற்கும் உள்ள நெருங்கிய தொடர்பு சில ஆதாரங்கள் மூலம் தெரிய வருகின்றது (படம் 13).

உயிர்த்தாது வலை எப்பொழுதும் ஒரே தொடர்ச்சியாக நீண்டு காணப்படாமல் அங்கங்கே சிறு பைகளாகவும் குமிழி களாகவும் அமைந்திருக்கின்றது. இவற்றுக்கு உயிர்த்தாதுக் குமிழிகள் (cisternae) என்று பெயர்.

மற்ற சவ்வுகளைப் போலவே உயிர்த்தாது வலையின் சவ்வும் ஊடுகலப்புடன் (osmosis) தொடர்பு கொண்டுள்ளது. மேலும் வேறுசில செல்களில், குறிப்பாகத் தசைச் செல்களில், இத்தகைய

செல்லுள் சவ்வுகள் செல்லிற்கு வெளியே நிகழும் சில அதிர்ச்சிகளைச் செல்லின் உட்பகுதிக்கு அனுப்புகின்றன என்ற கருத்தும் நிலவுகின்றது. நரம்புச் செல்களில் இது எவ்வாறு நிகழ்கின்றதோ அதேமாதிரி உயிர்த்தாது வலை சவ்விலும் நடைபெறுவதாக நம்பப்படுகின்றது. மற்றும் இச் சவ்வின் சில பகுதிகள் எலெக்ட்ரான்களை எடுத்துச் செல்லும் (electron transport) திறமை பெற்றன என்றும் கருதப்படுகின்றது. சில ஆதாரங்களைக் கொண்டு இதில் சோடியம் பம்பு இயந்திர வமைப்பும் (sodium pump mechanism) ஏ டி பி யேஸ் (ATP ase) மண்டலமும் இருப்பதாக எண்ணப்படுகின்றது.

இச் சவ்வுகள் வளர்சிதை மாற்ற வழிகளிலும் (metabolic pathways) பங்கு கொள்கின்றன. மூன்று கிளிசிரைடு உற்பத்திக்குரிய (triglyceride synthesis) சில நொதிகளும் இங்கிருப்பதாகத் தெரிகின்றது. கொழுப்பு வளர்சிதை மாற்றத்தில் சில நிலைகள் (phases) இங்கு நடைபெறுவதாகவும் கருதப்படுகின்றது.

நுண்ணோக்கியின் மூலம் இப் பகுதிகளைப் பார்ப்பதைப் பொறுத்து இவற்றை இரண்டு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்: (1) நுண்ணோக்கியின் மூலம் பார்க்கும்போது, இச் சவ்வு மென்மையுடையதாகத் தோன்றுகிறது. இதை மென்வகை (smooth type) என்றழைக்கலாம். (2) எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் மூலம் பார்க்கும்போது இச் சவ்வுகளில் ரிபோசோம்கள்

படம் 26.

உயிர்த்தாது வலையும் ரிபோசோம் துகள்களும்

வெள்ளைப் பட்டைபோன்று காணப்படும் உயிர்த்தாது வலையில் கரும்புள்ளிகளான ரிபோசோம்கள் ஒட்டிக்கொண்டு காணப்படுகின்றன. உயிர்த்தாது வலைகள் குறுக்கிடும் இடத்தில் ரிபோசோம்கள் கூட்டமாகத் தோன்றுகின்றன.

என்ற நுண்துகள் சேர்ந்து காணப்படுவதால், சவ்வானது மென்மையாகத் தோன்றாமல் வன்மையுடையதாகத் தோன்றுகிறது. இவற்றை வன்சவ்வு (rough type) என்றழைக்கலாம். சவ்வின் புறப்பகுதியில் இத் துகள்கள் சேர்ந்துள்ளன (பட. 26).

உயிர்த்தாது வலைகள் சைட்டோபிளாசத்தில் மிகுதியாக வலை போன்று காணப்படுவதால், எல்லாச் செல் உறுப்புகளோடும் இவை தொடர்பு கொண்டுள்ளதாக எண்ணத் தோன்றுகிறது. அதே சமயத்தில் உட்கருச் சவ்வையும் செல் சவ்வையும் உயிர்த்தாது வலை இணைப்பதை மறுக்க இயலாது. இதை அடிப்படையாகக் கொண்டு, உட்கருச் சவ்விலிருந்தோ அல்லது செல் சவ்விலிருந்தோ அல்லது இரண்டு சவ்வுகளிலிருந்தோ இவை தோன்றுகின்றன என்ற கொள்கையும் நிலவுகின்றது.

ரிபோசோம்கள் (Ribosomes)

உயிர்த்தாது வலையுடன் மிக நெருங்கித் தொடர்பு கொண்டுள்ள, நுண்ணோக்கியால் காண இயலாத மிகச் சிறிய துகள்களுக்கு ரிபோசோம்கள் என்று பெயர். இத் துகள்களில் ரிபோ உட்கரு அமிலமும் புரதமும் உள்ளன. இவை முக்கியமாகப் புரத உற்பத்தியில் (protein synthesis) பங்கு கொள்கின்றன.

இவற்றில் 60 சதவீதம் ரிபோ உட்கரு அமிலமும் 40 சதவீதம் புரதமும் இருக்கின்றன. சில செல்களில் ரிபோசோம்கள் உயிர்த்தாது வலையுடன் சேராமல் சைட்டோபிளாசத்தில் தனியாகக் காணப்படுகின்றன. இச் செல்களில் உயிர்த்தாது வலையின் சவ்வு மென்வகையைச் சார்ந்தது. பாக்டீரியாக்களில் உயிர்த்தாது வலைகள் காணப்படவில்லை. இவற்றின் சைட்டோபிளாசத்தில் ரிபோசோம்கள் தனியாகவுள்ளன. ரிபோசோம்கள் 0·6μ முதல் 0·2μ விட்டம் வரை அளவுடையன.

செல்களை 100,000 மடங்கு ஈர்ப்பு விசையுடைய மையவிலக்குச் சக்தியுடன் (centrifugal force) ஈடுபடச் செய்தால் (100,000$\times$g) அச் செல்களிலுள்ள ரிபோசோம்கள் மையவிலக்குக் குழாயில் (centrifuge tube) அடியில் வந்து தங்குகின்றன; ஆனால், இவற்றுடன் உயிர்த்தாது வலையின் சில பகுதிகளும் காணப்படுகின்றன.

ரிபோசோம் ஆர் என் ஏ-யிலுள்ள ப்யூரைன் பிரிமிடின் உப்பு மூலங்களின் வீதம் (ratio) டி என் ஏ-யிலிருப்பதின்றும் வேறுபட்டுக் காணப்படுகின்றது. மற்றும் இந்த உப்பு மூலங்களின் வீதம் ரிபோசோமிற்கு ரிபோசோம் மாறுபட்டிருப்ப

தாகவும் தெரிகின்றது. டி என் ஏ-யிலுள்ள புரதமும் ரிபோசோமி லுள்ள புரதமும் ஒன்றாகத் தோன்றுகின்றன. ரிபோசோமில் ரிபோ நியூக்ளியேஸ் (ribonuclease) என்ற நொதியும் மறை வான உருவில் (latent form) இருக்கின்றது. இவ்வாறு மறைந் திருக்கின்ற இந் நொதியை எந்தப் பொருள் இயக்கி விடுகின்றது என்பது இன்னும் தெளிவாகவில்லை.

தனித்தனியான ரிபோசோம்கள் புரத உற்பத்திக்குரிய திறமையற்றுக் காணப்படுவது வியப்பாக இருக்கின்றது. கூட்டாகச் சேரும்போது புரத உற்பத்திக்குரிய திறமையைப் பெறுகின்றன. இவ்வாறு கூட்டாகவுள்ள ரிபோசோம்களை பாலி ரிபோசோம்கள் (polyribosomes) என்பர். எனவே, பாலி ரிபோ சோம்கள் புரத உற்பத்தியைத் தூண்டுகின்றன என்று தெரிகின்றது. மக்னீசியம் அயான்கள் மூலம் (magnesium ion) ரிபோசோம்கள் இணைக்கப்பட்டிருப்பதாகத் தோன்றுகின்றது. செல்லில், உற்பத்தித் தேவை ((synthetic demand) ஏற்பட்ட வுடன் பாலிரிபோசோம்கள் உண்டாகின்றன என்ற கருத்தும் நிலவுகின்றது.

ரிபோசோம்கள் சேர்ந்துள்ள உயிர்த்தாது வலையானது ரிபோசோம்களில் உற்பத்தியான புரதத்தைச் செல்லில் தேவை யான இடத்திற்கு அனுப்புகின்றது. இதிலிருந்து உயிர்த்தாது வலையானது, பொருள்களை ஓர் இடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத் திற்கு அனுப்பக்கூடிய நுண்சுழற்சி மண்டலமாக இருக்கலா மென்று (microcirculatory system) தெரிகின்றது.

உயிரியலில் முக்கியமான கூட்டுப் பொருளான கொலஸ் டிரால் (cholesterol) என்ற கொழுப்புபோன்ற பொருளை உற்பத்திச் செய்வதிலும் இது பங்கேற்பதாகத் தெரிகின்றது.

10. செல் மையம்
(Cell Centre)

செல் உறுப்புகளில் செல் மையமும் ஒன்றாகும். செல் மையம் பெரும்பாலான விலங்குச் செல்களிலும், சில தாழ்ந்த தாவரச் செல்களிலும் காணப்படுகின்றன. இதனுடைய அமைப்பியல் செல்களின் பணிநிலைக்குத் தக்கவாறு (functional stage) மாறுபடுகின்றது. இவ் வேறுபாடுகளைச் செல் பிரிதல் நிகழ்ச்சியில் (cell division) தொடக்க நிலையிலிருந்து இடைத் தோற்ற நிலை (interphase) வரையிலுள்ள பல நிலைகளில் காணலாம்.

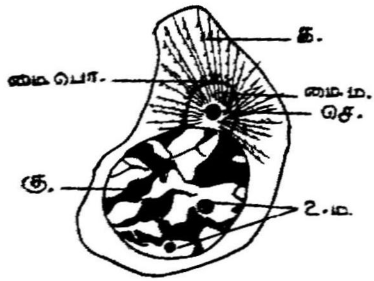
இடை நிலையில் செல் மையம்

ஒரு செல்லானது பிரிவதற்கு முன்னால் இருக்கும் நிலைக்கு ஓய்வு நிலை (resting stage) அல்லது இடைநிலை என்று பெயர். இந் நிலையில், இச் செல் உறுப்பானது ஒரு சிறிய உருண்டையான துகளாகக் காட்சியளிக்கின்றது. இத் துகளுக்கு நடுத்துகள் அல்லது சென்ட்ரியோல் (centriole) என்று பெயர். இது சிறிது நேரத்திற்கெல்லாம் இரண்டாக மாறுகின்றது. சில செல்களில் நடுத்துகள்கள் இரண்டிற்கும் அதிகமாகக் காணப்படுகின்றன. எலும்புச்சாறு செல்களில் (cells of the bone marrow) இவை மிக அதிகமாகக் காணப்படுகின்றன. இன்னும் சில செல்களில் இவை சிறு குச்சிகள்போன்று தோன்றுகின்றன. விந்தணுக்களில் இவற்றின் அமைப்பு மிகவும் சிக்கலானதாகும்.

செல் மையத்தின் இருப்பிடம்

ஒவ்வொரு செல் வகையிலும், செல் மையத்தின் இருப்பிடம் நிலையாக அமைந்துள்ளது. சில வகைகளில் இது செல்லின் சரியான மையத்தில் காணப்படுகின்றது. இரத்த வெள்ளையணுக்களில் இந் நிலையைக் காணமுடியும் (படம் 27). குதிரைலாடம் போன்ற அமைப்புடைய உட்கருவுள்ள செல்களிலும்

இந் நிலையைக் காணலாம்; அல்லது, உட்கரு சிறிதாகவும் இடம் மாறியுமுள்ள செல்களில் செல் மையம் நடுவில் இருக்கின்றது.



படம் 27

சலமாண்டர் வெள்ளையணு (Leucocyte of salamander)

செல்லின் நடுவில் செல் மையம் அமைந்துள்ளது. இதன் நடுவில் சென்ட்ரியோல்கள் (நடுத்துகள்கள்) இருக்கின்றன. இதிலிருந்து கதிர்கள் வெளி நோக்கிக் கிளம்புகின்றன. க, கதிர்; மை. ம, மைய மண்டலம்; செ, சென்ட்ரியோல் (நடுத்துகள்); உ. ம, உட்கருமணிகள்; கு, குரோமாட்டின்; மை. பொ, மையப் பொருள் (சென்ட்ரோசோம்).

நடுத் துகளானது பொதுவாக உட்கருவின் மூலமாகவோ அல்லது சைட்டோபிளாசத்தில் தோன்றிய பொருள்கள் மூலமாகவோ ஒரு பக்கத்தில் தள்ளப்படுகின்றது. சிலிண்டர் வடிவ மேலணி இழையச் செல்களில் (epithelial cells) நடுத்துகள் செல்லின் நடுக்கோட்டில் உட்கருவிற்கு மேல் காணப்படுகின்றது:

செல்கள் உயிரான நிலையில் இருக்கும்போது நடுத்துகள்கள் தெரிவதில்லை. ஆனால், செல் பிரிதல் சமயத்தில் இவற்றின் நடத்தை, குறிப்பிட்ட இடத்தில் தோன்றுதல், அயர்ன் ஹெமடாக்சிலினிடமுள்ள (iron hematoxylin) பற்றுதல் (affinity) முதலியவற்றைக்கொண்டு இவை உண்மையில் சைட்டோபிளாச உறுப்புகள் என்று உறுதி செய்யப்படுகின்றது.

தன்மை (Nature)

நடுத் துகள்களின் தன்மைகள் இன்னும் தெளிவாகவில்லை. டெய்லரின் (Taylor) கருத்துப்படி இப் பொருள்களின் இரசாயனச் சேர்க்கை உட்கரு புரதங்களாக இருக்கலாமென்று தெரிகின்றது. நுண் மைய விலக்கம் (ultra centrifugation) மூலம் அஸ்காரிஸ் (ascaris), முட்டைகளிலுள்ள நடுத்துகள்கள்

நடுமுனையை நோக்கித் (centripetal pole) தள்ளப்படுகின்றன என்று பீம்ஸ் (Beams, 1943) அறிவிக்கின்றார்.

சென்ரோசோம் [மையப்பொருள் (Centrosome)]

செல்கள் ஓய்வு நிலையில் இருக்கும்போது, நடுத்துகள் அல்லது சென்ட்ரியோல் செல் மையமாகத் தோன்றுகின்றது. ஆனால், சில செல்களில் இதைச்சுற்றி ஓர் அடர்ந்த சூழ்பகுதி காணப்படுகிறது. இதற்கு மையப்பொருள் அல்லது சென்ட்ரோசோம் என்று பெயர். தெளிவான ஒரு புறப்பகுதியும் இதில் காணப்படும். இதற்கு மையமண்டலம் அல்லது சென்ட்ரோஸ்பியர் (centrosphere) என்று பெயர். இதிலிருந்து நட்சத்திர கோளம் அல்லது ஆஸ்ட்ரோஸ்பியர் (astrosphere) சூரியக்கதிர்கள் போன்று பரவுகின்றன. செல்பிரிவு முறையில், இத்தகைய அமைப்புகள் எல்லா செல்களிலும் தோன்றுகின்றன.

எதிர்முகப் பகுப்பு முறையில் (mitosis) முன் தோற்றநிலை (prophase) முதல் நிலையாகும்; இந் நிலை தொடங்கும்போது, நடுத்துகள்கள் பிரிகின்றன. இச் சமயத்தில் சென்ட்ரோசோம் ஒருவகைப் பாலம் மாதிரித் தோன்றி அதிலிருந்து கதிர்கள் (spindles) கிளம்புகின்றன.

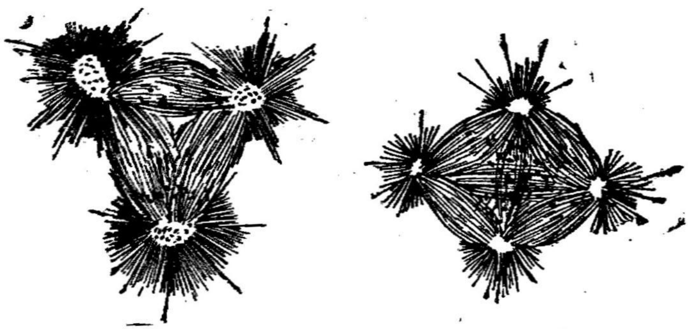
மையக் கோளம் (Cenrosphere)

மையக்கோளத்தில் கதிர்கள் வெளிநோக்கிக் கிளம்பி விரிகின்றன. இக் கதிர்கள், உள்நோக்கிக் குவிகின்றன. இக் கதிர்களைப் பெரிதாக்கிப் பார்க்கும்போது அவை ஒத்த அமைப்புடையதாகத் தோன்றாமல், ஒழுங்காக அமைந்த வளையங்களாலான கதிராகத் தோன்றுகின்றன. மையக்கோளத்தை உயிருள்ள செல்களில் நன்றாகக் காணமுடிகிறது. சில அசாதாரண நிலைகளில் இரு விந்தணுக்கள் முட்டைக்குள் நுழைந்து கருவுறுதல் ஏற்படுகின்றது. இம் முட்டைகளில் நான்கு மையப் பொருள்கள் தோன்றி, நான்கு துருவக் கதிர்களை (quadripolar spindles) உண்டாக்குகின்றன (படம் 28).

முனைப்படுத்தல் பார்வையியல் (polarization optics) ஆராய்ச்சிகளைக்கொண்டு, நட்சத்திரக் கதிர்கள் யாவும் புரதச் சங்கிலிகளால் ஆனவை என்ற கொள்கை தோன்றியுள்ளது. பீம்ஸ் குழுவினர் (Beams et al) எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி மூலம் கண்ட ஆதாரங்களைக்கொண்டு இவை நார்த்தன்மையுடைய (fibrous nature) அமைப்புகள் என்று தெரிகின்றன.

நுண்கையாளுதல் (micromanipulation) என்பது செல்களை ஆராய்வதற்குரிய முறைகளில் ஒன்றாகும். இதன்மூலம் ஆராய்ந்ததில், ஊசிகளின் ஆழ்ந்த அசைவுகளின்மூலம் கதிர்கள் உடனே மறைவது தெளிவாயிற்று. இதன்மூலம் கதிர்கள் நிலைபற்றவை (unstable)என்றும், சைட்டோபிளாசத்தைவிட அதிகப் பாகுநிலை ஜெல்லாக (viscous gel) இருக்கிறதென்றும் புலனாகின்றது.

நடுத்துகள்களும் செல் மையமும் சைட்டோபிளாசத்தில் நிலையான உறுப்புகளென்றும், இவை செல் பிரிதல்மூலம் ஒரு செல்லிலிருந்து மற்றொரு செல்லிற்குச் செல்கின்றது என்றும் வான்பெனிடனும் போவிரியும் (Van Beneden and Boviri) கருதுகின்றனர். ஆனால். பரிசோதனைகள்மூலம் இக் கொள்கை நிராகரிக்கப்பட்டுள்ளது. முள்தோலிகளின் (echinoderms)



(அ) (ஆ)

படம் 28

எகினாய்டு (Echinoid)

முட்டைகளில் (அ) மூன்று துருவக் கதிர்களும், (ஆ) நான்கு துருவக் கதிர்களும்.

கருவுறா முட்டைகளை, மக்னீசியம் குளோரைடு கலந்த கடல் நீருடன் சேர்க்கும்போது, ஒரு நடுத்துகளை மையமாகக்கொண்டு பல நட்சத்திர அமைப்புகள் தோன்றுகின்றன. இதிலிருந்து செல் மையம் எப்பொழுது வேண்டுமானாலும் செல்லில் தோன்ற முடியுமென்றும், முன் செல்லிலிருந்து வந்தவை அல்ல வென்றும் தெளிவாகிறது. இச் சோதனை மேற்கூறிய கொள்கை தவறு என்று நிரூபிக்கின்றது.

நட்சத்திர அமைப்புகள் தோன்றுவதற்குரிய பௌதிக இரசாயன காரணிகள் என்னவென்று இன்னும் தெளிவாக வில்லை. ஆனால், கதிர்கள் நடுத்துகளை மையமாகக்கொண்டு காணப்படுவதால், செல்லில் நடைபெறும் நார்த்தோன்றல்

முறையை (process of fibrillogenesis) இரத்தம் உறைதல் முறையுடன் (coagulation of blood) ஒப்பிடப்படுகின்றது. இரத்தம் உறைதலில், ஃபைபிரினோஜன் (fibrinogen) மூலக்கூறுகள் நொதிகளின் இடையீட்டினால் ஃபைபிரின் நார்களாக மாற்றப் படுகின்றன. இரத்தத் தட்டைச் சார்ந்து (blood platelets) இவை கதிர்கள் போன்று காணப்படுகின்றன. இதேபோன்று செல்லில் நடுத்துகளைச் சார்ந்து நட்சத்திரக் கதிர்கள் அமைந் துள்ளன. இதிலிருந்து இரத்தம் உறையும் முறையும் நட்சத்திரக் கதிர்களின் நார்கள் தோன்றும் முறையும் ஒன்றாகக் காணப்படு வதாகக் கருதலாம்.

சமீப ஆராய்ச்சிகள் செல் மையத்தின் சில முக்கியமான தன்மைகளைத் தெரிவிக்கின்றன. பல்வேறு முறைகளைக் கொண்டு மேசியாவும் டேனும் (Mazia and Dan) பிளவுறும் கடல் அர்ச்சின் (sea urchin) முட்டைகளிலுள்ள எதிர்முகப் பகுப்பு முறைப் பகுதியை (mitotic apparatus) தனியாகப் பிரித்தெடுத்தார்கள். இதிலிருந்து ஒரு புரதப் பகுதியையும் தனியாகப் பிரித்தெடுக்க முடிந்தது. நுண்மைய விலக்கம் மூலம் ((ultra centrifugation) இப் புரதத்தின் மூலக்கூறு எடை சுமார் 45,000 இருக்குமென்று தோன்றுகிறது. செல் மையத்தின் நிலைத் தன்மையிலும் (stability) எதிர்முகப் பகுப்புமுறைப் பகுதியின் நிலைத்தன்மை யிலும் எஸ்-எஸ் குழுக்கள் ((S-S groups) பங்கேற்கின்றன வென்றும் கருதப்படுகின்றது. இவை ஆற்றும் பணிகளைப் பற்றிச் செல்பிரிதல் அத்தியாயத்தில் விளக்கப்படும்.

11. உட்கருவும் உட்கருமணியும்

(Nucleus and Nucleolus)

செல்களில் உட்கரு இருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பிறகு, பெரும்பாலான செல்லியலாளர்கள் (cytologists) இதன் தன்மைகளை அறிவதில் முனைந்தனர். இதன் பயனாக உட்கருவியல் (Karyology) என்ற தனிப்பிரிவும் உட்கருவைப்பற்றிய பல உண்மைகளும் தோன்றலாயின. நிலையிறுத்தல் முறைகளிலும் (methods of fixation), சாய (staining) முறைகளிலும் ஏற்பட்ட பல முன்னேற்றங்கள் இதற்கு உதவலாயிற்று.

உட்கரு, சீரான நிலையான மாற்றங்களை அடைகின்றன எடுத்துக்காட்டாக, உட்கருச் சவ்வு மறைதல், குரோமசோம்கள் (chromosomes) என்ற நிறமேற்கும் பொருள்கள் தோன்றுதல் முதலியனவாகும். செல்கள் தங்களுடைய வாழ்நாளில் இரு காலங்களைக் கடக்க வேண்டியுள்ளது. (1) பிளவாக் காலம் (period of non division). (2) பிளவுக் காலம் (period of division). இவ்விரு காலங்களிலும் உட்கருவின் அமைப்பில் மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. இடைநிலையில் செல்லானது பிளவாக் காலத்தில் இருக்கின்றது. ஆனால், எதிர்முகப் பகுப்பு முறை நிகழும்போது, செல் பிளவு காலத்தில் இருக்கின்றது. செல் பிளவுறும்போது குரோமசோம்களும் பிளவுறுகின்றன ; புதிய செல்களின் உட்கருக்கள் தோன்றுகின்றன.

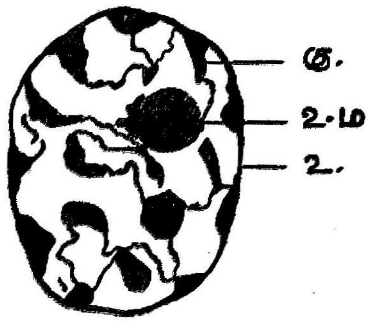
மரபுவழிப் பண்புகளுக்குக் காரணமாகவுள்ள காரணிகள் அல்லது ஜீன்கள், குரோமசோம்களில் இருப்பதால் உட்கருவை மரபுவழி உறுப்பாகக் கருதலாம். எதிர்முகப் பகுப்பு முறையிலும் குன்றல் பகுப்புமுறையிலும் (meiosis) உட்கருவடையும் மாற்றங்களைச் செல்பிரிதல் அத்தியாயத்தில் காணலாம். இடைநிலை உட்கருவின் அமைப்பையும் தன்மைகளையும் இந்தப் பகுதி விவரிக்கின்றது.

உயர்ந்த விலங்குகளிலும் தாவரங்களிலும் உட்கருவானது, உட்கருச் சவ்வின் மூலம் சூழப்பட்டு மிகத் தெளிவாகக் காணப்படுகின்றது. ஆனால், சில தாழ்ந்த உயிரிகளில் உட்கரு தெளிவாகத் தோன்றுவதில்லை. சில ஃப்ளாஜெல்லேட்டாவிலும் (சாட்டையுடலிகள்), இன்ஃபுசோரியாவிலும் (flagellata and infusoria) உட்கருவானது குரோமாட்டின் (chromatin) என்ற உட்கருத் துகள்களாக சைட்டோபிளா சத்தில்சிதறிக் காணப்படுகின்றன. சாதாரண முறைகளைக் கொண்டு பாக்டீரியாவில் உட்கரு போன்ற ஓர் உறுப்பைக் காண இயலவில்லை. ஆனால், உட்கரு இரசாயனத் தன்மைகளைப் பெற்ற துகள்கள் பாக்டீரியாவில் இருப்பதாகச் சிலர் தெரிவிக்கின்றனர், சமீப எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி ஆராய்ச்சிகளைக் கொண்டு பாக்டீரியாவில் உட்கரு போன்ற உறுப்புள்ளதாகக் கண்டறியப் பட்டுள்ளது. டிலாமேட்டர் என்பவரும் மட் என்பவரும் (Delamater and Mudd, 1952) சில பாக்டீரியாக்களில் உட்கரு போன்ற உறுப்பும் குரோமசோம் போன்ற பகுதிகளும் இருப்பதாக அறிவிக்கின்றனர்.

ஆனால், வைரஸ்களை (viruses) இராசாயனக் கூறுபாடு மூலம் (chemical analysis) ஆராய்ந்ததில், அவற்றில் உட்கரு புரதங்கள் இருப்பது தெளிவாயிற்று. உட்கரு புரதங்கள் உட்கருவின் முக்கியக் கூட்டுப் பொருளாகும்.

உட்கருவின் உருவம்

பொதுவாக செல்களைப் பொறுத்து உட்கருவின் உருவம் அமைகின்றது. ஆனால், சில சமயங்களில் ஒழுங்கற்ற முறையிலும் தோன்றலாம். கோள உருவச் செல்களிலும் பெட்டகச்



படம் 29.

இடைநிலை உட்கருவின் அமைப்பு (கணையச் செல்கள்)
உ, உட்கரு; உ. ம, உட்கருமணி; கு. குரோமாட்டின்.

செல்களிலும் பல பக்கங்களையுடைய செல்களிலும் உட்கரு பொதுவாகக் கோள உருவில் காணப்படுகின்றது (படம் 29). சிலிண்டர், முப்பட்டைக் கண்ணாடி, கதிர்போன்ற உருவமுடைய செல்களில் (cylindrical prismatic, fusiform) உட்கருவானது நீண்ட கோளமாக (ellipsoidal) அமைந்திருக்கின்றது. தட்டைச் செல்களில் (squamous cells) உட்கருக்கள் தட்டையாகக் காணப்படுகின்றன. இரத்த வெள்ளையணுக்களில் (leucocytes) உட்கருவானது குதிரை லாடம் போன்றோ அல்லது பல திரட்டுகளுடனோ (multilobated) தோன்றுகின்றது. சில இன்ஃபுசோரியாவில் மணிக்கோர்வை (moniliform) போன்றும் சில பூச்சிகளின் சுரப்பிச் செல்களில் கிளைகள் போன்றும் பல்வேறு இனத்தைச் சேர்ந்த விந்தணுக்களில் நீண்ட கோளமாகவோ (முட்டை உருவம்) பேரிக்காய் போன்றோ (pyriform). அடிப் பக்கம் அகன்று நுனி குறுகிய இலைபோன்றோ (lanceolate), உட்கருக்கள் காணப்படுகின்றன (படம் 30).

உட்கருவின் அளவு (Size)

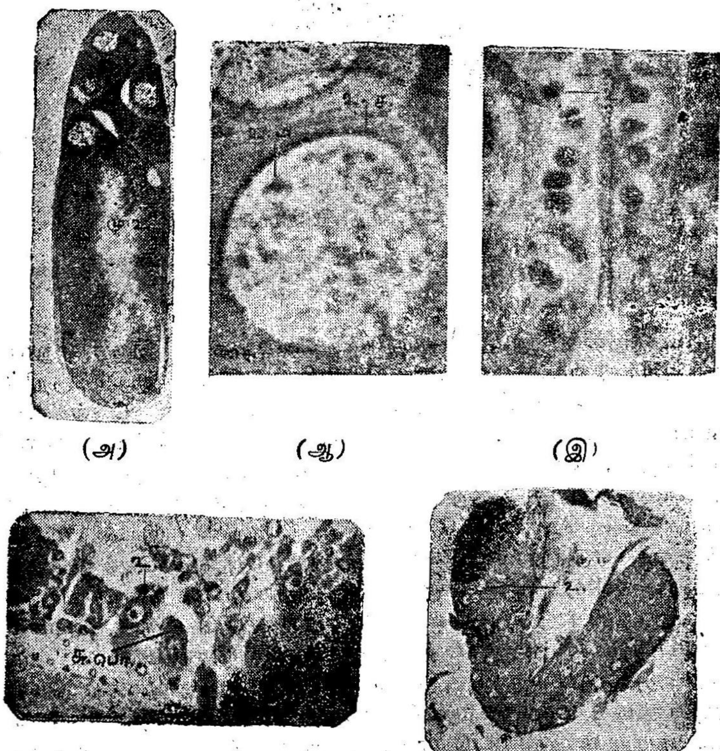
உட்கருவின் அளவு வேறுபடக் கூடியதாக இருந்தாலும் சைட்டோபிளாசத்துடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளது. இத் தொடர்பை, உட்கரு பிளாச எண்மூலம் (nucleoplasmic index) ஹெர்ட்விக் (Hertvig, 1920) காட்டுகின்றார்.

$$\text{உபி} = \frac{\text{உகொ}}{\text{செகொ} - \text{உகொ}}$$

இதில், உபி என்பது உட்கருபிளாச எண்ணாகும்; உகொ என்பது உட்கருவின் கொள்ளளவாகும் (volume); செகொ என்பது செல்லின் கொள்ளளவாகும். இதிலிருந்து உட்கருவின் கொள்ளளவிற்கும் செல்லின் கொள்ளளவிற்கும் உள்ள தொடர்பு விளங்குகின்றது. செல் கொள்ளளவு அதிகமாகும்போது, உட்கருவின் கொள்ளளவும் மிகுதியாகின்றது. உபி விகிதத்தின் அளவு சரியாக அமையாவிட்டால் அதுவே செல் பிரிவைத் தூண்டுவதாகத் தெரிகின்றது.

பெரும்பாலான செல்கள் ஓர் உட்கருவையே பெற்றிருக்கின்றன. இவற்றுக்கு ஒற்றை உட்கருச் செல்கள் (mono nucleate cells) என்று பெயர். சில கல்லீரல் செல்களிலும் குருத்தெலும்பு செல்களிலும் இரு உட்கருக்கள் காணப்படுகின்றன. இவற்றுக்கு இரட்டை உட்கருச் செல்கள் (bi nucleate cells) என்று பெயர். இன்னும் சில வகைகளில் இரண்டிற்கும் மேற்பட்ட உட்கருக்கள் காணப்படும். இவற்றுக்குப் பல உட்கருச் செல்கள்

(poly nucleate cells) என்று பெயர். எலும்புச் சாறு செல்களில் (bone marrow) *100* வரைக்கும் உட்கருக்கள் காணப்படலாம். உயிர்த்தாதுச் சேர்க்கை (syncytium) என்பது, உயிர்த்தாது தனித்தனி செல்களாகத் தடுக்கப்படாமல் ஒன்றாகச்



(அ) (ஆ) (இ)

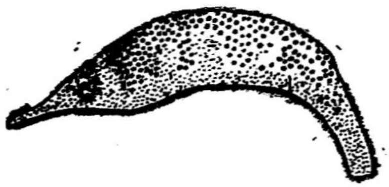
(ஈ) (உ)

படம் 30

பல்வேறு இழையங்களிலுள்ள உட்கருக்களும் உட்கருமணிகளும்

(அ) கிரைசோமியா (Chrysomyia) என்ற ஈரிறக்கையினப் பூச்சியின் முட்டைப் பை (egg follicle). மேற்பகுதியில் நான்கு தாதிச் செல்களும் அவற்றின் உட்கருக்களும் தெரிகின்றன. கீழ்ப்பகுதியில் முட்டையின் உட்கரு (oocytenucleus) புறப்பகுதியில் தோன்றியுள்ளது. (ஆ) ஒரு தாதிச்செல்லின் உட்கரு பெரிதாக்கப்பட்டுள்ளது. (இ) பைச் செல்களின் உட்கருக்கள் பெரிதாக்கப்பட்டுள்ளன. (ஈ) இப் பூச்சியின் மூளையிலுள்ள நரம்புச் சுரப்புச் செல்கள் (neuro secretory cells). (உ) இப் பூச்சியின் நாளமில்லாச் சுரப்பிகளில் ஒன்றான கார்ப்பஸ் அல்லேட்டம் (corpus allatum). இச் சுரப்பியில் பல உட்கருக்கள் உள்ளன.

சேர்ந்திருக்கும் நிலையாகும்; வரித்தசை நார்கள் இவ் வகையைச் சேர்ந்தவை. இதிலுள்ள உட்கருக்களின் எண்ணிக்கை மிகுதியாயுள்ளது. (படம் 31)



படம் 31:
டிராகிலோசெர்கா (Trachelocerca)
என்ற உயிரியில் குரோமாட்டின் துகள்களையுடைய உட்கரு.

உட்கருவின் இடம்

உட்கருவின் இடம் மாறுபடக் கூடியதாக இருந்தாலும் பொதுவாக, ஒவ்வொரு வகை செல்லிலும் இதன் இடம் குறிப்பிடத்தக்க வகையில் அமைந்துள்ளது. கருச் செல்களில் (embryonic cells) உட்கரு, செல்லின் நடுப்பகுதியில் காணப்படுகின்றது. செல் வேறுபாடு (cell differentiation) முன்னேற்றமடையும்போதும் குறிப்பிட்ட பொருள்கள் சைட்டோபிளாசத்தில் தோன்றும்போதும் உட்கருவின் இடம் மாறுகின்றது. எடுத்துக்காட்டாக, கொழுப்புச் செல்களிலும் (adipose cells) மஞ்சட்கரு (yolk) அதிகமுள்ள செல்களிலும் உட்கரு, ஓரப்பகுதிக்குச் சைட்டோபிளாசப் பொருள்கள்மூலம் தள்ளப்படுகின்றது (படம் 30 அ). சுரப்பிச் செல்களில் உட்கரு கீழ்ப்பகுதியிலும் சுரப்புத் துகள்கள் (secretory granules) மேல் பகுதியிலும் காணப்படுகின்றன. உட்கருவின் இடம் மேற்கண்டவாறு மாறுபட்டபோதிலும் அது எந்தச் சூழ்நிலையிலும் சைட்டோபிளாசத்தினால் சூழப்பட்டிருப்பது குறிப்பிடத்தக்கதாகும்.

உட்கருவின் அமைப்பு

உயிருள்ள செல்களை ஆராயும்போது உட்கருச் சவ்வும் ஒன்றோ அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட உட்கருமணிகளும் (நியூக்ளியோலஸ்களும்—Nucleoli) அவற்றில் இருப்பது தெரிகின்றது. ஆனால், நிலைநிறுத்தி நிறமாக்கப்பட்ட (fixed and stained) செல்களில் மேலும் பல சிக்கலான அமைப்புகள் தெளிவாகின்றன.

பொதுவாக, கீழ்க்கண்ட பகுதிகளை உட்கருவில் காணலாம்: (1) உட்கருச் சவ்வு; (2) உட்கருவின் இடத்தை நிரப்பியுள்ள

உட்கருச்சாறு (nuclear sap), இது சிறிது அமில அணுகு தன்மை (acidophilic) கொண்டதாகும். (3) குரோமாட்டின் (chromatin) அடங்கியுள்ள திருகு இழைப் பகுதிகள். இவை உட்கருச் சாறு முழுதும், மிக மெல்லிய குறைவான நிறம் பெற்ற வலைப் பின்னல்கள் மூலம் இணைக்கப்பட்டுப் பரவியுள்ளன. (4) குரோமாட்டின் (5) உட்கருமணி அல்லது நியூக்ளியோலஸ். இவை குறிப்பிடத்தக்க அளவுடைய கோளமான உறுப்புகளாகும். நரம்புச் செல்களிலும் (oocytes) இவை பெரிதாகத் தோன்றுகின்றன (படம் 30 இ, ஈ). இவை பொதுவாக அமில அணுகு தன்மையுடையன.

இது உட்கருவின் பொதுவான அமைப்பாகும். பலவிதமான விலங்குச் செல்களில் இதில் மாற்றங்கள் காணப்படுகின்றன. இதற்குக் குரோமாட்டின் ஓர் எடுத்துக் காட்டாகும். சில சமயங்களில் இவை துகள்களாக அல்லது பெரும் துகள்களாகக் காணப்படுகின்றன. சில வகைகளில், இவை யாவும் உட்கருச் சவ்வின் உட்பகுதியில் ஒட்டிக் கொண்டு ஓர் அடுக்குப் போன்று அமைகின்றது. இதற்குக் குரோமாட்டின் சவ்வு (chromatic membrane) என்று பெயர்.

இடைநிலை உட்கருவின் மற்றொரு குறிப்பிடத்தக்க குணம், நிலைநிறுத்திகளின் (fixative) தன்மைகளுக்குத் தக்கவாறு இவை மாற்றமடைகின்றன. ஆஸ்மிக் அமிலத்தைப் பயன்படுத்தினால் உட்கரு ஒத்த அமைப்புடையதாகத் தோன்றுகிறது. நியூக்ளியோலஸ் (உட்கருமணி) மட்டும் வேறுபட்டு நன்றாகத் தெரிகின்றது. மெர்குரிக் குளோரைடைப் பயன்படுத்தினால் குரோமாட்டின் சிறு சிறு பருமனுடைய (coarse) பொருள்களாகத் தெரிகின்றன. ஃபிளிமிங்கினுடைய கலப்புப் பொருளைப் பயன்படுத்தினால் (ஆஸ்மிக் அமிலம், குரோமிக் அமிலம், அசிட்டிக் அமிலம்) குரோமாட்டின், பருமன் குறைந்த பொருள்களாகத் தோன்றுகின்றன.

செல் பாரம்பரியவியல் (cytogenetics) நோக்குடன் பார்க்கும்போது இடைநிலை உட்கரு முக்கியமாகக் கருதப்படுகின்றது. ஏனென்றால் உட்கருவில்தான் குரோமசோம்கள் இருக்கின்றன. மரபுவழி (heredity) குணங்களுக்குக் காரணமாயுள்ள ஜீன்கள் இக் குரோமசோம்களில்தான் அடங்கியுள்ளன. தானாக இயங்கக்கூடிய (autonomous) இவை செல் பிரிவு சமயத்தில் தோன்றுகின்றன. இடைநிலை உட்கருவின் வழியாக, அடுத்தடுத்து ஏற்படும் செல் பிரிவுகள்மூலம் இவை தொடர்ச்சியாக ஒரு செல்லிலிருந்து மற்றொரு செல்லுக்குச் செல்கின்றன. இவ்வாறு குரோமசோம்கள் ஜீன்களை ஏற்றிருப்பதால்,

இடைநிலை உட்கருவிலும் இவை நிலையான உறுப்புகளாகக் கருதப்படுகின்றன. பல செல்லியல் ஆராய்ச்சிகள்மூலம் குரோமசோம்களின் தானியங்குத் தன்மையும் (autonomy) தொடர்ச்சித் தன்மையும் (continuity) உறுதி செய்யப்படுகின்றன.

குரோமசோம்களில் இரு பகுதிகள் உள்ளன. ஒன்று, குரோமோனீமா (chromonema) அல்லது நிற இழை. மற்றொன்று, இடையீட்டுப் பொருள் (matrix). இதில் குரோமோனீமா திருகிய இழைகளாகவும், இடையீட்டுப் பொருள் அதில் அடங்கியுள்ள பொருளாகவும் இருக்கின்றன. இடைநிலை உட்கருவில் குரோமோனீமா என்ற நிற இழை மட்டுமே தோன்றுகின்றது. இடையீட்டுப் பொருள் செல்பிரிவு சமயத்தில் தோன்றுகின்றது. இக் கருத்தின்படி, குரோமோனீமாக்களை இடைநிலை உட்கருவின் குரோமசோம்கள் என்று கருதலாம்.

நுண்கையாளுதல்மூலம் உட்கருச் சவ்வானது உறுதி வாய்ந்த ஓர் உண்மையான அமைப்பு என்று தெரிகின்றது. உட்கருச் சவ்வு, செல்லை உட்கருவென்றும் சைட்டோபிளாசம் என்றும் பிரிக்கின்றது.

சமீபத்தில் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிமூலம் நீர், நில வாழ்வனவற்றின் முட்டைகளில் செய்த ஆராய்ச்சிகளைக் கொண்டு உட்கருச் சவ்வின் அமைப்பு விளங்குகின்றது. உட்கருச் சவ்வில் இரண்டு அடுக்குகள் (layers) உள்ளன. வெளியடுக்குத் துவாரங்களுடையதாகவும், உள்ளடுக்குத் தொடர்ச்சியுடையதாகவும் காணப்படுகின்றன. துவார அடுக்கு உள்ளடுக்கை விட இரண்டு மடங்கு பருமனுடையதாகத் தோன்றுகின்றது. துவாரங்கள் ஒழுங்கான அமைப்புடனும் 400Å அளவுடனும் இருக்கின்றன. ஒரு துவாரத்தின் மையத்திற்கும் மற்றொரு துவாரத்தின் மையத்திற்கும் 1000Å இடைவெளி காணப்படுகின்றது. இரண்டு அடுக்குகளிலும் முக்கியமாகக் கரையா புரதங்கள் (insoluble proteins) இருக்கின்றன. துவாரமுள்ள வெளியடுக்கில் சில கொழுப்புப் பொருளும் இருப்பதாகத் தோன்றுகின்றது.

உட்கருவின் பௌதிக இரசாயனத் தன்மைகள்

உட்கருவின் ஒப்படர்த்தி, பொதுவாக, சைட்டோபிளாசத்தின் ஒப்படர்த்தியைவிட அதிகமானது. ஆனால், சில வகைகளில் எடுத்துக்காட்டாக முள்தோலிகளில், உட்கருவானது

சைட்டோபிளாசத்தைவிட கனமற்றதாகத் தோன்றுகிறது. உட்கரு உறுப்புகளிலேயே உட்கருமணிதான் (நியூக்ளியோலஸ்) அதிக ஒப்படர்த்தியுடன் காணப்படுகின்றது.

உட்கருவின் பாகுநிலை மாறுபடக்கூடியதாகவுள்ளது. சில வகைகளில் சைட்டோபிளாசத்தின் பாகுநிலையைவிட உட்கருவின் பாகுநிலை அதிகமாகவுள்ளது. சைட்டோபிளாசத்தைப் போலவே உட்கருவில் அடங்கியுள்ள பொருள்களும் சால், ஜெல் தன்மையை மாற்றக்கூடிய சக்தியுடைய திரவம்போல் காணப்படுகின்றது.

நுண்கையாளுதல்மூலம் உட்கருவின் பிஎச் 7·6 முதல் 7·8 வரை இருப்பதாகத் தெரிகின்றது. இது சைட்டோபிளாசத்தைவிட அதிகக் காரத்தன்மை வாய்ந்ததாகும்.

சைட்டோபிளாசத்தின் முக்கியமான குணங்களில் ஒன்று, அதன் மேற்பகுதி ஏதேனும் அழிக்கப்பட்டால், கா++ அயான் (Ca^{++}ion) இருக்கும் நிலையில் இது உடனே புதுப்பிக்கப்படுவதாகும். இத்தகைய தன்மை உட்கருவில் காணப்படவில்லை. உட்கருச் சவ்வைச் சிதைத்தால், அது புதுப்பிக்கப்படாமல் உட்கருவானது குலைந்து விடுகின்றது. சைட்டோபிளாசத்திற்கும் உட்கருவிற்குமுள்ள இத்தகைய வேறுபட்ட தன்மைகளுக்குக் காரணம், இவற்றிலுள்ள மின்னேற்றமே (electrical charge) ஆகும். பொதுவாக, செல்சவ்வானது எதிர் மின்னேற்றமும் (negative charge) உட்கருச் சவ்வானது நேர் மின்னேற்றமும் (positive charge) கொண்டுள்ளன.

இடைநிலை உட்கருவின் பணி முக்கியத்துவம் (Functional significance of the interphasic nucleus)

இடைநிலை உட்கருவின் பணி முக்கியத்துவம், உட்கருவிற்கும் சைட்டோபிளாசத்திற்கும் இடையேயுள்ள நெருங்கிய தொடர்புபற்றிய ஆராய்ச்சிகள்மூலம் அறியப்படுகின்றது.

வளர்சிதை மாற்றம் நிகழும் நல்ல நிலையிலுள்ள ஒவ்வொரு செல்லிலும் உட்கரு காணப்படுகின்றது. உட்கருவில்லாமல் சைட்டோபிளாசமும் அல்லது சைட்டோபிளாசமில்லாமல் உட்கருவும் நீண்ட நாள்கள் தானாக இயங்க முடிவதில்லை. இதிலிருந்து உட்கருவும் சைட்டோபிளாசமும் ஒன்றையொன்று சார்ந்துள்ளன என்பது புலனாகிறது. பல பரிசோதனைகள்மூலம் உட்கரு நீக்கப்பட்ட செல்கள், உணவு

உட்கொள்ளுதல், ஒளிச்சேர்க்கை செய்தல், செல்லுலோஸ் சவ்வை உண்டாக்குதல் (தாவரச் செல்களில்) போன்ற பல இயக்கங்களில் ஈடுபட முடியுமானாலும், வளர்ச்சியும் இனப் பெருக்கமும் செய்ய முடியாமல் சில காலமே உயிர்வாழ்கின்றன என்று தெரிகின்றது. இதே மாதிரி தனியாகப் பிரிக்கப்பட்ட உட்கருக்கள் உயிர்வாழ முடிவதில்லை. உட்கரு உயிருடன் இயங்க சைட்டோபிளாசம் தேவைப்படுகிறது. ஆக்சிகரண மண்டலங்கள் (oxidative systems) சைட்டோபிளாசத்தில்தான் அமைந்துள்ளன; உட்கருவில் இம் மண்டலங்கள் இல்லை. எனவே, சக்தித் தேவையைப் பொறுத்தவரை உட்கருவானது சைட்டோபிளாசத்தைச் சார்ந்துள்ளது என்பது புலனாகின்றது.

நுண்கையாளுதல்மூலம் உட்கருவை நீக்கிய பிறகு அமீபா, வழக்கமான உருவினின்றும் வேறுபட்டு ஒரு கோளம்போன்று மிகுதியான போலிக் கால்களுடன் காணப்படுகின்றது. அதன் அசைவு குறைகின்றது; உணவுச் செரிமானம் தடைப்படுகின்றது. இந்த நிலையில் சுமார் 20 நாள்கள் உயிர்வாழ்ந்து இறந்து விடுகின்றது. ஆனால் இறப்பதற்கு முன், வேறோர் அமீபாவின் உட்கருவை வெற்றிகரமாக இதில் பொருத்தினால் உடனே அது வழக்கமான அசைவைக் காட்டுகின்றது; செரிமானம் நடைபெறு கின்றது; செல்பிரிவு நிகழ்கின்றது.

குறைவான கதிரியக்கத்தின்மூலம் (radiation) உட்கருவைச் சிதைத்துச் செல்களின் இயக்கம் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. அல்ட்ரா வயலட் (ultraviolet) கதிர்கள்மூலம் இவ்வாறு செய்து பார்த்ததில், அமீபா 20 நாள்களே உயிர்வாழ்கின்றது என்று தெரிகின்றது.

செல் வேதியியல் (cyto chemistry) நோக்குடன் பார்க்கும் போது உட்கருவற்ற அமீபாவில் ரிபோ உட்கரு, அமிலத்தின் அளவு குறைந்து கொண்டே வருவது தெரிகின்றது. அதே சமயத்தில் உட்கருவுள்ள பகுதியில் இதன் அளவு அதிகமாகக் காணப்படுகின்றது. இதிலிருந்து சைட்டோபிளாச ரிபோ உட் கருப் புரத (ribonucleo proteins) உற்பத்தி உட்கருவினால் கட்டுப் படுத்தப்படுகின்றது என்ற கோட்பாடு (hypothesis) மேலும் வலுவடைகின்றது.

உட்கருமணியின் அமைப்பு (Structure of the nucleolus)

உட்கருமணி அல்லது நியூக்ளியோலஸ் உட்கருவின் உள்ளே பொதுவாக, சிறு கோள உருவில் அமைந்திருக்கின்றது. ஒன்றோ அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட உட்கருமணிகளோ உட்கருவில் காணப்படலாம் (படம் 30. ஆ, இ).

உட்கருமணியின் உட்பகுதியில் சில துகள்கள் இருப்பதாகக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இருப்பினும், இது ஒத்த அமைப்புடைய பொருள்களைக் கொண்ட உறுப்பாகவே கருதப்படுகின்றது. வெள்ளிச் சேர்க்கை முறைகளைக் (silver impregna ion) நரம்பு முடிச்சுச் செல்களின் உட்கருமணியில் சிக்கல்வாய்ந்த அமைப்புகள் இருப்பதாகத் தெரிகின்றது. பிறகு இவையே சிறுசிறு துகள்களாக அல்லது வலையமைப்பாகக் கருதப்பட்டன; எஸ்டேபிளும் சோடெலோவும் (Estable and Sotelo) பல புதிய முறைகளைக்கொண்டு தாவரச் செல்களையும் விலங்குச் செல்களையும் ஆராய்ந்ததில் உட்கருமணியில் இரண்டு வேறுபட்ட பகுதிகள் இருப்பது தெளிவாகிறது. ஒன்று, ஒழுங்கற்ற பகுதி; இதில் ஒழுங்கற்ற சிறுசிறு பகுதிகள் (pars amorpha) உள்ளன; மற்றொன்று, இழைகளையுடைய பகுதி (filamentous). இதற்கு உட்கருமணி இழை அல்லது நியூக்ளியோலோநீம் (Nucleoloneme) என்று பெயர். இரண்டும் ஃபாயில்ஜன் பற்றுடையவை அல்ல (Feulgen negative).

உட்கருமணி இழைகளைக் கருமையிடக் குவிப்பானைக் (dark-field condenser) கொண்டும் ஃபேஸ் நுண்ணோக்கியைக் கொண்டும் உயிருள்ள செல்களில் காணமுடியும். உட்கருமணியிழைகளை நிலைத்த அமைப்புகளாகவும், ஒழுங்கற்ற சிறு பகுதிகளை மாற்றமடையக்கூடிய அமைப்புகளாகவும் கருதுகின்றார்கள். எனவே, உட்கருமணியின் மாற்றங்களுக்குக் காரணமாக அமைவது ஒழுங்கற்ற பகுதிகளே என்று புலனாகின்றது. அதே சமயத்தில் உட்கருமணியிழையானது செல்லின் எல்லா இயக்க நிலைகளிலும் மாறாமல் இருப்பதாகத் தெரிகின்றது. ஒழுங்கற்ற பகுதியானது செல் பிரிவு சமயத்தில் மறைகின்றது; இடைநிலை உட்கருவில் மீண்டும் தோன்றுகின்றது.

உட்கருமணியின் அமைப்பு எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் மூலமும் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. உட்கருமணி பல இழைகளைக் கூட்டமாகக்கொண்ட ஓர் அமைப்பாகக் காணப்படுகிறது. இதன் இழைகள் சுமார் 0·1 μ அகலமுடையதாகத் தோன்றுகின்றன. இவ்விழைகள் யாவும் ஒழுங்கற்ற பகுதியில் புதைந்திருப்பது போன்று காணப்படுகின்றது. உட்கருமணியைச் சுற்றி சவ்வு காணப்படாததால், உட்கருச் சாறுடன் இது மிக நெருங்கிய தொடர்பு கொண்டுள்ளது.

உட்கருமணியின் செல் வேதியியல்

உட்கருமணி ஃபாயில்ஜன் எதிராகக் காணப்படுவதால், இதில் டி ஆக்சிரிபோ உட்கரு அமிலம் இல்லை என்று தெரிகின்றது.

நுண் ஒளிப்பட்டை புகைப்படக் கருவியைக் கொண்டு (micro spectrophotometry) இதன் இரசாயனக் கூட்டுப் பொருள்கள் யாவை என்று கண்டறியப்பட்டுள்ளது. உட்கருவானது 2600 A-ல் அதிக உட்கிரகித்தலுக்குரிய கோட்டை (maximum absorption) காட்டுகின்றது. இது உட்கரு அமிலம் இருப்பதைக் குறிக்கின்றது. மற்றொரு கோடு 2800 A-ல் காட்டுகின்றது. இது புரதம் இருப்பதைக் குறிப்பதாகும். இதிலிருந்து உட்கருமணியில் ரிபோ உட்கரு அமிலம் இருப்பதாகவும், குறிப்பாக இது உட்கரு புரதம் உருவில் (nucleoprotein இருப்பதாகவும் தெளிவாகின்றது. டீ ராபர்ட்டிஸ், பிராசே (De Robertis, Brachet) போன்ற விஞ்ஞானிகளும் மற்றும் பலரும் ரிபோநியூக்ளியேஸ் (ribonuclease) என்ற நொதியைப் பயன்படுத்தி இதே முடிவுக்கு வந்துள்ளனர். வின்செண்ட் (Vincent) என்பவர் நட்சத்திர மீன் முட்டைகளிலுள்ள உட்கருவைப் பிரித்தெடுத்து ஆராய்ந்ததில் உட்கருமணியில் அதிகப் புரதமும் ஆர் என் ஏ-யும் இருப்பதாகத் தெரிகின்றது.

உட்கருமணியின் பணி

செல்பிரிதல் சமயத்தில் உட்கருமணியில் சுழற்சி மாற்றங்கள் (cyclic changes) ஏற்படுகின்றன. (1) இடைநிலை உட்கருவில் இருக்கக்கூடிய உட்கருமணி செல்பிரிதல் நிகழ்ச்சியில் முதல் நிலை தொடங்கும்போது மறைகின்றது. இதே சமயத்தில் குரோமசோம்கள் தங்களுடைய நிறமேற்கும் தன்மையை அதிகமாக்குகின்றன. (2) முனைத்தோற்ற நிலையில் (telophase) உட்கருமணிகள் மீண்டும் தோன்றுகின்றன. உட்கரு மணியின் சுழற்சிக்கும் குரோமசோம் சுழற்சிக்குமுள்ள தொடர்பு தாவரச் செல்களில் விளக்கப்படுகின்றது. இங்கு உட்கருமணியானது ஒரு குரோமசோமுடன் நெருங்கி ஒற்றிக் காணப்படுகின்றது. இந்த இணையும் பகுதியில் உட்கருமணி தூண்டியியக்கும் கூறு (organiser of the nucleolus) என்ற தனிப்பகுதி காணப்படுகின்றது. உட்கருப் பொருள்கள் யாவும் குரோமசோம்களிலிருந்தே பெறப்படுகின்றன. ஆனால், இப் பொருள்கள் யாவும் உட்கருமணி தூண்டியியக்கும் கூறு பகுதியிலேயே சேகரிக்கப்பட்டு அமைக்கப்படுகின்றது.

குரோமசோம்களிலுள்ள சில மாறுபட்ட குரோமாட்டின் பகுதியிலிருந்தே (heterochromatic region) உட்கருமணிகள் தோன்றுகின்றன என்பது பெரும்பாலோர் கருத்தாகும். உட்கருமணி சில சமயங்களில் தன்னைச்சுற்றி ஃபிப்பாயில்ஜன் பற்றுடைய (Feulgen positive) குரோமாட்டின் வளையத்தைக்

கொண்டுள்ளது. இது டி என் ஏ இருப்பதைக் குறிப்பதாகும். உட்கருமணியின் இந்த டி என் ஏ, குரோமசோமின் மாறுபட்ட குரோமாட்டின் பகுதியிலிருந்து தொடர்ச்சியானது என்று கருதப்படுகின்றது.

உட்கருமணியிலுள்ள ஆர் என் ஏ, உட்கருவில் புரத உற்பத்தியுடன் தொடர்புகொண்டுள்ளது என்ற கருத்தும் நிலவுகின்றது. உண்மையில் உட்கருவிலிருக்கக்கூடிய பெரும்பாலான ஆர் என் ஏ உட்கருமணியில்தான் இருக்கின்றது. மற்றும் சைட்டோபிளாசத்தில் நடப்பதைவிட உட்கருமணியில்தான் அதிகமான புரத உற்பத்தி நடைபெறுவதாக நம்பப்படுகின்றது.

பி^{32} விலாசமிட்ட (labelled P^{32}) முறைமூலம் உட்கருமணியானது ஆர் என் ஏ உற்பத்தியிலும் பங்கு கொள்வதாக அறியப்படுகின்றது. உட்கருமணியிலுள்ள ஆர் என் ஏ அதிகக் கிரியைத் திறனும் கரையும் தன்மையும் கொண்டுள்ளது. இதிலிருந்து உட்கருமணியானது கரையும் ஆர் என் ஏ (soluble RNA) உற்பத்தியில் பங்குகொள்வதாக நம்பப்படுகின்றது.

12. குரோமசோம்கள்

(Chromosomes)

குரோமசோம்கள் உட்கருவிலுள்ள மிக முக்கியமான உறுப்புகளாகும். இவற்றைப்பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் இன்று மிக அதிகமாகப் பெருகியுள்ளன. இவை சிறப்பான அமைப்பினையும், தனித் தன்மையையும், சிறப்பான பணிகளையும், தங்களைப்போல் பௌதிக இரசாயன அமைப்புடன் பிரதியெடுக்கும் திறமைகளையும் பெற்றிருக்கின்றன.

உயிரினங்களிலுள்ள வேறுபாடு (Variation), மரபு வழி (Heredity), திரிபு (நிலையான திடீர் மாற்றம்—Mutation), பரிணாமம் (Evolution) போன்ற பல்வேறு வழிகளில் குரோமசோம்கள் பெரும் பங்கேற்பதால் இவற்றைப்பற்றிய அறிவு முக்கியமாகக் கருதப்படுகின்றது.

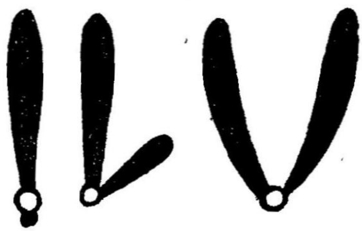
பொதுவாக, இவை செல் பிரிதல் நிலைகளில் மட்டும் தோன்றுகின்றன. அப்போது அவை அதிக நிறமேற்கும் சிறுசிறு குச்சிகள் அல்லது திரிகள்போன்று காணப்படுகின்றன. சில நிலைகளில் இவை மிக மெல்லிய இழைகளாகக் காணப்படுகின்றன. வேறு சில நிலைகளில், எடுத்துக்காட்டாக, பின் தோற்றநிலை (Metaphase), மேல் தோற்ற நிலை (Anaphase) முதலியவற்றில் குரோமசோம்கள் குறிப்பிடத்தக்க உருவிலும் அளவிலும் நன்ருகத் தோன்றுகின்றன.

குரோமசோம்களின் அமைப்பியல்

குரோமசோம்களின் அமைப்பியல் செல் பிரிதல் முறையிலும் (Meiosis) தெளிவாக அறியப்படுகின்றது. ஏனென்ருல், இச் சமயங்களில்தான் இவை சிலிண்டர் போன்ற கட்டிப் பொருள்களாகத் தெரிகின்றன. ஹெமடாக்சிலின் (Hematoxylin) சாஃப்ரனின் (Safranine), கிரிஸ்டல் வயலெட்

(Crystal violet), ஆர்சின் (Orcein), கார்மின் (Carmine) போன்ற உப்புமூலச் சாயப்பொருள்கள்மூலம் (Basic dyes) இவை அதிகமாக நிறமேற்றப்படுகின்றன. ஃபாயில்ஜன் முறை (Feulgen method) மூலமும் நிறமேற்றப்படுகின்றன.

குரோமசோம்கள் மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன. பின்தோற்ற நிலையிலும் மேல் தோற்ற நிலையிலும் இவை கொண்டிருக்கும் உருவத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டு இவ் வகைகள் பிரிக்கப்படுகின்றன. (1) முனைமைய குரோமசோம்கள் (acrocentric chromosomes), இவை சிறு குச்சிகள் போன்ற ஒரு கையுடையவை. (2) கீழ் பின்மைய குரோமசோம்கள் (Submetacentric), இவை சமமற்ற இரு கைகளைக் கொண்டிருக்கின்றன; 'L' போன்ற வடிவத்தில் காணப்படுகின்றன. (3) பின் மைய குரோமசோம்கள் (Meta centric), இவை ஒத்த நீளமுடைய இரு கைகளைப் பெற்றிருக்கின்றன; 'V' போன்ற வடிவமுடையன (படம் 32).



(அ) (ஆ) (இ)

படம் 32.

மையப் பகுதியின் இடத்தைப் பொறுத்து வகைப்படுத்தப்பட்ட மூன்று வகையான குரோமசோம்கள்

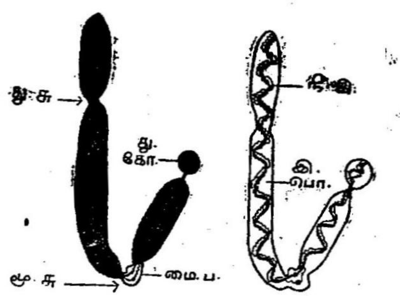
(அ) முனைமைய குரோமசோம்; (ஆ) கீழ் பின்மைய குரோமசோம்; (இ) பின்மைய குரோமசோம்.

ஒரு குறிப்பிட்ட குரோமசோமின் வடிவம் மாறுமல் இருக்கின்றது. ஓர் உயிரியில் எல்லாச் செல்களிலும் ஒரு குறிப்பிட்ட குரோமசோமின் வடிவம் மாறுமல் தோன்றுகின்றது. இனத்திலும் (species) சிலவகைகளில் பேரினத்திலும்கூட (genus) இது மாறுமல் காணப்படுகின்றது. எனவே, குரோமசோம்களின் வடிவம் முக்கியமாகக் கருதப்படுகின்றது.

மையப் பகுதி அல்லது சென்ட்ரோமியர் (Centromere)

ஒரு குரோமசோமின் இரு கைகளும் இணையுமிடத்தில் ஒரு சுருக்கம் காணப்படுகின்றது. இதற்கு மூலச் சுருக்கம் (Primary-

constriction) என்று பெயர். இச் சுருக்கப் பகுதியின் உள்ளே ஒரு தெளிவான பரப்புக் காணப்படுகிறது. இதனுள் ஒரு சிறு துகள் அடங்கியுள்ளது. இத் தெளிவான பரப்புப் பகுதிக்கு மையப் பகுதி அல்லது சென்ட்ரோமியர் என்று பெயர். எதிர்முகப் பகுப்பு முறையில் குரோமசோம்கள் அசைவதில் இது பங்கேற்கின்றது. டார்லிங்டனும் (Darlington, 1936) ஸ்ராடரும் (Schrader, 1936) சென்ட்ரோமியரும் சென்ட்ரியோலும் ஒரே மாதிரியாகத் தோன்றுவதாக அறிவிக்கின்றனர். எதிர்முகப் பகுப்பு முறையில் இவ் விரண்டின் நடத்தைகளும் ஒன்றாகவே இருக்கின்றன. குரோமசோம்களில் காணப்படும் மற்றொரு குறிப்பிடத்தக்க புறஅமைப்பு அவற்றின் துணைச் சுருக்கங்களாகும் (Secondary constrictions). இப் பகுதிகள், நழுவுப்பகுதிகள் அல்லது ஒலுஸ்தரோ பகுதிகள் (Olisthero zones என்றழைக்கப் படுகின்றன; இப் பகுதிகள் குறைவான குரோமாட்டின் நிறத்தைக் காட்டுகின்றன. இச் சுருக்கங்கள் குறுகியோ அல்லது நீண்டோ காணப்படலாம். மூலச் சுருக்கங்களில் குரோமசோமின் இரு பக்கங்களிலும் கோண விலக்கம் (angular deviation) காணப்படுகின்றது. இது துணைச் சுருக்கங்களில் இல்லை (படம் 33).



படம் 33.

குரோமசோமின் வெளி-உள் அமைப்புகள்

து.சு.—துணைச் சுருக்கம்; மூ.சு.—மூலச் சுருக்கம்; மை.ப.-மையப்பகுதி; து.கோ.—துணைக்கோள்; நி.இ.—நிறயிழை; இ பொ.—இடையீட்டுப் பொருள்.

முனைப்பகுதிகள் (Telomers)

குரோமசோம்களின் இரு கடைசி பகுதிகளுக்கும் டீலோமியர்கள் அல்லது முனைப்பகுதிகள் என்று பெயர். இப் பகுதிகள் சில தனித்தன்மைகள் பெற்றுள்ளன. இது ஒரு பரிசோதனை மூலம் நிறுவப்படுகின்றது. எக்ஸ்—கதிர்களையோ அல்லது அல்ட்ரா வயலட் கதிர்களையோ டிரோசோஃபிலா (Drosophila)

செல்களில் பாய்ச்சினுல், குரோமசோம்கள் சிறுசிறு பகுதிகளாகப் பகுக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு பகுக்கப்பட்ட பகுதிகள் பல்வேறு வழிகளில் மீண்டும் சேர்கின்றன. ஆனுல், இவ்வாறு மீண்டும் சேர்ந்த பகுதிகள் முனைப் பகுதிகளோடு எந்த நிலையிலும் சேர்வதில்லை. இதிலிருந்து முனைப் பகுதிகளுக்கு துருவ நோக்கு (Polarity) இருப்பதுபோல் தோன்றுகிறது. இதனுல் வேறுபகுதிகள் இதனுடன் சேர்வதில்லை.

துணைக் கோள்கள் (Satellites)

சில குரோமசோம்களில் காணப்படும் மற்ளுெரு புற அமைப்பு துணைக் கோள்களாகும். இது மூலக் குரோமசோமிலிருந்து பிரிந்து ஒரு மெல்லிய குரோமாட்டின் இழைமூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ள கோள உருவமுடைய ஒரு பகுதியாகும். சில சமயங்களில் இவற்றின் விட்டம் குரோமசோமின் விட்டத்தைப் போலிருக்கின்றது. வேறுசில வகைகளில் மிகமிகச் சிறிதாகக் காணப்படுகின்றது. இதே மாதிரி இணைக்கும் குரோமாட்டின் இழை சிறிதாகவோ அல்லது பெரிதாகவோ இருக்கலாம். இவ்வாறு துணைக் கோளுள்ள குரோமசோம்களைத் துணைக்கோள் குரோமசோம்கள் (Sat-chromosomes) என்று அழைக்கிருர்கள். துணைக் கோள், இணைக்கும் குரோமாட்டின் இழை ஆகிய இவற்றின் உருவும் அளவும் ஒரு குறிப்பிட்ட குரோமசோமில் மாருமல் நிலையாக இருக்கின்றன (படம் 33).

உட்கருமணிச் சூழிடம் (Nucleolar Zone)

சில குரோமசோம்களில் துணைச் சுருக்கத்திற்கும் வேறு துணைச் சுருக்கத்திற்கும் வேறுபாடு தெரிவதில்லை. மற்றும் துணைச் சுருக்கத்துடன் உட்கருமணி தோன்றி அதனுடன் காணப்படுகின்றது. இத்தகைய பகுதிகள் உட்கருமணிச் சூழிடம் என்றழைக்கப்படுகின்றது. இவையே உட்கருமணி தூண்டியக்கும் கூறு (Nucleolar organizer) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

உட்கருமணி தோன்றுவதற்கும் குரோமசோமின் உட்கருமணி பகுதிக்கும் உள்ள தொடர்பைப்பற்றி நீண்ட காலம் வாதங்கள் நடைபெற்றன. இதிலிருந்து இரண்டு விதமான கருத்துகள் தோன்றின. (1) உட்கருமணிச் சூழிடத்தில் உருவ அமைப்பியல் வேறுபாடு காணப்படுகிறது. இதிலிருந்து உட்கருமணி தோன்றுகின்றது. (2) உட்கருமணி தோன்றலுடன் சம்பந்தப்படுகின்ற சிறப்பான பகுதியேதும் குரோமசோமில் இல்லை.

புதிய ஆராய்ச்சிகளின்படி உட்கருமணி தோன்றல்பற்றிய கோட்பாட்டினை மாற்றியமைக்க வேண்டியுள்ளது. உட்கருமணிச் சூழிடத்தில் குரோமாட்டின் பொருள்கள் குறைவாகவுள்ளன. இது மாறுபட்ட குரோமாட்டின் பகுதிகளைப் (heterochromatic segments) போன்று காணப்படுகின்றது. இதை ஆதாரமாகக் கொண்டு குரோமசோமின் மாறுபட்ட குரோமாட்டினுக்கும் உட்கருமணியின் தோற்றலுக்கும் தொடர்பிருப்பதாக நம்பப் படுகின்றது.

குரோமசோம்களின் அமைப்பு

குரோமசோம்களின் அமைப்பு, செல்லியல் முறைகளின் மூலம் காண்பதைவிட பௌதிக முறைகளின்மூலம் நன்ருகக் காணப்படுகின்றது.

நிலைநிறுத்தம் செய்யப்படாத குரோமசோம்களை ஆராயும் போது அவற்றினுள்ளே ஒரு சுருளிழை (coiled filament) இருப்பது தெளிவாகின்றது. இதற்கு நிறயிழை அல்லது குரோமோனீமா (Chromonema) என்று பெயர் (படம் 33). பின் தோற்ற நிலையிலும் மேல் தோற்ற நிலையிலும் (Metaphase and Anaphase) இவை திருகு நிறயிழைகளாகத் தோன்று கின்றன. இவற்றின் சுருள் அளவு, செல்பிரிவில் குரோமசோம் களின் நீளத்தைப் பொறுத்து அமைகின்றது. குன்றல் பகுப்பு முறை குரோமசோமில் (Meiotic chromosome) இரண்டு சுருள் இழைகள் காணப்படுகின்றன. (1) மூத்த சுருள் (major coil), இதில் பத்து முதல் முப்பதுவரை வட்டச் சுற்றுகளே (tyres) காணப்படுகின்றன. (2) இளையச் சுருள் (minor coil), இதில் பல வட்டச் சுற்றுகள் காணப்படுகின்றன.

குரோமசோமில் நுண்ணிய நார்போன்ற வளைந்த 500—600Å அளவு பருமனுடைய இழைகள் இருப்பதாக ஆராய்ச்சியின்மூலம் கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

சில குரோமசோம்களில் இரண்டு, நான்கு அல்லது அதற்கு ஏற்ற நிறயிழைகள் காணப்படுகின்றன. இது எடுத்துக் கொள்ளப்படும் செல்லைப் பொறுத்து அமைவதாகத் தெரிகின் றது. ஒரே உயிரியிலுள்ள பல இழைகளில் இவை பலவாருகக் காணப்படுகின்றன. சில விஞ்ஞானிகளின் கருத்துப்படி நிறயிழை சில நிலைகளில் ஒன்ருகவும் வேறுசில நிலைகளில் இரண்டாகவும் அல்லது நான்காகவும் காணப்படுகின்றன. மேல் தோற்றநிலை யின்போது இரண்டு நிறயிழைகளும் முன்பின் தோற்றநிலையிலும் (prometaphase) பின் தோற்ற நிலையிலும் (metaphase) நான்கு இழைகளாகவும் இவை காணப்படுகின்றன (படம் 34).

படம் 34.

எதிர்முகப் பகுப்பின்போது நிறயிழையின் அமைப்பு

(1) இடைநிலையில் (Interphase) நிறயிழை சுருள் சுருளாகக் காணப்படுகிறது.
(2) முன் தோற்ற நிலையின்போது இடையீட்டுப் பொருள் தோன்றுதல்.
[3] பின்தோற்ற நிலையின்போது இரு குரோமாட்டிடுகள் தோன்றுதல்.

குரோமசோம்களைச் சூழ்ந்து ஒரு மெல்லுறை (Pellicle) இருப்பதாகவும் நம்பப்படுகின்றது. இதற்குச் சில ஆதாரங்கள் இருப்பினும், உண்மையில் மெல்லுறை இருக்கின்றதா என்பது இன்னும் சந்தேகத்திற்கிடமாகவே உள்ளது. சில பெரும் குரோமசோம்களைச் சுற்றி (giant chromosomes) இத்தகைய மெல்லுறை இருப்பதாக நுண் அறுவை முறைகள்மூலம் (Micro-dissection) தெரியவருகின்றது.

குன்றல் பகுப்பு முறையில், முதல் நிலையில் நிறயிழையின் நெடுக்கிலும் மணிகள் போன்ற பகுதிகள் காணப்படுகின்றன. இப் பகுதிகளுக்கு நிறப்பகுதிகள் (chromomeres) என்று பெயர். இரண்டு நிறப்பகுதிகளுக்கிடையிலுள்ள இடத்திற்கு இடைநிறப் பகுதி (interchromomeres) என்று பெயர். நிறப் பகுதிகள் அமைந்திருக்கக்கூடிய இடமும் அவற்றின் அளவும் மாறுமல் இருக்கின்றன. இத்தகைய நிறப்பகுதிகள், ஜீன்கள் சேர்ந்திருக்கக்கூடிய பகுதியாகக் கருதப்படுகின்றது. காஸ்பர்சன் (Caspersson) கருத்துப்படி நிறயிழை என்ற புரத இழையின்மீது டீ ஆக்சிரிபோ உட்கரு அமிலங்கள் குவிந்திருக்கும் பகுதியாக, இது எண்ணப்படுகின்றது (படம் 35).

படம் 35.

நிறயிழையில் காணப்படும் நிறப்பகுதிகள் [chromomere]

நிறப்பகுதிகளுக்கிடையில் இடை நிறப்பகுதி [inter chromomere] காணப்படுகின்றது.

பெரும் குரோமசோம்கள் (Giant chromosomes)

இரண்டு வகையான குரோமசோம்கள், பெரும் குரோமசோம்கள் என்றழைக்கப்படுகின்றன.

1. பல கட்டுக் குரோமசோம்கள் (Polytene chromosomes).

2. லாம்பிரஷ் குரோமசோம்கள் (Lampbrush chromosomes).

பல கட்டுக் குரோமசோம்கள்

இவை பார்ப்பதற்குப் பல கட்டுகளையுடைய (band) குரோமசோம்களாகத் தெரிவதால் இவற்றுக்குப் பல கட்டுக் குரோமசோம்கள் என்று பெயர் வரலாயிற்று. இக் குரோம சோம்கள் ஈரிறக்கைப் பூச்சிகளின் (Dipterous insects), உமிழ் நீர்ச் சுரப்பிச் செல்களில் காணப்படுகின்றன. மற்றும் இவை இப் பூச்சிகளின் முன் குடல் (foregut), நடுக்குடல் (midgut), மால்பீஜியன் குழல்கள் (Malpighian tubules) ஆகிய பகுதி களிலும் காணப்படுகின்றன.

இக் குரோமசோம்களின் நெடுக்கிலும், அடுத்தடுத்துக் கருப்புக் கட்டுகளும் தெளிவான பகுதிகளும் காணப்படுகின்றன.

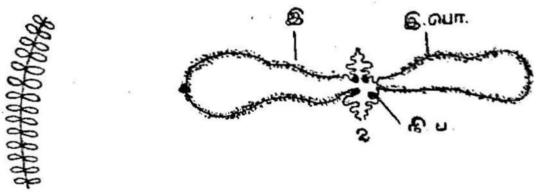
படம் 36. டிரோசோஃபிலா பூச்சியின் உமிழ் நீர்ச் சுரப்பியிலுள்ள ஓர் இணை பெரும் குரோமசோம்கள்.

இத் தெளிவான பகுதிகளுக்கு இடைக் கட்டுப்பகுதி (inter bands) என்று பெயர். கருத்த கட்டுப் பகுதிகள், குரோமாட்டினை நிறமாக்கும் சாயத்தின்மூலம் நிறமாக்கப்படு கின்றது. ஃபாயில்ஜன் கிரியைமூலமும் இது நிற மாக்கப் படுகிறது. கருத்த கட்டுப்பகுதிகள் அல்ட்ரா வயலெட் ஒளியை அதிகமாக உட்கிரகிக்கின்றன. இப் பகுதிகள் அகல மாகவோ, அல்லது குறுகியோ காணப்பட லாம். இப் பகுதிகள் கருத்த கட்டுப்பகுதி களாகத் தோன்றுவதற்குக் காரணம் நிறப் பகுதிகள் மிகுதியாக ஒன்று சேர்ந்திருப்பதே யாகும். இடைக்கட்டுப் பகுதிகள் நார் போன்ற அமைப்புடன் காணப்படுகின்றன. இப் பகுதிகள் ஃபாயில்ஜன் எதிரானவை; அல்ட்ரா வயலெட் மிகக் குறைவாக உட் கிரகிக்கின்றன (படம் 36).

ஓர் இனத்தில் ஒரு வகையைச் சேர்ந்த எல்லாக் குரோமசோம்களிலும் இக் கட்டு களின் இடவமைப்பும் எண்ணிக்கையும் ஒன்றாகக் காணப்படு கின்றன. டிரோசோஃபிலா குரோமசோம்களில் 6000 கட்டு களுக்கும் அதிகமாகக் காணப்படுகின்றன.

லாம்பிரஷ் குரோமசோம்கள்

லாம்பிரஷ் குரோமசோம்கள், மீன், நீர்நில வாழ்வன, ஊர்வன, பறப்பன, சில முதுகெலும்பற்றன ஆகியவற்றின் முட்டைகளில் காணப்படுகின்றன. குரோமசோம்களிலுள்ள நிறவிழைகளின் அளவு அதிகமாவதால் இத்தகைய குரோம சோம்கள் தோன்றுகின்றன. பரிசோதனைக்குழாய் பிரஷ் மாதிரி இக் குரோமசோமில் பல பக்கநீட்சிகள் இருக்கின்றன. எனவே—தான் இதற்கு லாம்பிரஷ் குரோமசோம் என்ற பெயர் வரலாயிற்று. இக் குரோமசோம்களின் மைய அச்சில் குறைந்தது நான்கு குரோமாட்டிட்களாவது (chromatids) இருக்கலாமென்று தெரிகிறது. இவற்றுடன் பக்க நீட்சிகள் இணைந்திருக்கின்றன (படம் 37).



படம் 37.

லாம்பிரஷ் குரோமசோம்கள்

1, லாம்பிரஷ் குரோமசோம், 2. லாம்பிரஷ் குரோமசோமின் ஒரு பகுதி பெரிதாக்கப் பட்டுள்ளது. இ—இழை; இ.—பொ இடையீட்டுப் பொருள்; நி.ப—நிறப்பகுதி

குரோமசோம்களின் குறிப்பிடத்தக்க தன்மைகள்

குரோமசோம்களின் குறிப்பிடத்தக்க மிக முக்கியமான தன்மைகள், அவற்றின் எண்ணிக்கை, சார்புப் பெருக்கம் (Relative dimension), அமைப்பு, நடத்தை முதலியனவாகும்.

ஓர் இனத்தில் குரோமசோம்களின் எண்ணிக்கை மாறாமல் இருக்கின்றது. இரு இனச் செல்களின் (gametes) சேர்க்கையால் தோன்றிய ஒவ்வோர் உயிரிகளிலும் (organisms) இரட்டை எண் (diploid number) குரோமசோம்கள் காணப்படுகின்றன; ஒவ்வொர் இனச் செல்லிலும் ஒற்றை எண் (haploid number) குரோமசோம்கள் உள்ளன. எனவே, இனச் செல்களில் (Somatic cells) இரட்டை எண்ணிக்கையும் இருக்கின்றன; எடுத்துக் காட்டாக, மனித இனத்தில் உடற் செல்களில் இரட்டை எண்ணிக்கைக் குரோமசோம்கள் 46 ஆகும். இது, இனச் செல்களிலுள்ள ஒற்றை எண்ணிக்கைக் குரோமசோம்கள்

23-ன் சேர்க்கையினுல் உண்டானதாகும். குரோமசோம்களின் மாருத எண்ணிக்கை தாவர - விலங்குகளின் பகுப்பியலில் (Taxonomy) முக்கியத்துவம் பெறுகின்றது.

பொதுவாக, குரோமசோம்களின் உருவம் குறிப்பிடத்தக்க வாறு அமைந்துள்ளன. இதன்மூலம் அவற்றைக் கண்டுபிடிப்பது எளிதாகின்றது. இருப்பினும், சில வகைகளில் ஒரு செல்லிலுள்ள குரோமசோம்களைத் தனித்தனியாகப் பிரிப்பது கடினமாக உள்ளது. இவற்றின் உருவைக் காண ஏற்ற சமயம் பின் தோற்ற நிலையும் மேல்தோற்ற நிலையின் முற்பகுதியுமாகும்.

குரோமசோம்களின் அளவும் மாருமல் காணப்படுகின்றது. இதைக்கொண்டு, இவற்றை எளிதாகப் பிரிக்கமுடிகின்றது. இவற்றின் சார்பு பெருக்கம் பொதுவாக வேறுபட்டாலும் அளவுகளில் ஒன்ருகவே காணப்படுகின்றன. இவற்றின் நீளம் 0.20 முதல் 50μ வரையிலும், விட்டம் 0.20 முதல் 2μ வரையும் இருக்கின்றன. மனித குரோமசோமின் சராசரி நீளம் 4 முதல் 6μ வரை உள்ளது.

13. புரத உற்பத்தி
(Protein Synthesis)

செல்லில் நடைபெறுகின்ற புரத உற்பத்தி டி என் ஏ-யினுல் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றது. டி என் ஏ புரத உற்பத்தியை இயக்கும்போது, அதன் வரிசை (sequence) ஐந்து நிலைகளாகக் காணப்படுகின்றது. (1) இரு டி என் ஏ இழைகளை strands இணைத்துக் கொண்டிருக்கும் ஹைடிரஜன் இணைப்புகள் விடுபடுதல்; (2) திருகு நிலையிலுள்ள ஒவ்வோர் இழையும் திருகுமாறி நேராதல். (3) டி என் ஏ இழையிலிருந்து ஆர் என் ஏ இழை தோன்றுதல். (4) உட்கருவில் இவ்வாறு தோன்றிய தூதுவர் ஆர் என் ஏ (messenger RNA) உட்கருவைவிட்டு சைட்டோபிளாசத்திற்கு வருதல். (5) ஏற்று ஆர் என் ஏ (transfer RNA) மூலம் தூதுவர் ஆர் என் ஏ-வுக்குக் கொண்டுவரப்பட்ட அமினோ அமிலங்கள் பாலிபெப்டைடுகளாக மாறுதல். இவ்வாறு சைட்டோபிளாசத்தில் புரதம் உற்பத்தியாகக்கூடிய இடம் ரிபோசோமாகும்.

ஜெனிடிக் கோட் (Genetic code) (அ) பண்பகத்தின் குறி

டி என் ஏ மூலக்கூறுகளின் அமைப்பு முன்பே விளக்கப்பட்டுள்ளது. இதில், உப்பு மூலங்கள் இணையாக அமைந்துள்ளன. அடினைன் தைமினேடு சேர்ந்தும், குவானின் சைடோசினேடு சேர்ந்தும் காணப்படுகின்றன. இத்தகைய டி என் ஏ மூலக்கூறு ஹைடிரஜனின் இணைப்பு விடுபட்டு இரு இழைகளாகப் பிரிகின்றன. பிரிந்த இவ் விழைகள் திருகுமாறி நேராகின்றன. இப்போது ஒவ்வோர் இழையும் தன்னைப்போல் மற்ருெரு பிரதியை உண்டாக்க முடியும்; அதே சமயத்தில் தூதுவர் ஆர் என் ஏ இழையையும் உண்டாக்க முடியும். ஒரு டி என் ஏ இழையிலிருந்து அதேபோன்ற மற்ருெரு பிரதியுண்டாகும் போது, முன்பு கூறியதைப்போல் உப்பு மூலங்கள் இணைகின்றன;

ஆனுல், டி என் ஏ இழையிலிருந்து ஆர் என் ஏ உண்டாகும் போது குவானின் சைட்டோசினேடும், அடினைன் யூராசிலோடும் கீழ்க் கண்டவாறு இணைகின்றன.

டி என் ஏ		ஆர் என் ஏ
தை	—	அ
கு	—	சை
கு	—	சை
அ	—	யூ
கு	—	சை
தை	—	அ
தை	—	அ
தை	—	அ
அ	—	யூ
அ	—	யூ
தை	—	அ
கு	—	சை
சை	—	கு
சை	—	கு
அ	—	யூ

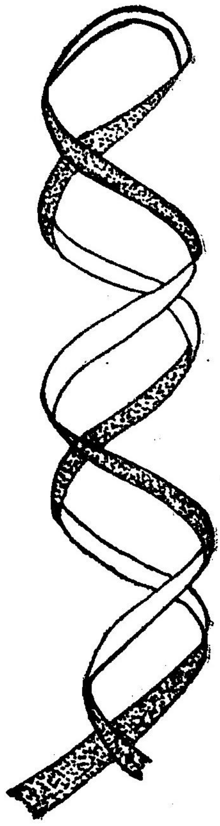
டி என் ஏ—விலிருந்து ஆர் என் ஏ தோன்றுதல்

டி என் ஏ மூலக்கூறில் அடினைனும் தைமினும் இணைந்துள்ளன; குவானினும் சைட்டோசினும் இணைந்துள்ளன. ஆனுல், ஆர் என் ஏ உண்டாகும் போது, டி என் ஏ-யிலுள்ள அடினின் ஆர் என் ஏ விலுள்ள யூராசிலுடன் இணைகின்றது.

இவ்வாறு தூதுவர் ஆர் என் ஏ உட்கருவில் தோன்றியவுடன் (தூ.ஆர்என்ஏ = m RNA) பிறகு சைட்டோபிளாசத்திற்கு வந்து ரிபோசோம்களுடன் சேர்ந்துகொள்கின்றன. தூதுவர் ஆர் என் ஏ விலுள்ள உப்புமூலங்களின் வரிசை (sequence) ஒரு குறிப்பிடத் தக்க வகையில் அமைந்துள்ளன. இந்த உப்புமூலங்களின் வரிசை அமைப்பே, உற்பத்தி செய்யப்படவேண்டிய புரதத்தி லுள்ள அமினே அமிலங்களின் வரிசையையும் நிர்ணயிக்கின்றது.

ஆனுல், இவ்வாறு நிர்ணயம் செய்வதற்கு மற்றோர் ஆர் என் ஏ–யின் உதவி இதற்குத் தேவைப்படுகிறது. இதற்கு ஏற்று ஆர் என் ஏ என்று பெயர். இதற்குக் கரையும் ஆர் என் ஏ (Soluble RNA=S.RNA) 'என்ற பெயரும் உண்டு. ஏற்று ஆர் என் ஏ, உட்கருவில் தோன்றி சைட்டோபிளாசத்திற்குவந்து அங்குள்ள அமினே அமிலங்களைத் தேர்ந்தெடுத்து ரிபோசோம்

இருக்குமிடத்திற்குக் கொண்டுவருவதாகக் கருதப்படுகின்றது. ஒரு குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலத்தை எடுத்து வருவதற்கு ஒரு குறிப்பிட்ட ஏற்று ஆர் என் ஏ இருப்பதாகவும் நம்பப்படுகின்றது. இவை சிறிய மூலக்கூறுகளாகும். இது ஆர் என் ஏ-யிலிருந்தும் வேறுபட்டு, திருகு அமைப்புடையதாகக் (helix) காணப்படுகின்றது. ஏற்று ஆர் என் ஏ-யின் திருகு ஒற்றை யிழையானது (single strand) மீண்டும் அதன் மீதே சுற்றித் திரும்புவதால், இது இரு திருகுடைய (double helix) அமைப்பாக மாறுகிறது (படம் 38).



படம் 38: ஏற்று ஆர் என் ஏ-யின் திருகு ஒற்றையிழை மீண்டும் அதன் மீதே சுற்றித் திரும்புவதால் இது இரு திருகுடைய அமைப்பைப் பெறுகின்றது.

இத்தகைய அமைப்புடைய ஏற்று ஆர் என் ஏ-யின் உதவியுடன், தூதுவர் ஆர் என் ஏ, அமினோ அமிலங்களின் சரியான வரிசையை நிர்ணயம்செய்து, புரத உற்பத்தியை இயக்குகின்றது. ஆனால், இதிலுள்ள பிரச்சினை, 20 அமினோ அமிலங்களின் சரியான வரிசையை நான்கு பேஸ்களால் மட்டும் எவ்வாறு கட்டுப்படுத்த முடிகின்றது என்பதேயாகும்.

சாதாரண கணிதத்தின்மூலம் இதற்கு விடைகாண முடிகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட பேஸ், ஒரு குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலத்தைக் கவர்ச்சி செய்வதாக வைத்துக் கொண்டால் (1 : 1 தொடர்பு) நான்கு விதமான அமினோ அமிலங்கள் மட்டுமே கவர்ச்சி செய்யப்பட்டு பெப்டைடாக மாறும். ஆனால், இருப்பதோ 20 விதமான அமினோ அமிலங்கள். இதற்கு ஏற்றவாறு 20 விதமான பேஸ்கள் இருந்தால், ஒரு பேஸுக்கு ஓர் அமினோ அமிலம் என்ற கருத்துப் பொருந்தும். ஆனால், நான்கு உப்பு மூலங்கள்மட்டும் இருப்பதால் இது பொருந்தாத ஒன்றாகிறது. இனி, இரண்டு உப்புமூலங்களுக்கு ஓர் அமினோ அமிலம் என்று கொண்டால், நான்கு உப்பு மூலங்களைக்கொண்டு மொத்தம் 16 விதமான

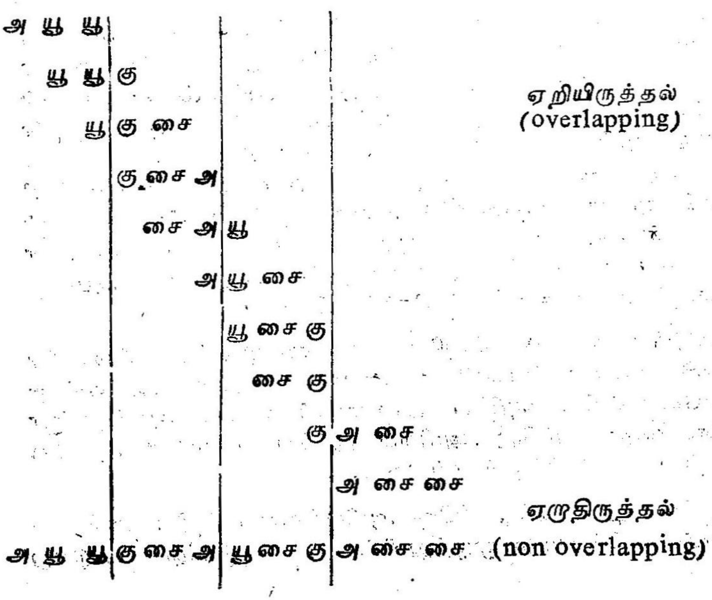
அட்டவணை 8.

குறி (கோட்) எழுத்துகளின் சேர்க்கைகள். ஓர் அமிலோ அமிலத்திற்கு ஓர் எழுத்து என்று கொண்டால் நான்கு உப்புமூலங்கள்மூலம் 4 சேர்க்கைகளும், இரண்டு எழுத்துகள் என்று கொண்டால் 16 சேர்க்கைகளும், மூன்று எழுத்துகள் என்று கொண்டால் 64 சேர்க்கைகளும் உண்டாகின்றன.

ஒற்றைக் கோட் (4 சொற்கள்)	இரட்டைக் கோட் (16 சொற்கள்)				மூன்று கோட் (64 சொற்கள்)			
அ	அ அ	அ கு	அ சை	அ யூ	அ அ அ	அ அ கு	அ அ சை	அ யூ அ
கு	கு அ	கு கு	கு சை	கு யூ	அ கு அ	அ கு கு	அ கு சை	அ கு யூ
சை	சை அ	சை கு	சை சை	சை யூ	அ சை அ	அ சை கு	அ சை சை	அ சை யூ
யூ	யூ அ	யூ கு	யூ சை	யூ யூ	அ யூ அ	அ யூ கு	அ யூ சை	அ யூ யூ
					கு அ அ	கு அ கு	கு அ சை	கு அ யூ
					கு கு அ	கு கு கு	கு கு சை	கு கு யூ
					கு சை அ	கு சை கு	கு சை சை	கு சை யூ
					கு யூ அ	கு யூ கு	கு யூ சை	கு யூ யூ
					சை அ அ	சை அ கு	சை அ சை	சை அ யூ
					சை கு அ	சை கு கு	சை கு சை	சை கு யூ
					சை சை அ	சை சை கு	சை சை சை	சை சை யூ
					சை யூ அ	சை யூ கு	சை யூ சை	சை யூ யூ
					யூ அ அ	யூ அ கு	யூ அ சை	யூ அ யூ
					யூ கு அ	யூ கு கு	யூ கு சை	யூ கு யூ
					யூ சை அ	யூ சை கு	யூ சை சை	யூ சை யூ
					யூ யூ அ	யூ யூ கு	யூ யூ சை	யூ யூ யூ

சேர்க்கைகளே (combinations) உண்டாகின்றன. இவை 16 விதமான அமினே அமிலங்களை மட்டுமே கவர முடியும். எனவே, இதுவும் இயலாத ஒன்ருகத் தோன்றுகிறது. அடுத்து, மூன்று உப்புமூலங்களுக்கு ஓர் அமினே அமிலம் என்று கொண்டால், நான்கு உப்புமூலங்களைக் கொண்டு, மொத்தம் 64 விதமான சேர்க்கைகள் உண்டாகின்றன என்று தெரிகின்றது (அட்டவணை 8). இது 20 விதமான அமினே அமிலங்களைக் கவரப் போதுமானதாகும்.

'கோட்' என்ற சொல்லிற்கு இங்கே கொள்ளப்படும் பொருள் 'ஒரு செய்தியைத் தெரிவிக்கக்கூடிய குறி அல்லது சைகை' என்பதேயாகும். தூதுவர் ஆர் என் ஏ-யில் உப்புமூலங்களின் வரிசைமூலம் செய்தியைத் தெரிவிக்கக்கூடிய ஒரு குறி அடங்கியிருப்பதால் இது பொருத்தமாகத் தூதுவர் ஆர் என் ஏ என்று அழைக்கப்படுகிறது. முதன்முதலில் ஜியார்ஜ் காமோ (George Gamow) என்பவர் இக் குறி அல்லது கோட் எவ்வாறு கொடுக்கப்படுகிறது என்பதை விவரித்தார். ஓர் அமினே அமிலத்திற்குரிய மூன்று உப்புமூலங்கள் அடங்கிய ஒரு குழுவிற்குக் கோடன் (Godon) என்று பெயர். காமோவின் கருத்துப்படி ஒவ்வொரு கோடனும் மூன்று உப்புமூலங்களைக் கொண்டுள்ளன; இதை அடுத்துள்ள கோடன்கள் ஒன்றன்மேல் ஒன்று ஏறி (overlapping) காணப்படுகின்றன. ஆனல், இப்போது கிடைத்துள்ள சில ஆதாரங்களைக்கொண்டு கோடன்கள் ஒன்றன்மேல் ஒன்று ஏறிக் காணப்படவில்லை என்று (non overlapping) தெரிகின்றது.



ஜெனிடிக் கோட் (ஜீனின் குறி): மூன்று உப்புமூலங்களைக் கொண்டு ஏறியுள்ள கோடன்களும், ஏறுதிருக்கும் கோடன்களும் காட்டப்பட்டுள்ளன.

புரத உற்பத்தி

புரத உற்பத்தியின் முதல்நிலை, அமினோ அமிலம் மாற்று ஆர் என் ஏ-யுடன் சேர்ந்துகொள்வதாகும். இவ்வாறு சேர்ந்து கொள்வது, அமினோ அமிலம் ஏ டி பி (ATP)-யின் மூலமும் அமினோ அமிலம் இபக்கு நொதிமூலமும் (Amino acid activation enzyme) இயக்கப்படுவதைப் பொறுத்ததாகும்.

ஏற்ற ஆர் என் ஏ-யின் திருகு வால்முனையிலுள்ள மூன்றெழுத்துக்குறி, ஒரு குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலத்திற்குரிய தாகும். எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலத்துடன் ஏற்று ஆர் என் ஏ ரிபோசோமிற்கு வருகின்றது. இங்கு தூதுவர் ஆர் என் ஏ உள்ளது. தூதுவர் ஆர் என் ஏ-யிலுள்ள மூன்றெழுத்துக் குறி, ஏற்று ஆர் என் ஏ-யின் தலைப்பகுதியிலுள்ள மூன்றெழுத்துக் குறிக்குரியதாகும். இப்போது, அமினோ அமிலத்தைக் கொண்டுவந்த ஏற்று ஆர் என் ஏ, தூதுவர் ஆர் என் ஏ-யுடன் சேர்ந்துகொள்கின்றது. அதாவது, புரத உற்பத்தியில் முதல் அமினோ அமிலம் உண்டாக்கப்பட்டு விட்டது.

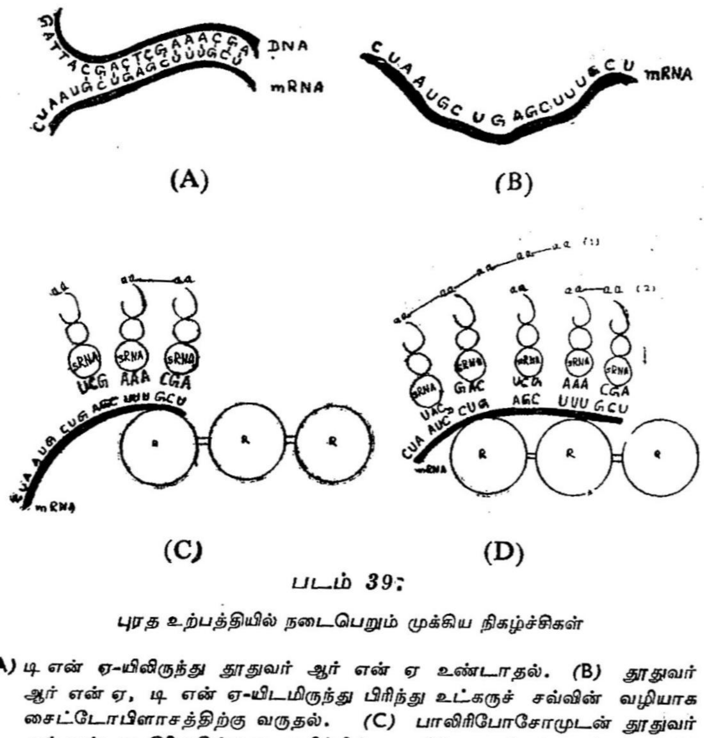
இதே வகையில் பல ஏற்று ஆர் என் ஏ-க்கள் ஒவ்வொரு குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலங்களைச் சேர்த்துக்கொண்டு ரிபோசோமை நோக்கி ஓடிவந்து தூதுவர் ஆர் என் ஏ அருகில் வருகின்றன. புரத உற்பத்தியில் அமையவேண்டிய இரண்டாவது அமினோ அமிலத்தைச் சேர்த்துக்கொண்டு வந்துள்ள ஏற்று ஆர் என் ஏ-யைத் தூதுவர் ஆர் என் ஏ 'படித்து' (மூன்றெழுத்துக் குறிமூலம்) அதைத் தன்னுடன் சேர்த்துக் கொள்கின்றது. அதாவது, புரத உற்பத்தியில் தேவையான இரண்டாவது அமினோ அமிலம் இப்போது முதல் அமினோ அமிலத்திற்கு அருகில் வந்து சேர்ந்துவிட்டது.

அடுத்து, ரிபோசோம், நியூக்ளியோடைடுகளின் வரிசைகளை நோக்கி அசைவதன்மூலமோ அல்லது தூதுவர் ஆர் என் ஏ ரிபோசோம்களின் வழியே அசைவதன்மூலமோ அருகிலுள்ள இரண்டாவது அமினோ அமிலம் இப்போது முதல் அமினோ அமிலத்துடன் சேர்ந்துகொள்கிறது.

இப்போது, முதல் அமினோ அமிலத்தை ஏற்றிவந்த ஏற்று ஆர் என் ஏ-யின் வேலை முடிந்துவிட்டதால், அதிலிருந்து விடுபடு

கின்றது. அதாவது புரத உற்பத்தியில் இரண்டு அமினோ அமிலங்கள் உற்பத்தியாகிவிட்டன.

இதே முறையில் தேவையான அமினோ அமிலங்கள், அடுத்தடுத்து ரிபோசோம்கள் தூதுவர் ஆர் என் ஏ-யின் குறுக்கே அசைவதால் ஒன்றாக இணைக்கப்பட்டு ஒவ்வொரு ரிபோசோமும் ஒரு புரத மூலக்கூறை உற்பத்தி செய்கின்றது (படம் 39.)



படம் 39.

புரத உற்பத்தியில் நடைபெறும் முக்கிய நிகழ்ச்சிகள்

(A) டி என் ஏ-யிலிருந்து தூதுவர் ஆர் என் ஏ உண்டாதல். (B) தூதுவர் ஆர் என் ஏ, டி என் ஏ-யிடமிருந்து பிரிந்து உட்கருச் சவ்வின் வழியாக சைட்டோபிளாசத்திற்கு வருதல். (C) பாலிரிபோசோமுடன் தூதுவர் ஆர் என் ஏ இணைகின்றது. குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலத்தை (aa) ஏற்றிக் கொண்டு வந்திருக்கும் ஏற்று ஆர் என் ஏ உப்புமூல இணைமூலம் தூதுவர் ஆர் என் ஏ-யுடன் சேர்கின்றது. (D) தூதுவர் ஆர் என் ஏ, ரிபோசோம்களின் குறுக்காக அசைகின்றது. முதல் வரிசையில் (1) மொத்தம் ஐந்து மூன்றெழுத்துக் கோடன்கள் முதல் ரிபோசோமைக்கடந்து வருவதால் அதில் ஐந்து அமினோ அமிலங்கள்கொண்ட புரதச் சங்கிலி காணப்படுகிறது. இரண்டாவது வரிசையில் (2) மொத்தம் இரண்டு மூன்றெழுத்துக் கோடன்கள் இரண்டாவது ரிபோசோமைக் கடப்பதால் அதில் இரண்டு அமினோ அமிலங்கள் கொண்ட புரதச் சங்கிலி தோன்றுகிறது. மூன்றாவது அமினோ அமிலம் அதனுடன் சேர்வதற்குத் தயாராகவுள்ளது.

இதிலிருந்து புரத உற்பத்தியில் அதனுடைய வரிசையமைப்பு கோடன்கள்மூலம் நிர்ணயிக்கப்படுகின்றது என்று விளங்குகின்றது. இக் கோடன்கள் மூன்று உப்புமூலங்களைக் கொண்டு, குழுவாகத் தூதுவர் ஆர்என்ஏ-யில் அடங்கியுள்ளது; இதிலிருந்து புரத உற்பத்திக்கும் ஆர் என் ஏ-யிற்குமுள்ள மிக நெருங்கிய உறவு புலனாகின்றது.

மூன்றெழுத்துகளைக் கொண்டு, நான்கு உப்புமூலங்கள் மூலம் மொத்தம் 64 சேர்க்கைகள் (கோடன்கள்) அல்லது மூன்றெழுத்துக் குறிகள் தோன்றுவதை முன்பே கண்டோம். இவற்றின் 20 மூன்றெழுத்துக் குறிகள் 20 அமினோ அமிலங்களைக் கவருவதாகக் கொண்டால் மீதியுள்ள 44 மூன்றெழுத்துக் குறிகளும் வேலையின்றிக் காணப்படுகின்றன. இதற்குக் கிரிக்கும் (Crick) வேறு சிலரும் ஒரு கருத்தை வெளியிட்டுள்ளனர். இதன்படி, இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட மூன்றெழுத்துக் குறிகள் ஓர் அமினோ அமிலத்தைக் கவரக் கூடியதாக அமையலாமென்றும் வேறு சில குறிகள் புரத உற்பத்தியைத் 'தொடக்கி வைப்பதற்கும், உற்பத்தி முடிந்தவுடன் அதை, நிறுத்து' வதற்கும் பயன்படுவதாகவும் கருதப்படுகின்றன.

14. செல் வளர்ச்சியும் எதிர்முகப் பகுப்புமுறையும்
(Cell Growth and Mitosis)

தாவரத்தின் செல்களிலோ அல்லது விலங்கின் செல்களிலோ அதன் எண்ணிக்கை மிகுதியாகும்போதுவளர்ச்சி ஏற்படுகின்றது. எடுத்துக் காட்டாக, ஒற்றைச் செல்லாகிய ஒரு முட்டை கருவுற்ற பிறகு இரண்டு செல்களாகப் பிரிந்து, மீண்டும் நான்கு செல்களாகப் பிரிந்து, கடைசியில் எண்ணற்ற செல்களாகப் பிரிந்து ஒரு குறிப்பிட்ட உயிரியாக வளர்ச்சியடைகின்றது. இதிலிருந்து, வளர்ச்சியானது செல் பிரிதலின் (cell division) அடிப்படையில் நிகழ்வதாகத் தெரிகின்றது.

புரதம், கார்போஹைடிரேட்டு, கொழுப்புப்போன்ற அங்ககப் பொருள்களின் உற்பத்தியினுல், செல் வளர்ச்சியடைகின்றது. தாவரச் செல்கள் அனங்ககப் பொருள்களை (inorganic substance) ஒளிச் சேர்க்கைமூலம் கார்போஹைடிரேட்டுகளாக மாற்றுகின்றன. ஆனுல், விலங்குகள் இவற்றைத் தாவரங்களிடமிருந்தே பெறுகின்றன. தாவரங்களிடமிருந்து கிடைக்கக்கூடிய அடிப்படைப் பொருள்களான ஒற்றைச் சாக்கரைடுகள், அமினே அமிலங்கள், கொழுப்பு அமிலங்கள் ஆகிய இவற்றினுல் உயிர்த் தாது உண்டாக்கப்பட்டு செல் வளர்ச்சியடைகின்றது. இத்தகைய வளர்ச்சிக்குரிய இரசாயனக் கிரியைகள் யாவும் நொதிகளையே சார்ந்துள்ளன. புரதங்களாலான இந் நொதிகள் யாவும் டி என் ஏ குறிகளின் (DNA coding)மூலம் உண்டாக்கப் படுகின்றன.

செல்லில் நடைபெறும் உற்பத்தி முறைகளினுல் (Synthetic processes) உண்டாக்கப்படும் பொருள்களினுல் உட்கருவின் கொள்ளளவும் செல்லின் கொள்ளளவும் அதிகமாகின்றன. உட்கரு பிளாசத்திற்கும் சைட்டோ பிளாசத்திற்குமுள்ள தொடர்பு முன்பே விளக்கப்பட்டுள்ளது.

இவ்வாறு செல் சிறிது சிறிதாக ஒரு நுண்ணிய நிலையை (critical stage) அடைகின்றது. இந் நிலையை எய்தியவுடன் செல்லில் நடைபெறுகின்ற எல்லா உற்பத்தி முறைகளும் திடீரென்று நிறுத்தப்படுகின்றன. ஆனால், அதே சமயத்தில் செல் பிரிதலுக்குரிய மாற்றங்கள் ஆரம்பமாகின்றன: சென்ட்ரோசோம் பிரிகின்றது; உட்கருவில் மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. கடைசியில் செல் இரண்டாகப் பிரிகின்றது. இவ்வாறு பிரிந்த இரண்டு செல்களும் மீண்டும் பழைய நிலையை அடைந்து வளரத் தொடங்குகின்றன; பல செல் உயிரினங்களில், புதிதாகத் தோன்றிய இளமையான செல்கள் மீண்டும் பிரியாமல் வளர்ச்சியுற்றுச் சிறப்புத் தன்மையை அடைகின்றன. ஆனால், அதே சமயத்தில் சில செல்கள் இறக்க நேரிடுகின்றன. எடுத்துக் காட்டாக, தோலிலுள்ள செல்கள், இரத்த உயிரணுக்கள் ஆகியவை இறக்க நேரிடுகின்றன. இறப்பதனால் ஏற்படும் இழப்பு, புதிய செல்கள் தோன்றுவதன்மூலம் பூர்த்தி செய்யப்படுகின்றது.

செல் பகுப்பு (Cell division)

ஒரு செல் இரண்டாகப் பிரிவதற்குச் செல் பகுப்பு என்று பெயர். ஒற்றைச் செல் உயிரிகளில் (unicellular organisms) செல் பகுப்பு நேரிடை முறையில் நடைபெறுகின்றது. இவ் வுயிரிகளிலுள்ள உட்கருவில் ஒரு சுருக்கம் ஏற்பட்டு இரண்டு பகுதிகளாக சைட்டோபிளாசத்துடன் பிரிகின்றது. இவ்வாறு தோன்றிய இரு செல்களும் இரு உயிரிகளாக இயங்குகின்றன. இப் பகுப்பில் உட்கரு நேரிடையாகப் பிரிவதனால் இதற்கு நேர்முகப் பகுப்பு (direct nuclear division or amitosis) என்று பெயர்.

பல செல் உயிரிகளில் உட்கரு நேரிடையாகப் பிரியாமல் மறை முகமாகப் பிரிகின்றது. இத்தகைய பகுப்பு எதிர்முகப் பகுப்பு (mitosis) முறை என்றழைக்கப்படுகின்றது. இது உடற் செல்களில் (somatic cells) நடைபெறுகின்றது. இனப் பெருக்க உறுப்புகளில்—விந்தகம் அல்லது முட்டையகம்—நிகழும் பகுப்பு முறைக்குக் குன்றல் பகுப்பு முறை (meiosis) என்று பெயர்.

எதிர்முகப் பகுப்புமுறை (Mitosis)

எதிர்முகப் பகுப்புமுறை, ஒரு தொடர்ச்சியான நிகழ்ச்சியாக இருந்தபோதிலும் தெளிவாக அறியும் பொருட்டு முக்கியமாக நான்கு நிலைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. (1) முதல் நிலை (முன் தோற்ற நிலை-prophase). (2) நடு நிலை (பின் தோற்ற நிலை

metaphase). (3) முன் கடை நிலை (மேல் தோற்ற நிலை—anaphase) (4) கடை நிலை (முனைத் தோற்ற நிலை—telophase).

முதல் நிலை (முன் தோற்ற நிலை—Prophase)

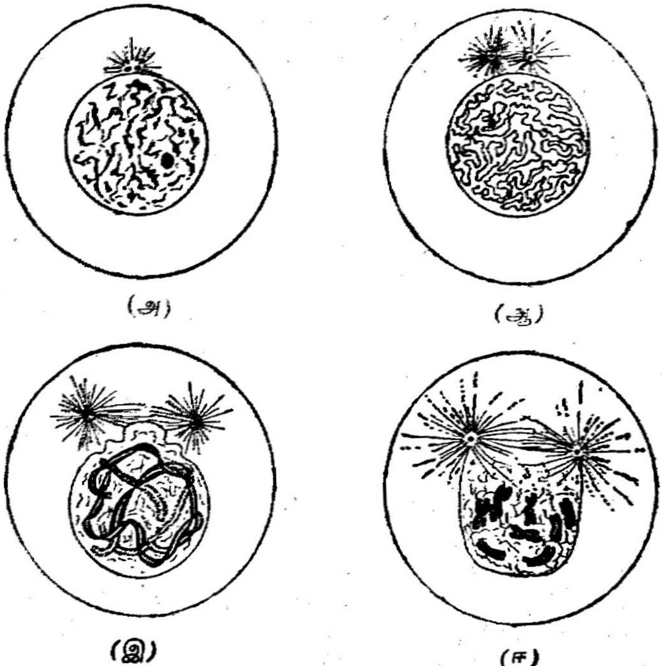
எதிர்முகப் பகுப்பு, செல்லில் தொடங்கியவுடன் பல மாற்றங்கள் உட்கருவிலும் சைட்டோபிளாசத்திலும் ஏற்படுகின்றன. முதலில் ஏற்படக்கூடிய தெளிவான மாற்றம் குரோமாட்டின் பொருள்கள் சிறு குச்சிகள் போன்று மாறுவதாகும் (படம் 40 அ).

முதல் நிலையின் முற்பகுதியில் (early prophase) நிறப் பொருள் இழைகள் (chromatin threads) மேலும் மேலும் சுருங்கிப் பருமனுகின்றன. இச் சமயத்தில், இவை அதிகமாக நிறமேற்கின்றன இவ்வாறு சுருக்கமடைந்த குச்சிகள் போன்ற நிறப் பொருள் இழைகள் ஒவ்வொன்றும் இப்போது இரண்டு இழைகளாக ஒத்த அமைப்புடன் காணப்படுகின்றன (படம் 40 இ). இவை குரோமாட்டிடுகளாகும் (chromatids). எனவே, குரோமாட்டிடுகள், நிறப் பொருள் இழைகள் இரண்டாகப் பிரிவதன்மூலம் தோன்றுகின்றன. சுருளுதல்முறைமூலம் (process of coiling) குரோமாட்டிடுகள் மேலும் சிறிதாகின்றன. இவ்வாறு ஒன்றையொன்று பின்னிக்கொண்டு காணப்படும் ஒத்த அமைப்புடைய இரு குரோமாட்டிடுகளும் சேர்ந்து ஒரு குரோமசோமாகும் (படம் 40 ஈ). எதிர்முகப் பகுப்பு முறை தொடங்கும் போதிருந்த நீளத்தில் சுமார் $\frac{1}{10}$ லிருந்து $\frac{1}{20}$ வரை நீளமே அவை முதல்நிலையின் பிற்பகுதியில் (late prophase) கொண்டுள்ளன. இரண்டு குரோமாட்டிடுகளும் இப்போது ஒன்றன் பக்கத்தில் ஒன்ருக ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் மையப் பகுதிமூலம் (centromere) இணைக்கப்பட்டுக் காணப்படுகின்றன.

இரு குரோமாட்டிடுகள், குரோமசோம்கள் இரண்டாகப் பிரிவதன்மூலம் தோன்றுவதாகக் காணப்பட்டாலும் உண்மையில் இது டி என் ஏ உற்பத்தியின் (DNA synthesis)மூலம் உண்டாவதேயாகும். உட்கரு ஓய்வு நிலையில் இருக்கும்போது, டி என் ஏ உற்பத்தி நடைபெறுகின்றது. இது எவ்வாறு நிகழ்கின்றது என்பது முன்பே விளக்கப்பட்டுள்ளது.

முதல் நிலையில் ஏற்படும் மற்றெரு முக்கிய மாறுதல் உட்கருமணியில் (nucleolus) நிகழ்வதாகும். இது ஆரம்ப நிலையில் சிறிது சிறிதாக அளவில் குறைந்து கொண்டே வந்து கடைசியில் கறைந்து விடுகின்றது (படம் 40). இரண்டாகப் பிரிந்துள்ள

சென்ட்ரோசோம்கள் (மையப் பொருள்), இரண்டு நடுத்துகள்களாக (centrioles) செல்லின் இரு எதிர் முனைகளுக்குச்



படம் 40.

எதிர்முகப் பகுப்புமுறையின் முன்தோற்றநிலை

உட்கருவிலும் சைட்டோபிளாசத்திலும் பல மாற்றங்கள் நிகழ்கின்றன (அ, ஆ, இ, ஈ).

செல்கின்றன (படம் 40). இவ்வாறு அவை எதிர் முனையை நோக்கிச் செல்லும்போது, நட்சத்திரக் கதிர்கள் (astral rays) போன்ற அமைப்பை உண்டாக்குகின்றன. இவற்றின் அமைப்பு முன்பே விளக்கப்பட்டுள்ளது.

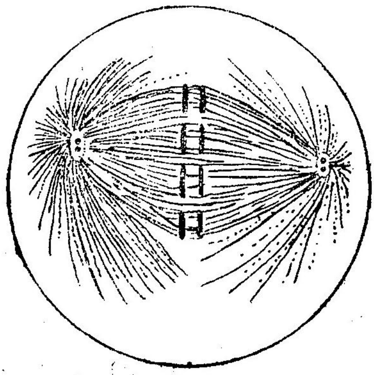
முதல் நிலையின் முற்பகுதியில் தெளிவாகத் தெரிந்த உட்கருச் சவ்வு, வர வர மெல்லியதாகி கடைசியில் முழுதும் மறைந்து விடுகின்றது.

நடுநிலை (பின்தோற்ற நிலை Metaphase)

எதிர்முகப் பகுப்பு முறையின் இரண்டாவது நிலையில் குரோமசோம்கள் கதிரமைப்பின் மத்திய ரேகைப் பகுதியில்

(equatorial plane) காணப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு குரோமசோமும் சுற்றிக் கொண்டுள்ள ஆனால் தனித்தனியான இரு குரோமாட்டிடுகளுடன் காணப்படுகின்றன. இவை மையப் பகுதி மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளன; மையப் பகுதிகள் கதிரமைப்புடன் (spindle structure) இணைந்துள்ளன.

இவ்வாறு மத்திய ரேகை சமதளத்தில் அமைந்துள்ள குரோமசோம்கள் முனைகளை நோக்கிச் செல்லும் அசைவிற்குப் பின் தோற்ற நிலை இயக்கம் (metakinesis) என்று பெயர். இந்த இயக்கம் எவ்வாறு நடைபெறுகின்றது என்று இன்னும் தெளிவாகவில்லை. ஒரு பழைய கோட்பாட்டின்படி, எதிர்முகப் பகுப்பு மையங்களின் (mitotic centres) இயக்கங்களினால் இது நடைபெறுவதாக நம்பப்படுகின்றது. ஆனால், பழைய கோட்பாட்டின்படி, எதிர்முகப் பகுப்பு மையங்களிலுள்ள கதிர்களினால் குரோமசோம்கள் அசைவதாகக் கருதப்படுகின்றது (படம் 41).



படம் 41.

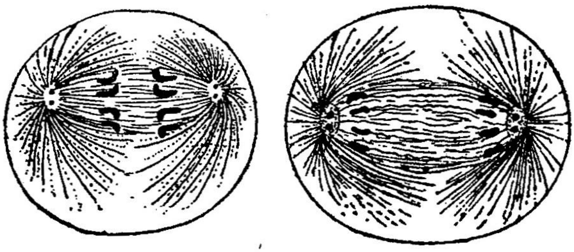
பின்தோற்ற நிலை

குரோமசோம்கள் கதிரமைப்பின் மத்தியரேகைப் பகுதியில் காணப்படுகின்றன.

முன் கடை நிலை (மேல்தோற்ற நிலை—Anaphase)

எதிர்முகப் பகுப்புமுறையின் மூன்றாவது நிலை தொடங்கும் பொழுது மையப்பகுதி பிளவுறுகின்றது. மையப்பகுதிகள் மூலம் குரோமாட்டிடுகள் இணைக்கப்பட்டிருப்பதால் அவை பிளவுறும்போது, ஒரு குரோமசோமின் ஒத்த அமைப்புடைய இரு குரோமாட்டிடுகளும் தனித் தனியாகப் பிரிந்து எதிர் முனைகளை நோக்கி அசையத் தொடங்குகின்றன. இவ்வாறு

முனைகளை நோக்கிச் செல்லும் குரோமாட்டிடுகள் 'V' போன்ற உருவில் முனைகளை நோக்கிக் காணப்படுகின்றன. இவ்வாறு இவை காணப்படுவதற்குக் காரணம் பாகு நிலையிலுள்ள உயிர்த் தாதுவின் வழியே குரோமாட்டிடுகள் தனித்தனியான கதிர்கள் சுருங்குவதன்மூலம் இழுக்கப்படுவதேயாகும் என்று நம்பப்படுகின்றது. எக்ஸ் கதிர்களைப் பயன்படுத்துவதனால் உண்டாகின்ற மையப்பகுதிகளற்ற குரோமசோம்கள் மேற்கூறிய முறையில் அசைய முடிவதில்லை. இச் சோதனை குரோமசோம்கள் கதிர்களின் இயக்கங்களினாலேயே அசைகின்றன என்பதை விளக்குகின்றது. மேலும் குரோமசோம்களின் அசைவில் நடுத்துகள்களும் (centrioles) பங்கேற்கின்றன (படம் 42).



(அ) (ஆ)

படம் 42.

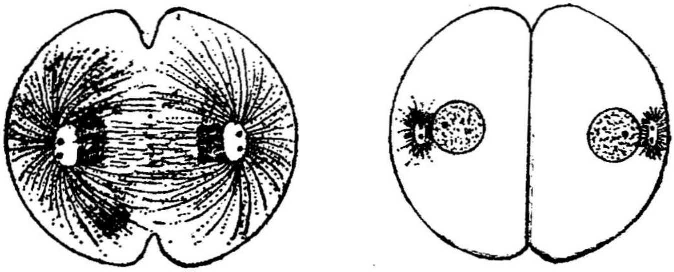
மேல் தோற்ற நிலையின் முற்பகுதியும் [அ] பிற்பகுதியும் [ஆ]

கடை நிலை (முனைத் தோற்ற நிலை—Telophase)

எதிர்முகப்பகுப்புமுறையின் கடைசி நிலையில் அடுத்தடுத்துப் பல நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறுகின்றன இந் நிகழ்ச்சிகள் யாவும் முதல்நிலையில் நிகழ்வனவற்றிற்குத் தலைகீழானவையாகும். எதிர் முனைகளுக்குச் சென்ற குரோமாட்டிடுகள், குரோமாட்டின் பொருள்களாக மாறுகின்றன; அதே சமயத்தில் உட்கருமணியும் உட்கருச் சவ்வும் மீண்டும் தோன்ற ஆரம்பிக்கின்றன. கதிரமைப்பும் சிறிது சிறிதாக மறையத் தொடங்குகின்றது.

கடை (முனைத் தோற்ற) நிலையின் கடைசிப் பகுதியில் இரு புதிய ஒய்வு நிலை உட்கருக்கள் தோன்றுகின்றன. இவ்விரண்டு உட்கருகளிலும் ஒத்தமைப்புடையக் குரோமசோம்கள் உள்ளன;

ஏனவே, ஒத்தமைப்புடைய டி என் ஏ இதில் இருக்கின்றது என்பது தெளிவாகிறது (படம் 43).



(அ) (ஆ)

படம் 43.

முனைத்தோற்ற நிலை

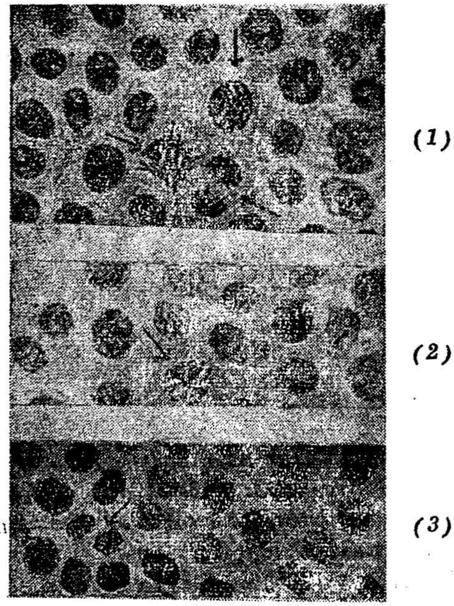
(அ) குரோமசோம்கள் எதிர்முனைகளுக்குச் செல்கின்றன. (ஆ) இரு புதிய ஓய்வு நிலை உட்கருக்கள் தோன்றுகின்றன.

சைட்டோபிளாசம் பிரிதல்

மேல்தோற்ற நிலையின் கடைசிப்பகுதியில் இரு உட்கருக்கள் தோன்றும்போதே சைட்டோபிளாசமும் பிரியத் தொடங்குகின்றது. பெரும்பாலான செல்களில் சைட்டோபிளாசப் பிரிவு மேல்தோற்ற நிலையின்பொழுதோ அல்லது இந் நிலை முடிந்த பிறகோ நிகழ்கின்றது. சில சூழ்நிலைகளில் உட்கரு பிளவுறும் வேகம் சைட்டோபிளாசம்:பிளவுறும் வேகத்தைவிட அதிகமாகவுள்ளது.

தாவரச் செல்களிலும் விலங்குச் செல்களிலும் சைட்டோபிளாசம் வெவ்வேறு முறைகளில் பிரிகின்றது. விலங்குச் செல்களில், செல் சவ்வில் பள்ளம் உண்டாகும் முறைமூலம் (process of furrowing) சைட்டேப்பிளாசம் பிரிகின்றது. இப் பள்ளம் செல்லின் மத்தியரேகை சமதலத்தில் ஏற்படுகின்றது. இப் பள்ளம் சிறிது சிறிதாக ஆழமாகிச் சென்று வழியிலுள்ள கதிர்களைச் சிதைக்கின்றது. கடைசியில் இப் பள்ளம் இறுகுவதன் மூலம் செல் இரண்டாகப் பிரிகின்றது (படம் 43 அ). இதை ஒரு பலூன் உதாரணத்தைக் கொண்டு உணரலாம். பலூனின் மத்தியில் ஒரு நூலைக்கட்டி இறுக்கினால் அது எவ்வாறு இரண்டாகப் பிரிகின்றதோ அதுபோல் செல் இரண்டாகப் பிரிகின்றது (படம் 43).

தாவரச் செல்களில் மத்தியரேகை சமதலத்தில் ஒரு சவ்வு உண்டாகின்றது. இதற்குச் செல் தட்டு (Cell plate) என்று பெயர். இதன்மூலம் தாவரச்செல் இரண்டாகப் பிரிகின்றது. சமீபத்திய ஆராய்ச்சிகள்மூலம் செல் தட்டு உயிர்த்தாது வலை மூலம் உண்டாவதாகத் தெரிகின்றது (படம் 43-1).



படம் 43–1.

வெங்காய வேர் நுனியில் நிகழும் எதிர்முகப் பகுப்பு

(1) ஒரு செல் முன்தோற்ற நிலையிலும், மற்றொன்று மேல் தோற்ற நிலையிலும், இன்னொன்று முனைத் தோற்ற நிலையிலும் காணப்படுகின்றன. (2) ஒரு செல் பின்தோற்ற நிலையிலுள்ளது. (3) சைட்டோ பிளாசம் பிரிந்து இரண்டு செல்கள் தோன்றுவதை ஒரு செல் காட்டுகின்றது. [டாக்டர் வி. ஸ்ரீராமுலு அவர்களிடமிருந்து நன்றியுடன் பெற்றது].

எதிர்முகப் பகுப்புமுறையின் முக்கியத்துவம் (Significance of Mitosis)

எதிர்முகப் பகுப்புமுறையின்மூலம் இரண்டாக்கப்பட்ட குரோமசோம்கள் சமமாகப் பிரியும் செல்களுக்கு அனுப்பப்படுகின்றன. குரோமசோம்களின் வகைகளும் எண்ணிக்கையும் இரண்டு செல்களிலும் ஒன்றாகக் காணப்படுகின்றன; எனவே, புதிதாகத் தோன்றிய இரு செல்களிலும் ஜீன் அமைப்பு ஒன்றாகக்

காணப்படுவதால் இவை பெற்றோர் செல்களின் (parent cells) வேலைகளையும் அமைப்புகளையுமே கொண்டுள்ளன. இதிலிருந்து, ஒரு செல்லிலிருந்து மற்றொரு செல்லிற்கு மரபுவழியடைதல் (inheritance) நடைபெறும் வழியாகவும் இது அமைகின்றது; பெரும்பாலான ஒற்றைச்செல் விலங்குகளில் எதிர்முகப் பகுப்பு முறையே இனப்பெருக்க முறையாக அமைகின்றது. இங்குத் தலைமுறை தலைமுறையான மரபுவழிக்கு இதுவே காரணமாகிறது.

எதிர்முகப் பகுப்புமுறைமூலம் இறந்துபோகும் செல்களின் இழப்பு (உணவுப்பாதையிலுள்ள செல்கள், தோல் செல்கள், இரத்தச் சிவப்பு உயிரணுக்கள்) அவ்வப்போது பூர்த்தி செய்யப் படுகின்றது.

15. இனச்செல் முதிர்வழியும் குன்றல் பகுப்புமுறையும் (Gametogenesis and Meiosis)

பலசெல் உயிரிகளில் பலவகையான இழையச் செல்கள் அல்லது திசுச் செல்கள் காணப்படுகின்றன. தொழிலைப் பொறுத்து இவற்றை இருவகைகளாகப் பிரிக்கலாம். (1) வளர் சிதைமாற்றப் பணிகளில் ஈடுபடும் உடற்செல்கள் (somatic cells). (2) இனப்பெருக்கப் பணியில் ஈடுபடும் இனச் செல்கள் (germ cells or gametes). இரண்டாவது வகையைச் சேர்ந்த இனச்செல்கள் எவ்வாறு முதிர்ச்சியடைந்து இனச் செல்களாக மாறுகின்றன என்பதை விளக்கும் முறையே இனச்செல் முதிர் வழியாகும்.

இனச் செல் முதிர்வழி (Gametogenesis)

இனச்செல்களில் இருவகைகள் உள்ளன: (1) ஆணினச் செல் அல்லது விந்தணு; (2) பெண்ணினச் செல் அல்லது முட்டை. இவ்வாறு இனச் செல்கள் இருவகைகளாகப் பிரிந்திருப்பதால், இவை இரண்டும் சேர்வதன்மூலம் கருவுறுதல் (fertilization) நிகழ்கின்றது. கருவுற்ற முட்டைக்குக் கருமுட்டை (zygote) என்று பெயர். கருமுட்டையின்மூலமே—அதாவது எதிர்முகப் பகுப்புமுறையினமூலம்—பல புதிய செல்கள் தோன்றி வளர்ச்சியடைந்து கடைசியில் ஓர் உயிரியாகின்றது.

எனவே, விந்தணுவும் முட்டையும் சேர்ந்து வளர்ச்சியடைவதால் ஒரு புதிய தலைமுறை உண்டாகின்றது. இப் புதிய தலைமுறைக்குத் தேவையான மரபுவழிப் பொருள்கள் (hereditary material), அதாவது டி என் ஏ விந்தணுவில் பாதியளவும் முட்டையில் பாதியளவும் காணப்படுகின்றது. இவற்றின் சேர்க்கையால் டி என் ஏ-யின் அளவு முழுமையாகின்றது.

விந்தணுவும் முட்டையும், உருவிலும் தன்மைகளிலும் பல வேறுபாடுகளைக் கொண்டுள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக, விந்தணுவில் சைட்டோபிளாசம் மிகக் குறைவாகவும், ஆனால், முட்டையில் எதிர்கால வளர்ச்சிக்குத் தேவையான அளவில் மிக அதிகமாகவும் இருக்கின்றது; விந்தணு அசையும் தன்மையையும், முட்டை அசையாத் தன்மையையும் கொண்டுள்ளன.

விந்தணு முட்டையை நோக்கி அசைந்து சென்று அதைக் கருவுறச் செய்கின்றது. கருவுறுதல் நிகழ்ச்சியில் ஈடுபடாத விந்தணுக்கள் பிறகு அழிந்துவிடுகின்றன. முட்டை கருவுறாவிட்டால் அதுவும் இவ்வாறே அழிந்துவிடுகின்றது. ஓர் இனத்தைச் சேர்ந்த (species) விந்தணு அதே இனத்தைச் சேர்ந்த முட்டையை மட்டுமே கருவுறச் செய்கின்றது.

இத்தகைய தன்மைகளையுடைய விந்தணுக்களும் முட்டைகளும் தனித்தனியாக இனப்பெருக்க உறுப்புகளில் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. விந்தணுக்கள் விந்தகத்திலும் (testis,) முட்டைகள் முட்டையகத்திலும் (ovary) உற்பத்தியாகின்றன. இனச் செல்களாக மாறக்கூடிய தாய்ச் செல்கள் (mother cells) இரட்டை எண் குரோமசோம்களைப் (diploid number of chromosomes) பெற்றிருக்கின்றன. இவை இனச் செல்களாக மாறும்போது குரோமசோம்களின் எண்ணிக்கை இரட்டையிலிருந்து ஒற்றையாக (haploid) மாறுகின்றது. இத்தகைய மாற்றம் குன்றல் பகுப்புமுறைமூலம் (meiosis) நிகழ்கின்றது.

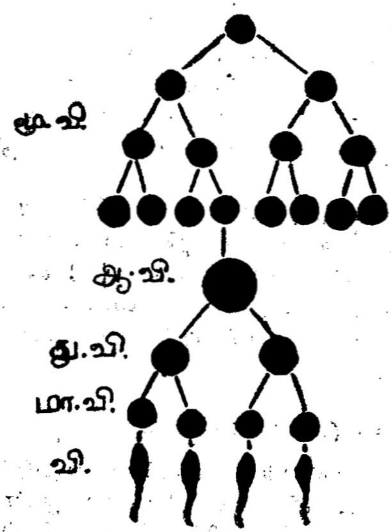
இனச் செல் முதிர்வழி என்பது, விந்தணுக்களும் முட்டைகளும் தோன்றும் முறையைக் குறிக்கும் பொதுப் பெயராகும். விந்தணுக்கள் உற்பத்தியாகும் முறைக்கு, விந்தணு முதிர்வழி (spermatogenesis) என்றும் முட்டைகள் உற்பத்தியாகும் முறைக்கு, முட்டை முதிர்வழி (ovogenesis or oogenesis) என்றும் பெயர்.

விந்தணு முதிர்வழி (Spermatogenesis)

பெரும்பாலான விலங்குகளில் விந்தணு முதிர்வழி ஒன்றாகவே காணப்படுகின்றது. விந்தகங்களில் பல நுண்ணிய குழல்கள் காணப்படுகின்றன. இவற்றில் இனச் செல்கள் தோன்றுவதற்கு மூலாதாரச் செல்கள் உள்ளன. இவற்றுக்கு மூலவிந்துச் செல்கள் அல்லது ஸ்பெர்மட்டோகோனியம்கள் (sperm-mother cells or spermatogonia) என்று பெயர். பருவமடையும்

சமயத்தில் மூல விந்துச் செல்கள், எதிர்முகப் பகுப்புமுறைமூலம் எண்ணிக்கையில் பெருகுகின்றன. இவ்வாறு விந்தகத்தில் பல மூல விந்துச் செல்கள் முதலில் தோன்றுகின்றன. இவற்றில் சில செல்கள், ஆதார விந்துச் செல்களாக மாறுகின்றன (Primary spermatocyte). ஒவ்வோர் ஆதார விந்துச் செல்லும் குன்றல் பகுப்புமுறைமூலம் இரண்டு செல்களாகப் பிரிகின்றன. இவற்றுக்குத் துணை விந்துச் செல் (secondary spermatocyte) என்று பெயர். துணை விந்துச் செல்கள் குன்றல் பகுப்புமுறைமூலம் தோன்றியதால், இவற்றின் குரோமசோம்களின் எண்ணிக்கை பாதியாகக் குறைகின்றது.

ஒவ்வொரு துணை விந்துச் செல்லும் விந்தணுவாக மாறுவதற்கு முன்னால், எதிர்முகப் பகுப்புமுறைமூலம் இரண்டாகப் பிரிகின்றது. இவற்றுக்கு மாற்று விந்துச் செல் அல்லது ஸ்பெர்மாட்டிட் (spermatid) என்று பெயர். ஒவ்வொரு மாற்று விந்துச் செல்லிலும் ஒற்றைக் குரோமசோம்கள் உள்ளன. பல மாற்றங்களுக்குப் பிறகு, கடைசியில் மாற்று விந்துச் செல் விந்தணுவாக (sperm) உருமாறுகின்றது (படம் 43-2).



படம் 43-2

விந்தணு முதிர்வழி

மூ. வி.—மூலவிந்துச் செல்; ஆ. வி.—ஆதார விந்துச் செல்; து.வி.—துணை விந்துச் செல்; மா. வி மாற்று விந்துச் செல்; வி.—விந்தணு.

விந்தணு தொடங்கும் வழி (Spermiogenesis)

மாற்று விந்துச் செல்கள் பல மாற்றங்களையடைந்து விந்தணுக்களாக மாறும் முறைக்கு, விந்தணு தொடக்கும் வழி அல்லது ஸ்பெர்மியோஜெனிசிஸ் (Spermiogenesis) என்று பெயர்.

மாற்று விந்துச் செல்லிலுள்ள நடுத் துகள் முன்பே இரண்டாகப் பிரிந்து காணப்படுகின்றது. இவ் விரண்டு நடுத் துகள்களில், உட்கருவிற்கு அப்பாலுள்ள (distal centriole) துகளிலிருந்து ஒரு மெல்லிய வால் தோன்றி வளர்ச்சியடைகின்றது. இதுவே, விந்தணு வாலின் அச்சிழையாகும் (axial filament).

இந்த அச்சிழை வளர்ச்சியடைந்த பிறகு, நடுத்துகள் தட்டுப் போன்ற நடுத்துகளின் மையப் பகுதி இதிலிருந்து விடுபட்டுச் சென்று, அச்சிழையைத் தாங்கிக்கொண்டு காணப்படுகின்றது. மையப் பகுதி விலகிச் சென்றதால், வளையம்போன்ற நடுத்துகள் விந்தணுவின் நடுப்பகுதிக்கும் இழையின் முனைப் பகுதிக்கும் இடையில் அமைந்துள்ளது. பாலூட்டி விலங்கில் இத்தகைய மாற்றங்களைக் காணலாம்.

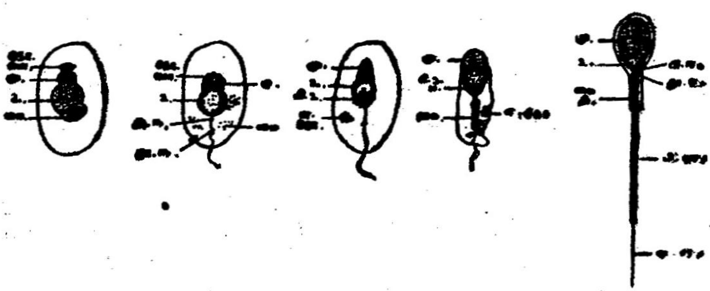
மாற்று விந்துச் செல் விந்தணுவாக மாறும்போது, மைட்டோ காண்டிரியாவில் குறிப்பிடத்தக்க மாற்றங்கள் நிகழ்கின்றன. முதலில் இது உட்கருவுக்கருகில் ஒன்றுசேர்ந்த ஒரு பகுதியாகக் காணப்படுகிறது. பிறகு இவற்றில் மைட்டோ காண்டிரியா பொருள்களாகப் பிரிகின்றன. கடைசியில் இவை கழுத்துப் பகுதியிலுள்ள (விந்தணுவின் கழுத்துப் பகுதி) அச்சிழையைச் சுற்றி இரு திருகு அமைப்பாக (double helix) அமைகின்றது.

மாற்று விந்துச் செல் விந்தணுவாக மாறும்போது கோல்கைப் பொருள்களிலும் மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. முதலில் இது, உட்கருவை அடுத்துள்ள முனைப்பொருளாக (acrosome) மாறப்போகும் பொருளைச் சுற்றி அமைந்துள்ளது. முனைப் பொருளாக மாறப்போகும் பொருள்கள் கோல்கைப் பொருள்மூலம் சுரக்கப்படுவதாகக் கருதப்படுகின்றது. இவ்வாறு உட்கருவையடுத்து முனைப் பொருள் தோன்றியவுடன், வளர்ச்சியடையும் விந்தணுவின் சைட்டோபிளாசத்தில் ஒரு பகுதியில் கோல்கைப் பொருள்கள் காணப்படுகின்றன. விந்தணுவின் தலையின்மீது முனைப்பொருள் அமைந்துள்ளது. கருவுறுதல் நிகழ்ச்சியில் முனைப்பொருள் முட்டையை இயக்கிவைப்பதாக நம்பப்படுகின்றது.

நடுத்துகள்கள், மைட்டோகாண்டிரியா, கோல்கைப் பொருள், முனைப்பொருள் ஆகிய இவற்றில் ஏற்பட்ட மாற்றங்களுக்குப் பிறகு, கடைசியில் மாற்று விந்துச்செல் விந்தணுவாக மாறுகின்றது. விந்தணுவில் மூன்று பகுதிகள் காணப்படுகின்றன. (1) தலைப் பகுதி, (2) கழுத்துப் பகுதி, (3) வால்பகுதி.

தலைப் பகுதியில் உட்கருவும், அதன்மீது தொப்பிபோல் அமைந்துள்ள முனைப்பொருளும் காணப்படுகின்றன. சில பாலூட்டிகளின் விந்துகளில் கழுத்துப் பகுதி காணப்படுகிறது. இதில் மைட்டோகாண்டிரியா இரு திருகு அமைப்பில் அமைந்துள்ளது. வால் பகுதி இரண்டு பகுதிகளாகக் காணப்படுகின்றன. கழுத்துடன் இணைந்துள்ள பகுதிக்குப் பிரதான வால் என்றும் (principal tail), சாட்டைபோன்ற அமைப்புடைய கடைசி பகுதிக்கு முனைவால் என்றும் பெயர். வாலின் நடுவில் அச்சிழை அதன் நெடுக்கிலும் அமைந்துள்ளது.

எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் அச்சிழை பலநார்களையுடைய ஒரு கட்டாகக் காணப்படுகின்றது. கழுத்துப் பகுதியில் இந்த நார்க் கட்டுகள், ஓரப்பகுதியில் இரண்டு இரண்டாகவும் நடுவில் ஒரே ஓர் இணையாகவும் (a pair) அமைந்திருக்கின்றன. வால் பகுதியில் இந்த நார்க்கட்டுகள் ஒன்றாக இணைவதுபோல் தோன்றுகின்றன (படம் 44).



படம் 44

விந்தணு தொடங்கும் வழியில் நான்கு (அ, ஆ, இ, ஈ) நிலைகள், (உ) விந்தணுவின் அமைப்பு

கோ. பொ.—கோல்கைப் பொருள்; மு.—முனைப்பொருள்; உ.—உட்கரு; மை.—மைட்டோகாண்ரியா; அ.ந—அண்மை நடுத்துகள்; தூ.ந—தூர நடுத்துகள்; பி. உ.—பின் உட்கரு; எ.கோ.—எஞ்சியுள்ள கோல்கைப் பொருள்; மை.தி.—மைட்டோகாண்ரியா திருகு; பி. வா.—பிரதான வால்; மு. வா.—முனை வால்.

முட்டை முதிர்வழி (Oogenesis)

முட்டைகள் உற்பத்தியாகக்கூடிய உறுப்பு முட்டையக மாகும். எனவே, முட்டையகத்தில் முட்டைகள் உற்பத்தியாகக் கூடிய மூலச்செல்கள் காணப்படுகின்றன. இவற்றுக்கு மூல முட்டைச் செல் அல்லது ஊகோணியம்கள் (oogonia) என்று பெயர். மூல முட்டைச் செல்கள் தங்களைச் சூழ்ந்திருக்கும் திசுக் களிலிருந்து தேவையான உணவுப் பொருள்களைப்பெற்று வளர்ச்சியடைகின்றன.

இம் மூல முட்டைச் செல்கள் எதிர்முகப் பகுப்புமுறை மூலம் பிரிந்து பல மூல முட்டைச் செல்களாகப் பெருகுகின்றன. இவற்றில் சில ஆதார முட்டைச் செல்களாக (primary oocyte) மாற்றமடைகின்றன.

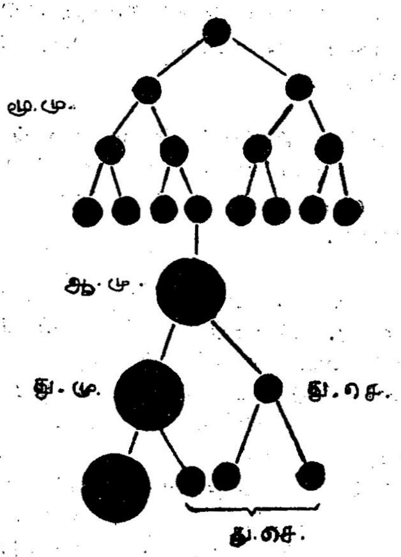
ஆதார மூலச் செல், குன்றல் பகுப்புமுறைமூலம் இரண் டாகப் பிரிகின்றது. இவற்றில் ஒன்று பெரிதாகவும் மற் றொன்று சிறியதாகவும் காணப்படுகின்றது. குன்றல் பகுப்பு முறைமூலம் தோன்றிய பெரிய செல், துணை முட்டைச் செல்லாக (secondary oocyte) மாறுகின்றது. சிறிய செல், முதல் துருவச் செல்லாக (polar body or polocyte) அமைகின்றது. துணை முட்டைச் செல்லிலும் துருவச் செல்லிலும் ஒற்றை எண் குரோமசோம்கள் காணப்படுகின்றன. சிலவகைகளில் முதல் துருவச்செல் எதிர்முகப் பகுப்புமுறைமூலம் இரண்டாகப் பிரி கின்றது. ஆனால், முடிவில் இவை அழிகின்றன.

இவ்வாறு தோன்றிய துணை முட்டைச்செல் எதிர்முகப் பகுப்புமுறை மூலம், இரண்டு சமமற்ற செல்களாகப் பிரி கின்றன. பெரிய செல் மாற்று முட்டைச் செல்லாக (ootid) மாறு கின்றது. சிறிய செல் இரண்டாவது துருவச் செலலாக அமை கின்றது. பிறகு, இது சிதைந்து அழிகின்றது. மாற்று முட்டைச் செல் ஒற்றை எண் குரோமசோம்களைக் கொண்டுள்ளது.

குன்றல் பகுப்புமுறைமூலம் முதல் துருவச் செல் தோன்றும் முறைக்கு முதல் முதிர்ச்சிப் பிரிவு (first maturation division) என்று பெயர். இரண்டாவது துருவச் செல் எதிர்முகப் பகுப்பு முறைமூலம் தோன்றுகின்றது. இது தோன்றும் முறைக்கு இரண்டாம் முதிர்ச்சிப் பிரிவு என்று பெயர் (படம் 45).

மாற்று முட்டைச் செல் கடைசியில் முதிர்ந்த முட்டையாக (mature egg) மாறுகின்றது. முட்டை முதிர்வழியில் ஒரு மூல

முட்டைச் செல்லிலிருந்து மொத்தம் நான்கு செல்கள் உண்டாகின்றன. இவற்றில் மூன்று துருவச் செல்களாகவும், ஒன்று முட்டையாகவும் மாறுகின்றன. ஆனால், விந்தணு முதிர் வழியில் ஒரு மூல விந்துச் செல்லிலிருந்து மொத்தம் நான்கு விந்தணுக்கள் உண்டாகின்றன.



படம் 45

முட்டை முதிர்வழி

மூ.மு.—மூல முட்டைச்செல்; ஆ.மு.—ஆதார முட்டைச்செல்; து.மு.—துணை முட்டைச்செல்; து.செ.—துருவச்செல்.

குன்றல் பகுப்புமுறை (Meiosis)

ஒரு செல்லிலுள்ள இரட்டை எண் குரோமசோம்கள் இம்முறையின்மூலம் பாதிபாகக் குறைக்கப்பட்டு, ஒற்றை எண் குரோமசோம்களாக மாறுகின்றன. இவ்வாறு குரோமசோம்கள் குறைவதனால், இம் முறைக்குக் குன்றல் பகுப்புமுறை என்று பெயர் வரலாயிற்று. எடுத்துக்காட்டாக, மனித இனத்தில் மொத்தம் 46 குரோமசோம்கள் அல்லது 23 இணைகள் (pairs) உள்ளன.

எதிர்முகப் பகுப்புமுறையில், 46 குரோமசோம்களில் ஒவ்வொன்றும் தன்னைப்போலவே மற்றொரு குரோமசோமை உண்டாக்குகின்றது. எனவே, மொத்தம் 92 குரோமாட்டிடுகள்

தோன்றுகின்றன. செல் பிரியும்போது இவை சமமாகப் பிரிக்கப்பட்டு, ஒவ்வொரு செல்லிற்கும் 46 குரோம்சோம்கள் செல்கின்றன. ஆனால், குன்றல் பகுப்புமுறையில், ஒவ்வொரு குரோமசோமும் இரு குரோமாட்டிடுகளாகப் பிரியாத காரணத்தினால், செல் பிரியும்போது 46 குரோமசோம்கள் சமமாகப் பிரிக்கப்பட்டு ஒவ்வொரு செல்லிற்கும் 23 குரோமசோம்களே செல்கின்றன. எதிர்முகப் பகுப்புமுறைக்கும் குன்றல் பகுப்பு முறைக்குமுள்ள முக்கிய வேறுபாடு இதுவேயாகும்.

குன்றல் பகுப்புமுறையில், இரண்டு முறை உட்கருவும், குரோமசோம்கள் ஒருமுறையும் பிரிகின்றன. உட்கரு இரு முறை பிரிவதனால், முடிவில் நான்கு உட்கருகள் தோன்றுகின்றன. ஒவ்வோர் உட்கருவிலும் ஒற்றை எண் குரோமசோம்கள் உள்ளன. இவ் விரண்டு உட்கரு பிரிவுகளும் முதல் குன்றல் பகுப்பு (first meiotic division) என்றும், இரண்டாம் குன்றல் பகுப்பு (second meiotic division) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. குன்றல் பகுப்புமுறையில் குரோமசோம்களின் எண்ணிக்கை குறைவது மட்டுமன்றி, அவற்றின் இணைப்பும் (pairing) இடை மாற்றமும் (interchange), ஒத்த அமைப்புடைய குரோமசோம்கள் (homologous chromosome) பிரிதலும் நடைபெறுகின்றன.

குன்றல் பகுப்புமுறையைக் கீழ்க்கண்ட நிலைகளாகப் பிரிக்கலாம் :

முன்தோற்ற நிலை I (Prophase)
- நீள் நூல் நிலை (Leptonema)
- இணை நூல் நிலை (Zygonema)
- குறுகு நூல் நிலை (pachynema)
- இருநூல் அகல் (Diplonema)
- டையகைனெசிஸ் நிலை (Diakinesis)

நடு நிலை I (Metaphase)

முன் கடைநிலை	I	(Anaphase I)
கடைநிலை	I	(Telophase I)
இடைநிலை முதல்நிலை	II	(Prophase II)
நடுநிலை	II	(Metaphase II)
முன் கடைநிலை	II	(Anaphase II)
கடைநிலை	II	(Telophase II)

நீள் நூல் நிலை (Leptonema)

குன்றல் பகுப்புமுறையில் முதல்நிலை ஐந்து நிலைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. அவற்றில் முதல்நிலை நீள் நூல் நிலையாகும். இந் நிலையில் குரோமசோம்கள் மெல்லிய இழைகள்

போன்று காணப்படுவதால் இதற்கு இப் பெயர் வரலாயிற்று. உடற் செல்களில் காணப்படும் இரட்டை எண் குரோமசோம்களே இதில் காணப்படுகின்றன. குறைவான எண்ணிக்கையுடைய உட்கருகளில் குரோமசோம்கள் எத்தனையுள்ளன என்பதைச் சுலபமாக எண்ணமுடியும் (படம் 46).

குரோமசோம்கள் நுண்ணிய நீண்ட இழைகளாகக் காணப்படுவதால், இதில் நிற இழைகள் (chromonemata) இருப்பதாகக் கருதப்படுகின்றது. இவ் விழைகளின்மீது சமமற்ற மணிகள் போன்ற பொருள்கள் ஒட்டிக்கொண்டு அமைந்துள்ளன. சென்ட்ரோமியர்கள் (centromeres) அதிக நிறமின்றிக் காணப்படுகின்றன.

படம் 46

குன்றல் பகுப்புமுறை (நுண்ணிழை நிலை)

இணை நூல் நிலை (Zygonema)

ஒவ்வோர் உட்கருவிலும் குரோமசோம்கள் இணை இணையாக அமைந்துள்ளதை முன்பே கண்டோம். இணைநூல் நிலையில், ஒத்த வமைப்புடைய குரோமசோம்கள் ஒன்று சேரத் தொடங்குகின்றன (படம் 47). இதற்குக் குரோமசோம்கள் இணைப்பு (synapsis) என்று பெயர். குரோமசோம்களின் இணைப்பு பல விதமாக நடைபெறுகின்றது. சில வகைகளில், முனைப் பகுதியில் தொடங்கி குரோமசோமின் நெடுக்கிலும் பரவுகின்றது. வேறு சில வகைகளில், ஒரே சமயத்தில் இணைப்பு குரோமசோமின் பல பகுதிகளில் நிகழ்கின்றது.

குன்றல் பகுப்புமுறையில் ஒத்தவமைப்புடைய குரோமசோம்கள் கவரப்படுவது முக்கியமானதாகக் கருதப்படுகின்றது. இந்த இணைப்பு மிகச் சரியாகவும், குறிப்பிட்ட குரோமசோம்களில் மட்டுமே நடைபெறுகின்றது. ஒவ்வோர் இணை குரோமசோம்களிலும் ஓர் குறிப்பிட்ட இடத்தில் ஓர் இணை ஜீன்கள் இருப்பதால் இணைப்பு மிகச் சரியாக நடைபெறுவதாக நம்பப்படுகின்றது (படம் 47).

படம் 47

குன்றல் பகுப்பு முறை (இணையிழை நிலை)

குரோமசோம்கள். குரோமாட்டிடுகளாகப் பிரியாமல் ஒரே இழையாகவே காணப்படுகின்றது. ஒத்தவமைப்புடைய ஓர் இணை குரோமசோம்களில் ஒன்று தந்தையிடமிருந்தும், மற்றொன்று தாயிடமிருந்தும் பெறப்பட்டனவாகும்.

குறுகு நூல் நிலை (Pachynema)

இவ்வாறு ஒத்தவமைப்புடைய குரோமசோம்களின் இணைப்பு முடிந்தவுடன் அவை சுற்றிக்கொண்டு காணப்படுகின்றன. இதற்கு 'உறவு முறைச் சுற்றுதல்' (relational coiling) என்று பெயர். குரோமசோம்கள் இந் நிலையில் தெளிவாகத் தோன்றுகின்றன. மேலும், ஒவ்வொரு குரோமசோமும் இரண்டாகப் பிரிந்து இரு குரோமாட்டிடுகளாக மாறுகின்றன. இவ்வாறு தோன்றிய குரோமாட்டிடுகள் ஒன்றையொன்று சுற்றிக்கொண்டு காணப்படுகின்றன.

படம் 48
குன்றல் பகுப்பு முறை
(தடிப்பிழை நிலை)

இந்த நிலையில் ஒரு குரோமாட்டின் ஒரு பகுதி உடைந்தால், அதனுடைய ஒத்தவமைப்புடைய குரோமசோமின் குரோமாட்டிடின் பகுதியும் அதே இடத்தில் வியப்புக்குரிய வகையில் உடைகின்றது. முதல் குரோமாட்டிடின் உடைந்த பகுதி மீண்டும் அதிலேயே ஒட்டிக்கொள்ளாமல், ஒத்தவமைப்புடைய குரோமசோமின் உடைந்த குரோமாட்டிடுடன் சேர்ந்து கொள்கின்றது. இதே வகையில் மற்றொரு குரோமாட்டிடின் உடைந்த பகுதியும் செயல் புரிகின்றது. இத்தகைய மாற்றத்தின்மூலம் குரோமசோம்களின் ஜீன் அமைப்பு மட்டும் மாறுகின்றது.

ஒத்தவமைப்புடைய குரோமசோம்களுக்கிடையே நிகழும் நிகழ்ச்சிகளான குரோமாட்டிடுகள் உடைவதும், உடைந்த பகுதிகளை மாற்றிக்கொள்வதும், மரபியல் ஊகமான (genetical assumption) 'மேல் குறுக்கீடு' (crossingover) என்ற கொள்கைக்கு செல்லியல்மூலம் கிடைத்துள்ள ஆதாரங்களாகக் கருதப்படுகின்றன.

ஆனால், ஒருசிலர் குரோமசோம்கள் இந்த நிலையில் பிரியவில்லையென்றும், இதற்கு முன்னுள்ள நிலையிலேயே டி என் ஏ வின் அளவு அதிகரிப்பதால் இணையிழை நிலைக்கு முன்பே பிரிய வேண்டுமென்றும் கருதுகின்றனர். ஆனால், டி என் ஏ-யின் அளவு அதிகரிப்பது குரோமசோம் பிரிவதற்குரிய ஆதாரமாகாது.

படம் 49
குன்றல் பகுப்புமுறை
(ஈரிழை நிலை)

இரு நூல் அகல் நிலை (Diplonema)

குரோம்சோம்கள் பிரிந்து இரு இழைகளாக இரு குரோமாட்டிடுகளாகத் தோன்றுவதால்

இந் நிலைக்கு இருநூல் அகல் நிலை என்ற பெயர் வரலாயிற்று. இதற்கு முன்னுள்ள குறுகு நூல் நிலையில் ஒத்தவமைப்புடைய குரோமசோம்கள் இணைந்திருப்பதைக் கண்டோம். ஆனால், இரு நூல் அகல் நிலையில் இவற்றுக்கிடையேயுள்ள கவர்ச்சி சற்றுக் குறைகின்றது. எனவே, இவை சற்று விலகியும் ஆனால், அதே சமயத்தில் இவற்றின் குரோமாட்டிடுகள் ஒன்றாக இணைந்தும் காணப்படுகின்றன.

இவ்வாறு ஒத்தவமைப்புடைய குரோமசோம்கள் விலகிச் செல்வதால், இவற்றுக்கிடையே ஒரு வளைவும் (loop), ஒரு சில இடங்களில் பிடிப்பும் காணப்படுகின்றன (படம் 49). குரோமாட்டிடுகளின் பிடிப்புள்ள பகுதிகளில்தான் உடைதல் (breaks) நிகழ்வதாகக் கருத்து நிலவுகின்றது. இப் பகுதிக்குக் குறுக்கீடமைப்பு (chiasmata) என்று பெயர்.

இந்த நிலையில் ஒவ்வொரு குரோமசோமும் இரு குரோமாட்டிடுகளாகக் காணப்படுவதால், இது ஓர் இரட்டைத் தொகுப்பாகவும் (bivalent), ஓர் இணை ஒத்தமைப்புடைய குரோமசோம்கள் நான்கு குரோமாட்டிடுகளாகக் காணப்படுவதால் இது ஒரு நான்குத் தொகுப்பாகவும் (tetrad) அமைகின்றது (படம் 49).

டையகைனெசிஸ் (குறுகலிழை நிலை) (Diakinesis)

இந்த நிலையில் குரோமசோம்கள் அதிகமாகச் சுருண்டு கொண்டு செல்வதால், அதன் நீள அளவு குறைகின்றது. எனவே, இதற்குக் குறுகலிழை நிலை என்று பெயர் வந்தது. இரட்டைத் தொகுதி குரோமசோம்கள் உட்கருவின் புறப் பகுதியை நோக்கி அசைகின்றன. உட்கருமணி மறைந்து விடுகின்றது. இந் நிலையின் கடைசிப் பகுதியில் உட்கருச் சவ்வும் மறையத் தொடங்குகின்றது. குரோமசோம்கள் யாவும் மத்திய ரேகை சமதளத்தில் (equatorial plane) வந்து அமைகின்றன. இது பின்தோற்ற நிலையின் தொடக்கமாகும்.

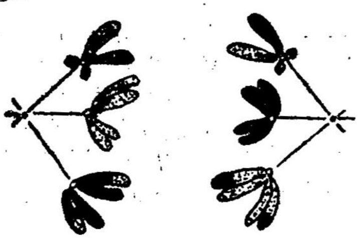
நடு நிலை I (Metaphase I)

உட்கருச் சவ்வு மறைதலைத் தொடர்ந்து இந்த நிலையில் இரு துருவக்கதிர் ((bipolar spindle) உண்டாகின்றது. மத்தியரேகை சமதளத்தில் அமைந்துள்ள நான்கு தொகுதி (tetrad) குரோமசோம்கள் கதிர்கள்மூலம் இரு சென்ட்ரோமியர்களுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. சென்ட்ரோமியர்களுடன் இணைந்துள்ள கதிர் நார்களின் (spindle fibres) இயக்கத்தினால் ஒத்தவமைப்

புடைய குரோமசோம்களின் குரோமாட்டிடுகள் எதிர்முனை களுக்குச் செல்லத் தொடங்குகின்றன.

முன் கடை நிலை I (Anaphase I)

இந்த நிலையில் நான்கு தொகுதி குரோமசோம்கள் இரட்டைத் தொகுதிக் குரோமசோம்களாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன. பிரிக்கப்பட்ட இவை இரு முனைகளுக்குச் செல்கின்றன. இவ்வாறு, ஒத்தவமைப்புடைய குரோமசோம்கள் பிரிக்கப்படுவதால், இதற்கு முன்னுள்ள இரு நூல் அகல நிலையில் தோன்றிய குறுக்கீடமைப்பு கலைகின்றது. முனையை நோக்கிச் செல்லும் இரு குரோமாட்டிடுகளும் ஒரு சென்ட்ரோமியர்மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றின் நான்கு கைமுனைகளும் சுதந்திரமாகக் காணப்படுகின்றன. இரட்டைத் தொகுதி குரோமசோம்கள் முனையை அடைந்தவுடன் அடுத்த நிலை ஆரம்பமாகின்றது.

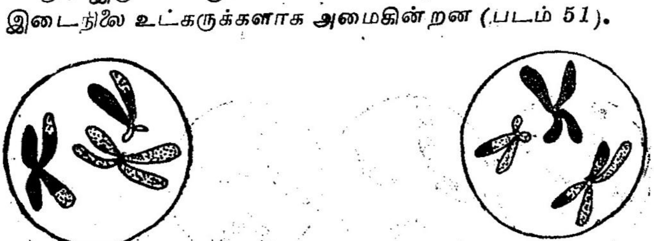


படம் 50.

குன்றல் பகுப்புமுறை (மேல் தோற்ற நிலை I)

கடை நிலை 1-ம் இடை நிலையும் (Telephase I)

இரட்டைத் தொகுதி குரோமசோம்கள் எதிர்முனைகளுக்குச் சென்றவுடன், உட்கருச் சவ்வு தோன்ற ஆரம்பிக்கின்றது. இவ்வாறு, இரு உட்கருக்கள் உண்டானவுடன் மீண்டும் பிளவுறாமல் இடை நிலை உட்கருக்களாக அமைகின்றன (படம் 51).



படம் 51.

குன்றல் பகுப்புமுறை (இடைநிலை)

குன்றல் பகுப்புமுறை (மேல்)

முதல் நிலை II (Prophase)

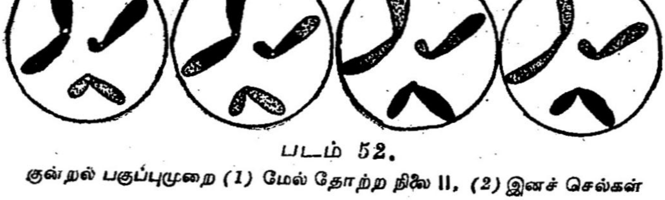
இதுவரை முதல் குன்றல் பகுப்புமுறையின் நிலைகளைக் கண்டோம். இதில், உட்கரு ஒரு முறையும் குரோமசோம்கள் ஒரு முறையும் பிளவுற்றன. இனிவரும் நிலைகள் இரண்டாவது குன்றல் பகுப்புமுறையாகும். இதில், உட்கருமட்டும் இன்னொரு குன்றல் பகுப்புமுறையாகும். இதில் உட்கருமட்டும் இன்னொரு முறை பிரிகின்றது. குரோமசோம்கள் பிளவுறாமல், இரு குரோமாட்டிடுகள் மட்டும் தனித்தனியாகப் பிரிகின்றன.

இரண்டாம் குன்றல் பகுப்புமுறையின் முதல் நிலையில் இரு குரோமாட்டிடுகள் ஒரு சென்ட்ரோமியர்மூலம் இணைக்கப்பட்டுக் காணப்படுகின்றன. குரோமசோம்கள் சுருளாகக் காணப் படாமல் நீண்டு காணப்படுகின்றன.

நடுநிலை II (Metaphase II)—முன் கடைநிலை II (Anaphase II)—கடைநிலை II (Telophase II)

நடுநிலை II-ல் உட்கருச் சவ்வானது சிதைந்து மறைகின்றது. அதே சமயத்தில், கதிர் தோன்றி குரோமசோம்களுடன் தொடர்பு கொள்கின்றது. குரோமசோம்கள் மத்தியரேகை சமதளத்தில் அமைந்துள்ளன. இரட்டைத் தொகுதி குரோம சோம்களின் கைகள் நீள அளவு குறிப்பிடத்தக்க வகையில் குறைகின்றன. பிறகு சென்ட்ரோமியர் இரண்டாகப் பிரி கின்றது.

முன் கடைநிலை II-ல் கதிர் நார்கள் சென்ட்ரோமியர் களுடன் இணைந்து, குரோமாட்டிடுகளை முனைகளுக்கு இழுக் கின்றன. இவ்வாறு, குரோமாட்டிடுகள் எதிர் முனைகளுக்குச் செல்லுகின்றன.



படம் 52.

குன்றல் பகுப்புமுறை (1) மேல் தோற்ற நிலை II, (2) இனச் செல்கள்

கடைநிலை II-ல் உட்கருச் சவ்வு மீண்டும் தோன்றுகின்றது. அதே சமயத்தில் செல் சவ்வில் உண்டாகும் பள்ளம் (furrow) மத்தியரேகை சமதளத்தில் ஆழமாக மையத்தை நோக்கிச் செல்வதால், சைட்டோபிளாசமும் இரண்டாகப் பிரிக்கப்படுகின்றது. இவ்வாறு தோன்றும், நான்கு செல்களிலும் ஒற்றை எண் குரோமசோம்கள் காணப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு செல்லிலுமுள்ள குரோமாட்டிடுகள் இப்போது குரோமசோம்களாகக் கருதப்படுகின்றன (படம் 52).

குன்றல் பகுப்புமுறையின் முக்கியத்துவம்

குன்றல் பகுப்புமுறைக்கும் (meiosis) எதிர்முகப் பகுப்புமுறைக்கும் (mitosis) முக்கிய வேறுபாடுகள் உள்ளன. எதிர்முகப் பகுப்புமுறையில், ஒரு செல், இரு செல்களாகப் பகுக்கப்படுகின்றது. இவ்வாறு தோன்றிய இரு மகள் செல்களிலும் (daughter cells) மூலச் செல்லில் இருக்கக்கூடிய அதே எண்ணிக்கையுடைய குரோமசோம்கள் காணப்படுகின்றன. ஆனால், இனப் பெருக்கச் செல்களில் மட்டும் நிகழக்கூடிய குன்றல்பகுப்புமுறையில் ஒரு செல், இரு மகள் செல்களாகப் பகுக்கப்படுவதற்குப் பதிலாக, நான்கு மகள் செல்களாகப் பகுக்கப்படுகின்றன. ஓர் எடுத்துக்காட்டின் மூலம் இதை உணரலாம். குராமசோம்கள் இணைகளாக (Paired) அமைந்துள்ளதை முன்பு கண்டோம். மனிதச் செல்லின் உட்கருவில் இத்தகைய இணை குரோமசோம்கள் 23 காணப்படுகின்றன. 23 இணை குரோமசோம்களாக இருப்பதால், இதன் மொத்த எண்ணிக்கை 46 ஆகின்றது. எதிர்முகப் பகுப்பு முறையில், இந்த 46 குரோமசோம்களில் ஒவ்வொன்றும் ஒத்தவமைப்புடையமுறையில் இரண்டாகப் பிரிவதால் மொத்தம் 9[illegible] குரோமாடிடுகள் (chr[illegible]atid) என்றழைக்கக்கூடிய குரோமசோம் போன்ற பகு[illegible] தோன்றுகின்றன. செல் பகுக்கப்படும்போது, இந்த 92 குரோமாடிடுகள்46 குரோமாடிடுகளையுடைய இரு பகுதிகளாகப் பிரிந்து இருமுனைகளுக்குச் சென்று, மூலச் செல்லைப் போன்று இரு செல்கள் உண்டாகின்றன.

குன்றல் பகுப்புமுறையில், இணை குரோமசோம்கள் ஒவ்வொன்றும் இரண்டாகப் பிரிவதற்குப் பதிலாக, ஒரு பகுதி ஒரு முனைக்கும் மற்றொரு பகுதி மற்றொரு முனைக்கும் செல்கின்றன. இவ்வாறு ஓர் உட்கருவில் இருக்கக்கூடிய 46 குரோமசோம்களில் ஒரு பகுதி, 23 குரோமசோம்களையுடைய பகுதி ஒரு முனைக்குச் செல்கின்றது. இதே வகையில் மற்றொரு பகுதி அடுத்த முனைக்குச் செல்கிறது. இவ்வாறு இணை குரோமசோம்கள்,

பகுக்கப்படும் செல்லின் முனைகளுக்குச் சென்ற பிறகு, ஒவ்வொரு குரோமசோமும் தன்னைப்போல இரண்டாகப் பிரியத் தொடங்குகின்றது. இதன்மூலம் செல்லின் ஒரு முனையிலுள்ள 23 குரோமசோம்கள் 46 ஆக மாறுகின்றன. அடுத்த முனையிலுள்ள குரோமசோம்களிலும் இதே நிகழ்ச்சி நடைபெறுகின்றது. ஆனால், செல் இரண்டாகப் பகுக்கப்படுவதற்குப் பதிலாக நான்காகப் பகுக்கப்படுகின்றது. எனவே, ஒவ்வொரு மகள் செல்லிலும் 23 குரோமசோம்களே காணப்படுகின்றன. முட்டையிலும் விந்தணுவிலும் இத்தகைய பாதி எண்ணிக்கையுடைய குரோமசோம்களே காணப்படுகின்றன.

குன்றல் பகுப்புமுறையின் மற்றொரு சிறப்பான நிகழ்ச்சி குரோமசோம்களின் 'மேல் பிணைப்'பாகும் (crosssing-over). இதன்மூலம் ஒரு குரோமசோமின் ஒரு பகுதி மற்றொரு குரோமசோமின்மீது இணைந்து கொள்ள வாய்ப்பு ஏற்படுகின்றது. இம்முறை, குரோமசோமில் பல்வேறுபட்ட ஜீன் சேர்க்கைகளுக்குக் (genetic combination) காரணமாக அமைகின்றது. இயற்கையில் நிகழும் பரிணாமத்தின்மூலம் தோன்றியுள்ள பல்வேறு உயிரினங்களில் காணப்படுகின்ற ஜீன் சேர்க்கைகளுக்கும், குன்றல் பகுப்பு முறையில் நிகழும் இந்த 'மேல் பிணைப்பு' நிகழ்ச்சியையே காரணமாகக் கருதலாம்.

16. கருவுறுதல்
(Fertilization)

இரு இன வேறுபாடுள்ள செல்களின் சேர்க்கைகளே கருவுறுதல் என்று கருதப்படுகின்றது. கருவுறுதலில் பல முக்கியமான நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறுகின்றன. எனவே, அடுத்தடுத்து ஏற்படும் பல முறைகள்மூலம் வித்தணுவானது, முட்டையை இயக்கி வைத்து அதன் வளர்ச்சியில் பங்குகொள்வதே கருவுறுதல் என்று கொள்ளலாம். இதில் ஆணினச் செல்லும் பெண்ணினச் செல்லும் சேரும் முறைக்கு மணச் சேர்க்கை அல்லது சின்கமி (syngamy) என்று பெயர். இவ்விரு செல்களிலுள்ள உட்கருகள் இணைவதற்கு உட்கருச் சேர்க்கை அல்லது காரியோகமி (karyogamy) என்று பெயர். இனச் செல்களின் சைட்டோபிளாசச் சேர்க்கைக்குப் பிளாசச் சேர்க்கை அல்லது பிளாஸ்மோகமி (plasmogamy) என்று பெயர்.

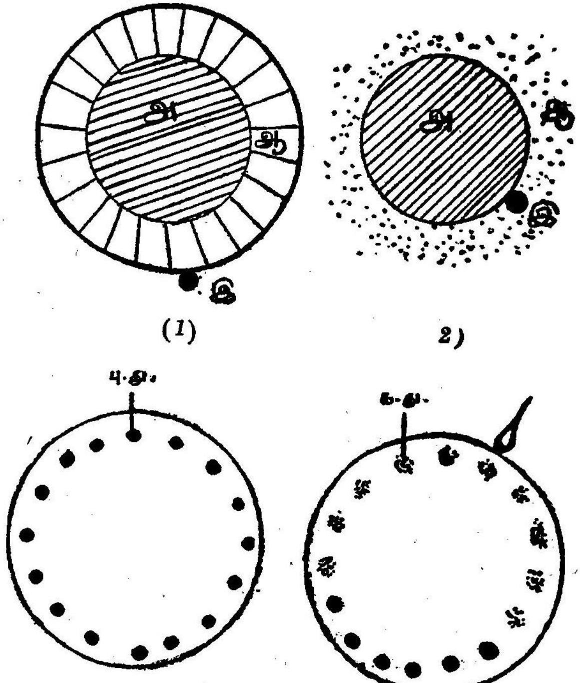
குன்றல் பகுப்பு முறையின்மூலம் விந்தணுகளிலும் பருவமுற்ற முட்டைகளிலும் ஒற்றை எண் குரோமசோம்கள் இருப்பதை முன்பே கண்டோம். 'மேல் குறுக்கீடு' முறையினால் (crossing over) குரோமசோம்களிலுள்ள ஜீன் அமைப்பு மாறுவதையும் கண்டோம். இத்தகைய அமைப்புடைய இனச் செல்கள் இணைந்து கருவுறுதல் நிகழ்வதால் மரபு வழியில் இது எவ்வாறு முக்கியத்துவம் பெறுகிறது என்பது விளங்குகிறது.

கருவுறுதலைப்பற்றிய ஒரு கொள்கை (A theory of fertilization)

கருவுறுதலைப்பற்றிய பெரும்பாலான கொள்கைகள் ஒரு முக்கியமான கருத்தை வெளியிடுகின்றன. விந்தணுவிலுள்ள ஏதோ ஒன்று, முட்டையிலுள்ள ஒரு பொருளை வெளியேறச் செய்கின்றது என்பதே அது. இக் கருத்தின்படி, கருவுறா முட்டையில் இப் பொருளானது இயக்கமின்றி அமைந்துள்ளது. என்று

கிறது: விந்தணு முட்டையுடன் சேரும்போது இப் பொருள் இயக்கப்படுகின்றது.

முட்டையிலுள்ள இப் பொருளை 'அ' என்று குறித்தால் அதைச் சூழ்ந்துள்ள ஓடு 'ஆ' என்றாகின்றது. மூன்றாவதாகவுள்ள 'இ' என்ற பொருள் 'அ' என்ற பொருளை இயக்குவதற்கு 'ஆ' என்பது ஒரு தடையாகவுள்ளது. எனவே, 'அ'விற்கும் 'இ' யிற்குமிடையே கிரியை நடைபெற 'ஆ' நீக்கப்பட வேண்டுமென்று தெரிகின்றது.



படம் 53 (1-2):

கருவுறுதல் நிகழ்ச்சியின்போது ஏதோ ஒரு பொருள் வெளியாகின்றது என்ற கொள்கையின் அடிப்படையில் வரையப்பட்ட படங்கள்.

'அ' என்பது ஒரு நொதி. இது 'ஆ' என்கிற ஓட்டின்மூலம் சூழப்பட்டுள்ளது, நொதிக்குரிய 'இ' என்ற மற்றொரு பொருள் அதனுடன் சேர முடியாமல் 'ஆ' என்ற தடைமூலம் தடுக்கப்பட்டுள்ளது. (3-4) கருவுறுதல் நிகழ்ச்சியின் போது புறத்திலுள்ள துகள்கள் (பு.து.) கரைகின்றன (க.து.)

இத்தகைய ஒரு கொள்கை, கருவுறு முட்டைகளைப் பல வெளிப் பொருள்கள் (variety of agents) தூண்டுவதைச் (stimulate) சுலபமாகவும் தெளிவாகவும் விளக்குகின்றது. அமிலங்களும் பேஸுகளும் வீரிய உப்புகளும் (strong salts) வேறு பல வெளிப்பொருள்களும் 'ஆ' என்ற உறவை நீக்கவோ அல்லது மாற்றியமைக்கவோ செய்து 'அ'-வை'இ'-யுடன் கிரியை புரிய வைக்கின்றது.

இக் கொள்கையை வலியுறுத்தும் ஆதாரங்களும் கிடைத்துள்ளன. கடல் அர்ச்சின் (sea urchin) முட்டைகளில் இத்தகைய நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறுகின்றன. கருவுறு முட்டைகளின் உறையையடுத்துச் சற்று உட்பகுதியில் பல நுண்ணிய துகள்கள் காணப்படுகின்றன. விந்தணு முட்டையுடன் தொடர்புகொண்ட 20 வினாடிகளுக்குள், இந் நுண்ணிய துகள்கள் இயக்கப்பட்டு மறையத் தொடங்குகின்றன. இதிலிருந்து விந்தணு, முட்டையைச் சேர்ந்தவுடன், முட்டையுறை மாற்றியமைக்கப்பட்டு ('ஆ') முட்டைக்குள் இருக்கக்கூடிய துகள்களை ('அ') விந்தணுவிலுள்ள ஏதோ ஒன்று ('இ') இயக்குவதாகத் தெரிகின்றது.

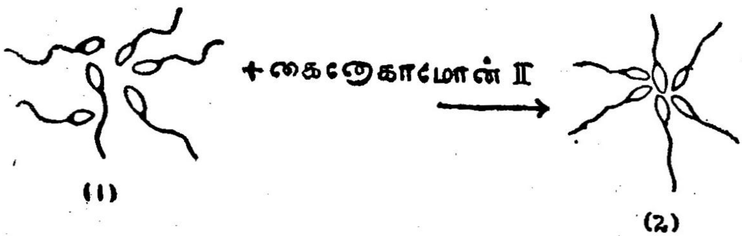
விந்தணுவிற்குப் பதில், இரசாயனப் பொருள்களைப் பயன்படுத்தினால் இதே மாற்றங்கள் இம் முட்டைகளில் நிகழ்கின்றன. இதிலிருந்து முட்டையின் தூண்டுதலுக்கும் அதிலுள்ள துகள்கள் மறைவதற்குமுள்ள தொடர்பு விளங்குகின்றது (படம் 53).

முட்டை விந்தணு காமோன்கள் (Egg and sperm gamones)

கருவுறுதல் நிகழ்ச்சியில் முட்டையும் விந்தணுவும் கவரப்படுகின்றன. கடல் அர்ச்சின் முட்டைகளிலிருந்து கிடைக்கும் திரட்டு (extract) விந்தணுக்களின்மீது உறுதியான பயனையும் (definite effect) அதே மாதிரி விந்தணுக்களிடமிருந்து கிடைக்கும் திரட்டானது, முட்டைகளின்மீது உறுதியான பயனையும் கொடுக்கின்றன. இவை ஹார்மோன்களில் ஒத்த பொருள்களாகக் காணப்படுகின்றன. இவை இனச் செல்களில் (gametes) காணப்படுவதால், இவற்றுக்கு காமோன்கள் gamones) என்று பெயர். முட்டையில் இருக்கக்கூடிய காமோன்கள், கைனோகாமோன்கள் என்றும் (gynogamones), விந்தணுவில் இருக்கக்கூடிய காமோன்கள் ஆன்ரோகாமோன்கள் (androgamones) என்றும் பெயர் பெறும்.

முட்டைகளில் இரு கைனோகாமோன்கள் உள்ளன. இவற்றுக்கு கைனோகாமோன் I என்றும் II என்றும் பெயர்.

கைனோகாமோன் I ஐ விந்தணுக்களுடன் சேர்க்கும்போது, அவற்றின் நீந்தும் அசைவு அதிகமாக்கப்படுகின்றது. ஆனால், II-டன் சேர்க்கும்போது அவை ஒட்டிக்கொண்டுவிடுகின்றன (agglutination) (படம் 54).



படம் 54.

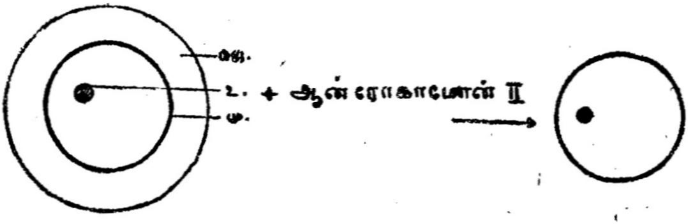
கைனோகாமோன் II-னால் ஏற்படும் பலன்

(1) சுதந்திரமாக நீந்திக்கொண்டிருக்கும் விந்தணுக்கள். (2) கைனோகாமோன் II-டுடன் சேரும்போது விந்தணுக்கள் யாவும் தலைப்புறத்தில் ஒட்டிக்கொள்கின்றன.

இதே மாதிரி விந்தணுக்களில் இரு ஆன்ரோகாமோன்கள் I, II என்றிருக்கின்றன. ஆன்ரோகாமோன் I விந்தணுக்களின் அசைவுகளை நிறுத்துகின்றது. புதிதாகத் தோன்றிய விந்தணுக்களின் அசைவுகள் குறைவாக இருப்பதற்குக் காரணம் இதுவேயாகும். இத்தகைய அமைப்பு விந்தணுக்களுக்கு மிக அவசியமாகிறது. ஏனென்றால் விந்தணு மிகமிகச்சிறிய ஒரு செல்லாகும். இதில் உணவு வடிவிலுள்ள சக்தி மிகக் குறைவே. விந்தணுக்கள் அசைந்துகொண்டேயிருந்தால் இச் சக்தி மிக விரைவில் செலவாகிவிடுகின்றது. எனவே, விந்தணுவின் அசைவை இந்த ஆன்ரோகாமோன் I குறைப்பதால் சக்தி சேமித்து வைக்கப்படுகின்றது. இவ்வாறு சக்தி சேமிக்கப்படுவதால் இவற்றின் வாழ்நாட்காலம் அதிகமாகின்றது.

ஆன்ரோகாமோன் II முட்டைகளின் வெளியுறைகளை விந்தணு உள்ளே செல்வதற்கு ஏற்றவாறு மாற்றியமைக்கின்றது. ஒவ்வொரு முட்டையிலும் செல் சவ்வைச் சுற்றி ஏதோ ஒரு வகையான உறை காணப்படுகின்றது. கடல் அர்ச்சின் முட்டைகளில் அவற்றைச் சுற்றிக் கனிப் பொருள் அல்லது ஜெல்லி (jelly) காணப்படுகின்றது. ஆன்ரோகாமோன் II-டன் இம் முட்டைகளைச் சேர்த்தால் ஜெல்லி முழுவதும் கரைந்துவிடுகின்றது (படம் 55).

ஹையலுரோனிடேஸ் (hyaluronidase) என்பது ஜெல்லியைக் கரையவைக்கக்கூடிய ஒரு நொதியாகும். பாலூட்டிகளின் விந்தணுக்களில் இத்தகைய நொதி காணப்படுகின்றது.



(1) (2)

படம் 55

ஆன்ரோகாமோன் II-வினால் ஏற்படும் பவன்

1. உட்கருவும் (உ) முட்டையும் (மு) ஜெல்லியினால் (ஜெ) சூழப்பட்டுள்ளது. 2. ஆன்ரோகாமோன் II-டுடன் சேரும்போது முட்டையைச் சூழ்ந்துள்ள ஜெல்லி கரைகின்றது.

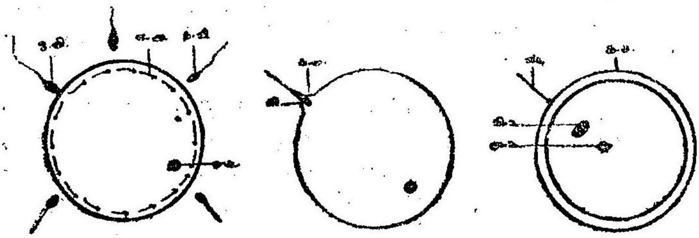
கடல் அர்ச்சின் முட்டையில் கருவுறுதல் நிகழ்ச்சியின்போது மேற்கூறிய மாற்றங்கள் நிகழ்கின்றன. (1) விந்தணுக்கள் வெளி வரும்போது அவற்றிலுள்ள ஆன்ரோகாமோன் I அவற்றின் அசைவைக் குறைத்து, வாழ்நாள் காலத்தை அதிகமாக்குகின் றது. (2) விந்தணுக்கள் முட்டையை அணுகும்போது முட்டையி லுள்ள கைனோகாமோன் I-ன் மூலம் அதிகமாக இயக்கப் படுகின்றன. எனவே, விந்தணுக்கள் துரிதமாக முட்டையை நோக்கி நீந்துகின்றன. (3) விந்தணு முட்டையை அடைந்த வுடன், விந்தணுவிலுள்ள ஆன்ரோகாமோன் II முட்டையைச் சுற்றியுள்ள ஜெல்லியைக் கரைக்கின்றது. (4) இவ்வாறு ஜெல்லி கரைந்தவுடன், விந்தணு முட்டையின் மேற்பரப்பிற்குள் நுழை கின்றது. அதே சமயத்தில் முட்டையிலுள்ள கைனோகாமோன்II விந்தணுவின் மேற்பரப்பை ஒட்டிக்கொள்ளத் தக்கவாறு மாற்றி, அதை முட்டையின் பரப்பின்மீது ஒட்டிக்கொள்ளச் செய்கிறது.

கருவுறுதலில் அமைப்பியல் மாற்றங்கள் (Morphological changes at fertilization)

இவ்வாறு விந்தணு முட்டையின் பரப்பை அடைந்தவுடன் பார்க்கக்கூடிய பல மாற்றங்கள் நிகழ்கின்றன. கருவுறக்கூடிய முட்டையைச் சுற்றிப் பல ஆயிரக்கணக்கான விந்தணுக்கள்

காணப்படுகின்றன. இவற்றில் ஒன்றுமட்டும் முட்டைக்குள் நுழைகின்றது. அதே சமயத்தில், ஒரு விந்தணு முட்டையைத் தொட்டவுடன், ஓர் எதிர்க்கிரியை அல்லது எதிர்ச்செயல் (negative reaction) முட்டையைச் சுற்றி ஏற்படுகின்றது. இந்த எதிர்ச்செயல்மூலம், வேறு விந்தணுக்கள் முட்டைக்குள் நுழைய முடியாமல் தடுக்கப்படுகின்றன. இதிலிருந்து முதல் விந்தணு முட்டையைத் தொட்ட இடத்திலிருந்து மின்னல் வேகத்தில் இந்த எதிர்ச்செயல் நிகழ்வதாகத் தோன்றுகின்றது.

இந்த எதிர்ச்செயலுக்குப் பிறகு விந்தணு ஒட்டிக்கொண்டுள்ள பகுதியில் உயிர்த்தாது முனை (protoplasmic cone) தோன்றுகின்றது. இம் முனைக்குக் கருவுறுதல் முனை (fertilization cone) என்று பெயர். இம் முனையிலுள்ள உயிர்த்தாதுவில்தான் விந்தணு புதைந்து காணப்படுகின்றது. கருவுறுதல் முனை விந்தணுவை முட்டைக்குள் இழுப்பதுபோல் தோன்றுகிறது. சிறிது நேரத்திற்குப் பிறகு விந்தணுவின் தலைமட்டும் முட்டையின் உயிர்த்தாதுவில் காணப்படுகின்றது (படம் 56).



(1) (2) (3)

படம் 56.

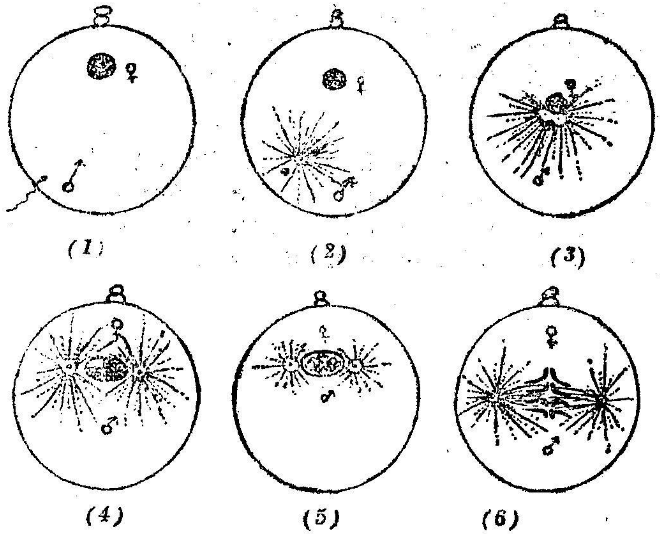
கருவுறுதல் வழி

[1] முட்டையைச் சுற்றிப் பல விந்தணுக்கள் காணப்படுகின்றன. அவற்றில் ஒன்று முட்டையைக் கருவுறச் செய்கின்றது. எஞ்சிய விந்தணுக்கள் தள்ளப்படுகின்றன. எதிர்ச்செயல் அலைமூலம் இது நிகழ்கின்றது. [2] கருவுறுதல் முனை தோன்றி விந்தணுவின் தலை உள்நுழைந்தவுடன் வால் பகுதி வெளியே தள்ளப்படுகிறது. கருவுறுதல் சவ்வு உண்டாதல்.

விந்தணுவின் தலைப்பகுதி பெரும்பாலும் உட்கருவினாலாகியது. எனவே, முட்டைக்குள் சென்ற விந்தணுவின் உட்கருவானது முட்டையின் உட்கருவுடன் இணைகின்றது. இவ்வாறு, ஒற்றை எண் குரோமசோம்களைக் கொண்ட முட்டை, இரட்டை எண் குரோமசோம்களைக் கொண்ட கருமுட்டையாக (zygote) மாறுகின்றது; இதையடுத்து முதல்முறையாகச் செல் பிரிதல் நடைபெறத் தொடங்குகின்றது (படம் 57).

கருவுறுதலின் உடற்செயலியல் மாற்றங்கள் (Physiological changes at fertilization)

கருவுறுதலில் ஏற்படும் அமைப்பியல் மாற்றங்களைத் தொடர்ந்தே பௌதிக மாற்றங்களும் உடற்செயலியல் மாற்றங்களும் முட்டையின் உயிர்த்தாதுவில் ஏற்படுகின்றன:



படம் 57

கடல் அர்ச்சின் முட்டையில் கருவுறுதல் நடைபெறும் விதம்.

[1] முதிர்ந்த முட்டையினுள் ஒரு விந்தணு நுழைந்து அதைக் கருவுறச்செய்கின்றது. [2] விந்தணுவின் உட்கரு முட்டையின் உட்கருவை அணுகுகின்றது. [3] விந்தணுவின் மையப்பொருள் பிளவுறுதல். [4] மையப்பொருள்கள் பிளவுற்று உட்கருக்கள் இணைதல். [5] உட்கருக்கள் இணைதலுக்குப் பிறகு கதிரமைப்புக் குறைதல். [6] முதல் செல்பிரிவு [first cleavage.]

முட்டையைச் சுற்றி எதிர்ச்செயல் ஏற்படும் சமயத்திலேயே முட்டை ஆக்சிஜனை எடுத்துக்கொள்ளும் அளவில் பெரும் ஏற்றம் ஏற்படுகின்றது; கடைசியில் இது 500 சதவீதமாக அதிகரிக்கின்றது. இதைத் தொடர்ந்து வெளியிடப்படும் வெப்பத்தின் அளவும் மிகுதியாகின்றது. இம் மாற்றங்கள் முட்டையில் இரசாயனக் கிரியைகள் அதிகரிப்பதைக் காட்டுகின்றன. இத்தகைய மாற்றங்கள் செல் பிரிதலுக்கும் கரு வளர்ச்சிக்கும் மிக அவசியமாகும்.

வளர்சிதைமாற்றத்தில் ஏற்படும் ஏற்றத்தைத் தொடர்ந்து செல் சவ்வின் உட்புகுதிறனும் (permiability) மிகுதியாகின்றது; இதன்மூலம் பொருள்கள் சுதந்தரமாகப் பரிமாறிக்கொள்கின்றன.

மற்றொரு முக்கிய மாற்றம், வெளியேற்றப்படும் அமோனியாவின் அளவு அதிகரிப்பதாகும். இது முட்டையில் ப்யூரைன் வளர்சிதைமாற்றம் (purine metabolism) தூண்டப்பட்டுள்ளது என்பதைக் குறிப்பதாகும். உட்கருப் பொருள்களின் உற்பத்திக்கு, ப்யூரைன் வளர்சிதைமாற்றம் முக்கியமானதாகும்.

உயிர்த்தாதுவின் பாகுநிலையும் (viscosity) அதிகரிக்கின்றது; அதன் கடினத் தன்மையும் அதிகமாக உள்ளது; கிட்டத்தட்ட ஜெல்லைப்போன்று காணப்படுகின்றது. ஆனால், இத்தகைய மாற்றங்கள் செல் பிரிதலுக்கு அவசியமானதாகும்.

17. கன்னியினப் பெருக்கம்

(Parthenogenesis)

விந்தணுவின் சேர்க்கையின்றிக் கருவுறுதல் நடைபெருமலேயே முட்டைகள் வளர்ச்சியடைந்து இனப் பெருக்கம் செய்யப்படும் முறைக்குக் கன்னியினப் பெருக்கம் என்று பெயர். இதில் இரு வேறுபட்ட இனச் செல்களின் சேர்க்கை இல்லாத காரணத்தினுல் கலவியிலா இனப்பெருக்கத்தின் (asexual reproduction) ஒரு வகையாக இதைக் கருதலாம். கன்னியினப் பெருக்கம் முதுகெலும்பற்ற விலங்குகளிலும் குறிப்பாகப் பூச்சிகளிலும் ஓட்டுடலிகள் அல்லது கிரஸ்டேஷியன்களிலும் (Crustaceans), சக்கரவுடலிகள் அல்லது ரோட்டிஃபர்களிலும் (Rotifers) நடைபெறுகின்றது. எனவே, இது இயற்கையில் நிகழக்கூடிய ஒன்ருக இருக்கின்றது. இத்தகைய இனப் பெருக்கத்தைச் செயற்கை முறைகளைக்கொண்டும் பரிசோதனைச் சாலைகளில் செய்யமுடிகின்றது. எனவே, இது இரு வகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. (1) இயற்கைக் கன்னியினப் பெருக்கம். (2) செயற்கைக் கன்னியினப் பெருக்கம்.

இயற்கைக் கன்னியினப் பெருக்கம் (Natural parthenogenesis)

இயற்கைக் கன்னியினப் பெருக்கம் குரோமசோம்களின் எண்ணிக்கையைப்பொறுத்து இருவகைகளாகக் காணப்படுகின்றது. இரட்டைக் குரோமசோம்கள் இருந்தால் அவை இரட்டைவகை (diploid) என்றும் ஒற்றைக் குரோமசோம்கள் இருந்தால் அவை ஒற்றைவகை (haploid) என்றும் அழைக்கப்படும்.

இவ்விரு வகைகளில் இரட்டைவகை ஒற்றைவகையைவிட அதிகமாகக் காணப்படுகின்றது. இது குறிப்பிடத்தக்க வகையில் ஏஃபிடுகளிலும் (aphids), ஃபில்லோசிரன்களிலும் (Phylloxerans), டாஃப்னிடுகளிலும் (daphnids), ஆஸ்ட்ரகோட்களிலும்

(Ostracodes) காணப்படுகின்றது. வேறுசில விலங்குகளில் இது எப்பொழுதோ சில சமயங்களில் நிகழ்கின்றது. அத்தகைய விலங்குகள் ஃபில்லோபோடுகள் (Phyllopods), நேரிறக்கிகள் அல்லது ஆர்த்தோப்டீரன்கள் (Orthopterans), செதிலிறக்கிகள் அல்லது லெபிடோப்டீரன்கள் (Lepidopterans), முள்தோலிகள் (Echinoderms), உருளைப் புழுக்கள் (Nematodes) ஆகும்.

இரட்டைவகைக் கன்னியினப் பெருக்கத்தில் முட்டைகளில் சாதாரணமாக நிகழக்கூடிய குன்றல் பகுப்புமுறை நிகழ்வதில்லை. எனவே, முட்டை ஒற்றைக் குரோமசோம்களைப் பெறுவதற்குப் பதில், இரட்டைக் குரோமசோம்களையே கொண்டுள்ளது. சில வகைகளில் குன்றல் பகுப்புமுறை நிகழ்ந்து, பிறகு முட்டையிலுள்ள ஒற்றைக் குரோமசோம்களும் துருவச் செல்லிலுள்ள (polocyte) ஒற்றைக் குரோமசோம்களும் இணைந்து இரட்டைக் குரோமசோம்கள் உண்டாகின்றன.

ஒற்றைவகைக் கன்னியினப் பெருக்கம், தோலிறக்கிகள் அல்லது ஹைமினோப்டீரா (Hymenoptera—தேனீ, எறும்பு, குளவி), அரையிறக்கி அல்லது ஹெமிப்டீரா (Hemiptera-செடிப் பூச்சிகள்), சிலம்பிகள் அல்லது அராக்கினிட்கள் Arachnids) முதலியவற்றில் குறிப்பிடத்தக்க வகையில் நடைபெறுகின்றது.

ஒற்றைவகைக் கன்னியினப்பெருக்க முட்டைகளில் குன்றல் பகுப்புமுறை முழுமையாக நடைபெறுகின்றது. எனவே, இம் முட்டைகளில் ஒற்றைக் குரோமசோம்களே காணப்படுகின்றன. இவை விந்தணுமூலம் கருவுற்று வளர்ச்சியடையும் தன்மையுடையன. ஆனால், சில சமயங்களில் கருவுறாமலேயே இவை வளர்ச்சியடைகின்றன. இவ்வாறு கருவுறாமல் ஒற்றைக் குரோமசோம்களுடன் கூடிய முட்டை வளர்ச்சியடைந்தால் அது ஆண் உயிரியாகின்றது. எனவே, கன்னியினப் பெருக்கத்தின்மூலம் தோன்றிய ஆண் விலங்குகளில் ஒற்றைக் குரோமசோம்களே இருக்கின்றன.

ஓர் எடுத்துக்காட்டின்மூலம் கன்னியினப் பெருக்க முட்டையில் நிகழும் செல்லியல் மாற்றங்களைத் தெளிவாக அறிந்து கொள்ளலாம். நீரோடீரஸ் லென்டிகுலாரிஸ் (Neuroterus lenticularis) என்ற பூச்சியில் தலைமுறை ஒன்றுவிட்டு வருதல் (alternation of generation) நடைபெறுகின்றது. ஓர் ஆண்டில் இரண்டு தலைமுறைகள் உள்ளன; ஒன்று கலவியினப் பெருக்கத்தைச் சேர்ந்தது (sexual). மற்றொன்று கன்னியினப் பெருக்கத்தைச் சேர்ந்தது.

முதலில், கலவிக்குப் பிறகு பெண் பூச்சிகள் முட்டைகளை இடுகின்றன. இம் முட்டைகளிலிருந்து வெளிவரும் பூச்சிகள் யாவும் பெண் பூச்சிகளாகவே இருக்கின்றன. இப் பூச்சிகளிடும் முட்டைகள் ஆண் அல்லது பெண் பூச்சிகளாக வளர்ச்சியடைகின்றன. இது எவ்வாறு நிகழ்கின்றது என்பதைக் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கலாம்.

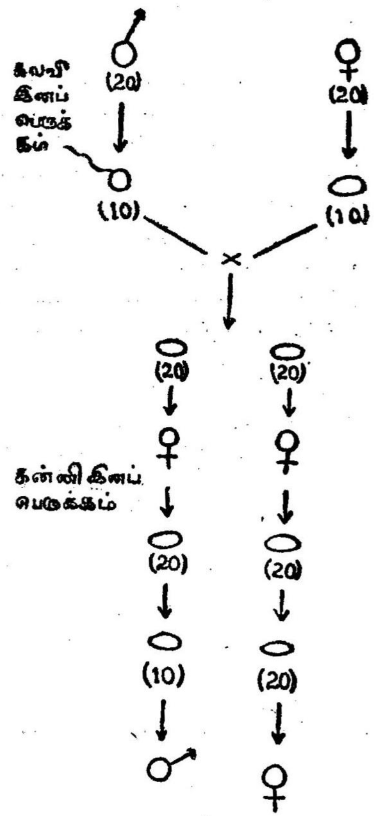
பெண் பூச்சி இடும் முட்டைகள், இரு துருவப் பிரிவுக்குப் (polar division) பிறகு இரட்டைக் குரோமசோம்கள் பாதியாகக் குறைந்து ஒற்றைக் குரோமசோம்களைப் பெறுகின்றன; இப் பூச்சியில் இதன் எண்ணிக்கை 10 ஆக உள்ளது. பத்துக் குரோமசோம்களையுடைய முட்டை உட்கரு, 10 குரோமசோம்களையுடைய விந்தணு உட்கருவுடன் பிறகு சேர்கின்றது. இவ்வாறு கரு முட்டையில் 20 குரோமசோம்கள் வந்து சேர்கின்றன; இத்தகைய முட்டைகள் யாவும் கன்னிப்பினப் பெருக்கத் தலைமுறையின் பெண் பூச்சிகளாக (parthenogenetic generation) வளர்ச்சியடைகின்றன. இப் பூச்சிகளிடும் முட்டைகள் யாவும் விந்தணுவின் சேர்க்கையில்லாமலேயே வளர்ச்சியடைகின்றன. ஆனால், சில முட்டைகள் ஆண் பூச்சிகளாகவும், வேறு சில முட்டைகள் பெண் பூச்சிகளாகவும் வளர்ச்சியடைகின்றன. இதற்குக் காரணம் குரோமசோம்களின் எண்ணிக்கையில் ஏற்படும் மாற்றமேயாகும்.

ஆண் பூச்சிகளைத் தரக்கூடிய முட்டைகளில் இரு துருவப் பிரிவு ஏற்பட்டு (குன்றல் பகுப்புமுறைமூலம்) குரோமசோம்கள் 20-லிருந்து 10ஆகக் குறைக்கப்படுகின்றன. எனவே, ஒற்றைக் குரோமசோம்களுள்ள முட்டை ஆண் பூச்சியாக வளர்ச்சியடைகின்றது. ஆனால், பெண் பூச்சியைத் தரக்கூடிய முட்டைகளில் குன்றல் பகுப்புமுறை நடைபெறவில்லை. எனவே, இம் முட்டைகளில் 20 குரோமசோம்கள் காணப்படுகின்றன. இத்தகைய இரட்டைக் குரோமசோம்களுடைய முட்டைகள் பெண் பூச்சிகளாக வளர்ச்சியடைகின்றன (படம் 53).

செயற்கைக் கன்னிப்பினப் பெருக்கம் (Artificial parthenogenesis)

முதன்முதலில் செயற்கை முறையில் முட்டைகளைக் கருவுறச் செய்வதில் வெற்றி கண்டவர் லோஃப் (Loef, 1889) என்பவராவர். இவர் கையாண்ட முறைப்படி, கடல் அர்ச்சின் முட்டைகள் பியூட்ரிக் அமிலத்துடன் (butyric acid) சிறிது நேரம் சேர்க்கப்பட்டுப் பிறகு அவை கடல்நீரில் விடப்படுகின்றன. சுமார் 10 அல்லது 20 நிமிடங்களுக்குப் பிறகு

மீண்டும் அவை ஹைப்பர்டோனிக் திரவத்தில் (hypertonic) (50cc கடல் நீர் + 2·5 N சோடியம் குளோரைடு 8cc) விடப்படுகின்றன. சுமார் 15 அல்லது 20 நிமிடங்களுக்குப் பிறகு இம்



படம் 58

நீரோடீரஸ் லென்டிகுலாரிஸ் (Neuroterus lenticularis) என்ற பூச்சியில் கலவி இனப்பெருக்கமும் கன்னி இனப்பெருக்கமும்

முட்டைகள் கடல் நீருக்குக் கொண்டுவரப்படுகின்றன. இதன் பிறகு முட்டை வளரத் தொடங்குகின்றது. இதில் வரும் முதல் படியின்மூலம் (first step) முட்டையில் புற மாற்றங்களும் (cortical changes). இரண்டாம் படியின்மூலம் பிளவுக்குரிய தூண்டுதலும் ஏற்படுவதாகத் தெரிகின்றது.

தலை முட்டைகள் வேறு விதமாகத் தூண்டிவிடப்பட்டு வளரும்படி செய்யப்படுகின்றன; வெப்பமான ஊசியைக் கொண்டு முட்டையைக் குத்தினால், முட்டையில் புற மாற்றங்களை அது ஏற்படுத்துகின்றது. செல் பொருள்களுடன் கூடிய ஊசியைக் கொண்டு குத்தும்போது, பிளவுக்குரிய தூண்டுதலை உண்டாக்குகின்றது.

இதே மாதிரி பல்வேறு செயற்கை முறைகள்மூலம் பல இடங்களில் முட்டைகள் வளருமாறு தூண்டப்படுகின்றன; இதிலிருந்து ஓர் உண்மை வெளிப்படுகின்றது. முட்டை வளர்ச்சியடைவதற்கு வேண்டிய அவசியமான காரணிகள் (factors) அனைத்தும் முட்டையிலேயே இருக்கின்றன. முட்டை வளர்ச்சிக்கு வேண்டிய காரணிகள் ஏதேனும் விந்தணுவிலிருந்து வருவதாகத் தோன்றவில்லை. எனவே, முட்டையை ஒரு செயல் மண்டலமாக (reaction system) கருதவேண்டும்; அது வளரத் தொடங்குவதற்கு ஏதோ சில வெளித் தூண்டுதல்களே தேவைப்படுகின்றன;

REFERENCES

Baker, J. R., 1944, The Structure and Chemical Composition of the Golgi Element. Quart. J. Micr. Sc , 81 : 1.

Beams. H. W., 1943, Ultra Centrifugal Studies on Cytop'asmic Components and Inclusions. Biol.Symposia, 10 : 71.

Cajal, S. R., Algunas variaciones fisiotogicas of Patologicas del aparato reticular de Golgi. Trab. Lab Inv. Biol, 12 : 127.

Cowdry, E. V., 1924, Cytological Constituents Mitocnondria, Golgi apparatus and chromidial substance. In 'General Cytology' (Ed. Cowdry), University of Chicago Press, Chicago.

Darlington, C. D., 1932, Recent Advances in Cytology. J & A Churchill Ltd., London.

Deane, H. W., and E. W. Demsey, 1945, The Localization of Phosphates in the Golgi region of intestinal and other epithelial cells. Anat. Rec. 93:401.

Darlington, C, D., 1936, Crossing-over and its mecnanical relationships in *chorthippus and stanroderus* J. Genet, 33, 465.

Emmul, V. M., 1945, Alkaline Phosphatase in the Golgi zone of obsorbing cells of the small intestine. Anat. Rec., 91.

Gresson, R. A. R., 1948, Essentials of General Cytology Edinburgh at the University Press, London.

Hertwig, P., 1920, Abwelchende Form der Parthenogenese beieiner Mutation Von *Rhafdifis Pellio.* Eine exeprimental Cytologische Untersuchung Arch Mikr. Anat. 94, 303.

Langley, L L., 1967, :Cell Function. Reinhold Publishing Corporation: A subsidiary of chapman-Reinhold, Inc, New York.

Nasan, A., 1965, Text book of Modern Biology John Wiley & Sons, Inc,. New york.

Schrader, F., 1936, The kinetochore or spindle fibre locus in *Amphiuma tridactylum*. Biol. Bull. 70, 484.

Shurp, L. W., 1934, Introduction to Cytology Mc Gran. Hill Book Company Inc., New York and London.

Sjostrand, F. S., and Elfin, 1964. The Granular Structure on Mitochondrial Membranes and of Cytomembranes as demonstrated on brozen—dried—tissue. J ultr a struct Res 10 : 263.

Taras, S., 1939, Microchemical Studies on the Golgi apparatus using protease-nile flue sulphate techniques. J. Fac. Sel. Hokkaido, Imp. univ. Ser., VI, 7 :1.

White, M. J. D., 1942, The chromosomes. Methuen & Co. Ltd., London.

Wilson, E. B., 1924, The Cell in Development and Heredity. The Macmillan Company, New York.

கலைச்சொல் அகராதி

A

Absorption	—உட்கிரகித்தல்
Acid	—அமிலம்
Acidophilic	—அமில அணுகுதன்மை
Acid phosphatase	—அமிலஃபாஸ்ஃபடேஸ்
Adenine	—அடினைன்
Adenosine triphosphate(ATP)	—அடினோசின் ட்ரைஃபாஸ்ஃபேட்டு (ஏட்டிபி)
Adenosine diphosphate(ADP)	—அடினோசின் டைஃபாஸ்ஃபேட்டு (ஏடிபி)
Adipose cell	—கொழுப்புச் செல்
Acrocentric	—முனைமைய
Acrosome	—முனைப்பொருள்
Active transport	—செயல்மிகு பெயர்ச்சி
Aerobic respiration	—காற்றுச்சுவாசம்
Agglutination	—ஒட்டிக்கொள்ளுதல்
Alkaline phosphatase	—அல்கலின்பாஸ்ஃபடேஸ்
Alternation of generation	—தலைமுறை ஒன்றுவிட்டு வருதல்
Amino acids	—அமினோ அமிலங்கள்
Amitosis	—நேர்முகப் பகுப்பு
Ammonia	—அமோனியா
Amphibia	—நீர், நில வாழ்வன
Analysis	—கூறுபாடு
Anaphase	—மேல்தோற்ற நிலை
Androgamones	—ஆன்ட்ரோகாமோன்கள்
Angstrom	—ஆங்ஸ்ட்ராம்
Angular deviation	—கோண விலக்கம்

Anions —ஆன் அயான்கள்
Aphid —ஏஃபிடு
Arachnids —சிலம்பிகள்
Argentophilic —வெள்ளி அணுகுபகுதி
Argentophobic —வெள்ளி விலகுபகுதி
Asexual —கலவியிலா
Astral rays —நட்சத்திரக் கதிர்கள்
Astrosphere —நட்சத்திரக் கோளம்
Atomic number —அணு எண்
Atomic weight —அணு எடை
Attraction —கவர்ச்சி
Autophagy —தன்னைத்தானுண்ணல்
Axial filament —அச்சிழை

B

Bacteria —பாக்டீரியா
Band —கட்டு
Base —உப்புமூலம்
Basic dyes —உப்புமூலச் சாயப் பொருள்கள்
Bile canaliculi —பித்த நுண்நாளங்கள்
Binucleate cell —இரட்டை உட்கருச்செல்
Biochemistry —உயிர் வேதியியல்
Biophysics —உயிர் பௌதிகவியல்
Birefringence —இரட்டை விலக்கம்
Bivalent —இரட்டைத் தொகுப்பு
Blood cells —இரத்த உயிரணுக்கள்
Bond —இணைப்பு
Bone marrow —எலும்புச்சாறு
Butyric acid —பியூட்ரிக் அமிலம்

C

Canals —கால்வாய்கள்
Carbohydrate —கார்போஹைடிரேட்டு
Carmine —கார்மின்
Catabolism —சிதைமாற்றம்
Cations —காட் அயான்கள்
Cell —செல்
Cell center —செல் மையம்

Cell division —செல் பிரிதல்; செல் பகுப்பு
Cell membrane —செல் சவ்வு
Cellulose —செல்லுலோஸ்
Centrifugal force —மையவிலக்குச் சக்தி
Centrifugation —மைய விலக்கம்
Centriole —நடுத்துகள்; மையத்துகள்
Centripetal pole —நடுமுனை
Centromere —மையப்பகுதி (சென்ட்ரோமியர்)
Centrosome —மையப்பொருள் (சென்ட்ரோ சோம்)
Centrosphere —மையக் கோளம்
Cephalin —செபாலின்
Chiasmata —குறுக்கீட்டமைப்பு
Cholesterole —கொலஸ்டிரால்
Choline —கோலின்
Chloroplast —பசுங்கணிகம்
Chromatid —குரோமாட்டிடு
Chromatin —நிறத்துகள் (குரோமாட்டின்)
Chromatography —குரோமாடோகிராஃபி
Chromomere —நிறப்பகுதி
Chromonemata —நிற இழைகள்
Chromoplast —வண்ணக் கணிகம்
Chromosomes —நிறப்பொருள்கள் (குரோம சோம்கள்)
Cilia —நுண்ணிழைகள்
Cisternae —உயிர்த்தாதுக் குழிகள்
Citric-acid cycle —சிட்ரிக் அமிலச் சுழற்சி
Coagulation —உறைதல்
Coarse —பருமனுடைய பொருள்
Codon —கோடன்
Coenzyme —துணை நொதிகள்
Colloidal —கொல்லாய்டல்
Concentration —அடர்த்தி
Cojugated protein —இணைந்துள்ள புரதம்
Corpus allatum —கார்ப்பஸ் அல்லேட்டம்
Cortical changes —புற மாற்றங்கள்
Coupling factor —இணையும் காரணி
Cristae —உச்சிகள் (கிரிஸ்டாக்கள்)
Crossing over —மேல் குறுக்கு
Crustaceons —ஓட்டுடலிகள்

Crystal violet —கிரிஸ்டல் வயலெட்
Cuboidal cell —பெட்டகச் செல்
Cyclic changes —சுழற்சி மாற்றங்கள்
Cytochrome C —சைட்டோகுரோம் சி
Cytogenetics —செல் பாரம்பரியவியல்
Cytological methods —செல்லியல் முறைகள்
Cytologists —செல்லியலாளர்கள்
Cytology —செல்லியல் (உயிரணுவியல்)
Cytoplasm —சைட்டோபிளாசம் (அணுத் தாது)
Cytosine —சைடோசின்

D

Daphnids —டாஃபினிடுகள்
Dark-field condenser —கருமைப்பிடக் குவிப்பான்
Deoxyribonucleic acid(DNA)—டி ஆக்சிரிபோ உட்கரு அமிலம் (டிஎன்ஏ)
Development —வளர்ச்சி
Diakinesis —குறுகலிழை நிலை
Diffusion —ஊடுருதல்
Digestive vacuole —சீரணக்குழி
Diphosphopyridine (DPN) —டைஃபாஸ்ஃபோபிரிடின் (டிபிஎன்)
Diploid —இரட்டை
Diplonema —ஈரிழை நிலை
Diptera —ஈரிறக்கையின
Direct method —நேரிடை முறை

E

Echinoderm —முள்தோலி
Egg —முட்டை
Electron microscope —எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி
Element —மூலகம்
Ellipsoidal —நீண்டகோளம்
Embryonic cell —கருச்செல்
Endoplasmic reticulum —உயிர்த்தாது வலை
Enzyme —நொதி

Epithelium —மேலணியிழையம்
Equatorial plane —மத்தியரேகைச் சமதலம்
Ergosterol —எர்கோஸ்டீரால்
Ethanolamine —எத்தனுலாமின்
Evolution —பரிணாமம்
Exocrine glands —நாளமுள்ள சுரப்பிகள்
Extracellular digestion —செல்புறப் பொருள் சீரணம்
Extract —திரட்டு

F

Factors —காரணிகள்
Fat —கொழுப்பு
Fertilization —கருவுறுதல்
Fertilization cone —கருவுறுதல் முனை
Feulgen method —ஃபாயில்ஜன் முறை
Feulgen negative —ஃபாயில்ஜன் பற்றில்லாதவை
Fibre —நார்
Fibrillogenesis —நார்த்தோன்றல் முறை
Filament —இழை
Fixation —நிலையிறுத்தல்
Fixative —நிலைநிறுத்தி
Flagellata —சாட்டையுடலிகள்
Flagellum —சாட்டை; கசை
Fore gut —முன்குடல்
Functional significance —பணி முக்கியத்துவம்
Furrow —பள்ளம்
Fusiform —கதிர்போன்ற

G

Gametes —இனச்செல்கள்
Gametogenesis —இனச்செல் முதிர்வழி
Gamones —காமோன்கள்
Gene —ஜீன் (பண்பகம்)
Generation —தலைமுறை
Genetic code —ஜீனின் கோட் (பண்பகத்தின் குறி)
Genus —பேரினம்
Giant chromosome —பெரும் குரோமசோம்

Golgi body —கோல்கைப் பொருள்
Granules —துகள்கள்
Gravity —ஈர்ப்பு விசை
Guanine —குவானின்
Gynogamones —கைனோகாமோன்கள்

H

Haploid —ஒற்றை
Helix —திருகு
Hematoxylin —ஹெமடாக்சிலின்
Hemiptera —அரையிறக்கையின
Heridity —மரபு வழி
Heterochromatin —மாறுபட்ட குரோமாட்டின்
High-energy bond —மிகுசக்தி இணைப்புகள்
Histo chemistry —இழையவேதியியல்
Homologous —ஒத்தமைப்புடைய
Hormone —ஹார்மோன்
Hyaloplasm —ஹயலோபிளாசம்
Hyaluronidase —ஹையலுரோனிடேஸ்
Hydrogen —ஹைடிரஜன்
Hydrolysis —நீரால் பகுத்தல்
Hydrostatic pressure —நீர்நிலை அழுத்தம்
Hypothesis —கொள்கை
Hypotonic —குறை ஊடுகலப்பு அழுத்தமுடைய
Hypertonic மிகுஊடுகலப்பு அழுத்தமுடைய

I

Ion —அயான்
Inactive —இயக்கமின்றி
Indicator —சுட்டிக்காட்டி
Individuality —தனித்தன்மை
Infusoria —இன்ஃபுசோரியா
Inheritance —மரபுவழியடைதல்
Inorganic —அனங்கக
Inositol —இனோசிட்டால்
Insects —பூச்சிகள்
Insulin —இன்சுலின்

Inter bands	—இடைக் கட்டுகள்
Inter change	—இடைமாற்றம்
Inter chromomere	—இடை நிறப்பகுதி
Intracellular digestion	—செல் அகப்பொருள் சீரணம்
Invagination	—உள்பிதுக்கம்
Invertebrates	—முதுகெலும்பற்றவை
Iron hematoxylin	—அயர்ன் ஹெமடாக்சிலின்
Isotonic	—சமஊடுகலப்பு அழுத்தமுடைய

J

Janus green	—ஜேனஸ் பச்சை
Jel	— ஜெல்
Jelly	—ஜெல்லி (களிப்பொருள்)

K

Karyogamy	—உட்கருச் சேர்க்கை
Karyology	—உட்கருவியல்
Kidney	—சிறுநீரகம்
Krebs cycle	—கிரப்ஸ் சுழற்சி

L

Lampbrush chromosome	—லாம்பிரஷ் குரோமசோம்
Lanceolate	—அடியகன்று (நுனிகுறுகிய இலை போன்ற)
Layers	—அடுக்கு
Lecithin	—லெசித்தின்
Lepidoptera	—செதிலிறக்கையின
Leptonema	—நுண்ணிழை நிலை
Leucocytes	—இரத்த வெள்ளையணுக்கள்
Leucoplast	—வெண்கணிகம்
Light microscope	—ஒளி நுண்ணோக்கி
Light years	—ஒளியாண்டுகள்
Lipid	—கொழுப்பு
Liver	—கல்லீரல்
Lobe	—திரட்டு
Loop	—வளைவு
Lysosome	—லைசோசோம்

M

Magnesium —மக்னீசியம்
Major coil —மூத்த சுருள்
Malpighian tubules —மால்பிஜியன் குழல்கள்
Mammals —பாலூட்டிகள்
Matrix —இடையீட்டுப் பொருள்
Maturation division —பருவமெய்தல் பிரிவு
Mature egg —பருவமுற்ற முட்டை
Mechanism —இயந்திரவமைப்பு
Meiosis —குன்றல் பகுப்புமுறை
Messenger RNA —தூதுவர் ஆர்என்ஏ
Metabolism —வளர்சிதை மாற்றம்
Metacentric —பின்மைய
Metakinesis —பின்தோற்ற நிலை இயக்கம்
Metamorphosis —உருமாற்றம்
Metaphase —பின்தோற்றநிலை
Microdissection —நுண் அறுவைமுறை
Micromanipulation —நுண் கையாளுதல்முறை
Mlcron —மைக்ரான்
Microspectro photometry —நுண் ஒளிப்பட்டைப் புகைப்படக் கருவி
Mid gut —நடுக்குடல்
Minor coil —இளைய சுருள்
Mitochondria —மைட்டோகாண்ட்ரியா
Mitosis —எதிர்முகப் பகுப்புமுறை
Mitotic centers —எதிர்முகப் பகுப்பு மையங்கள்
Molecule —மூலக்கூறு
Monili form —மணிக்கோவை போன்ற
Mono nucleate cell —ஒற்றை உட்கருச் செல்
Mono saccharide —மோனோ சாக்கரைடு
Morphology —அமைப்பியல்
Mother cell —தாய்ச்செல்
Multi cellular organism —பலசெல் உயிரி
Muscle —தசை
Mutation —திரிபு (நிலையான திடீர்மாற்றம்)

N

Negative charge —எதிர் மின்னேற்றம்
Negative reaction —எதிர்ச் செயல்

Nematodes —நூற்புழுக்கள்
Neuro secretory cells —நரம்புச் சுரப்புச் செல்கள்
Neutral fat —சமக் கொழுப்பு
Neutral red —நடுநிலைச் சிவப்பு
Nile blue sulphate —நைல்புளூ சல்ஃபேட்டு
Non overlapping —ஏறாதிருத்தல்
Normality —நார்மாலிட்டி
Nuclear membrane —உட்கருச் சவ்வு
Nuclear sap —உட்கருச் சாறு
Nucleolar zone —உட்கருமணிச் சூழிடம்
Nucleoloneme —உட்கருமணியிழை
Nucleolus —உட்கருமணி (நியூக்ளியோலஸ்)
Nucleoplasm —உட்கருப்பிளாசம்
Nucleoplasmic index —உட்கருப் பிளாச எண்
Nucleoprotein —உட்கருப் புரதம்
Nucleotide —நியூக்ளியோடைடு
Nucleus —உட்கரு

O

Olisthero zones —நழுவுப் பகுதிகள்
Oogenesis —முட்டை முதிர்வழி
Oogonia —மூலமுட்டைச் செல்கள்
Ootid —மாற்று முட்டைச் செல்
Optics —பார்வையியல்
Orcein —ஆர்சின்
Organic —அங்கக
Organism —உயிரி
Organs —உறுப்புகள்
Organizer —அமைப்புக் கூறு
Origin —தோற்றம்
Orthoptera —நேரிறக்கையின
Osmiophilic —ஆஸ்மிக் அமில அணுகு பகுதி
Osmiophobic —ஆஸ்மிக் அமில விலகு பகுதி
Osmosis —ஊடு கலப்பு
Ostracodes —ஆஸ்ட்ரகோடுகள்
Ovary —முட்டையகம்
Overlapping —ஏறியிருத்தல்
Oxidative —ஆக்சிகரண
Oxygen —ஆக்சிஜன்

P

Pachynema	—தடிப்பிழை நிலை
Pair	—இணை
Parent cell	—பெற்றோர் செல்
Pars amorpha	—ஒழுங்கற்ற பகுதிகள்
Parthenogenesis	—கன்னியினப் பெருக்கம்
Pathology	—நோயியல்
Pellicle	—மெல்லுறை
Pepsin	—பெப்சின்
Peptide	—பெப்டைடு
Peptone	—பெப்டோன்
Permeability	—உட்புகு திறன்
Phagocytosis	—செல் உண்ணுதல்
Phagosome	—உண்ணுபொருள்
Phase contrast microscope	—ஃபேஸ் கான்ட்ராஸ்டு நுண்ணோக்கி
Phase microscope	—ஃபேஸ் நுண்ணோக்கி
Phospholipid	—ஃபாஸ் ஃபோலிபிடுகள்
Photosynthesis	—ஒளிர்சேர்க்கை
Phyllopodes	—ஃபில்லோபோடுகள்
Phylloxerans	—ஃபில்லோசீரன்கள்
Physiology	—உடற் செயலியல்
Pigment	—நிறமி
Plasma membrane	—பிளாஸ்மா சவ்வு
Plasmogamy	—பிளாசச் சேர்க்கை
Poise	—பாய்ஸ்
Polar division	—துருவப் பிரிவு
Polarity	—துருவ நோக்கு
Polarization	—முனைப்படுத்தல்
Polocyte	—துருவச் செல்
Polynucleate cell	—பல உட்கருச் செல்
Polypeptide	—பாலி பெப்டைடு
Polyribosomes	—பாலி ரிபோசோம்கள்
Polytene chromosome	—பலகட்டுக் குரோமசோம்
Positive charge	—நேர் மின்னேற்றம்
Potential energy	—நிலைச் சக்தி
Pre cursors	—முன்னோடிப் பொருள்கள்
Prismatic	—முப்பட்டைக் கண்ணாடி போன்ற
Primary Oocyte	—ஆதார முட்டைச் செல்

Primary spermatocyte —ஆதார விந்துச் செல்
Properties —தன்மைகள்
Prophase —முன் தோற்றநிலை
Protein —புரதம்
Proteolytic —புரதச் சிதைவுக்குரிய
Protoplasm —உயிர்த்தாது
Protoplasmic Cone —உயிர்த்தாது முனை
Pseudopodium —போலிக்கால்
Pully —கப்பி
Purine —ப்யூரைன்
Pyriform —பேரிக்காய் போன்ற
Pyrimidine —பிரிமிடின்

R

Radiation —கதிரியக்கம்
Reaction —செயல்; கிரியை
Refractive index —விலக்க எண்
Relational coiling —உறவுள்ள சுற்றுதல்
Relationspip —தொடர்பு
Relative dimension —சார்பு பெருக்கம்
Renal glomeruli —சிறுநீரக குளோமிருலி
Replication —பிரதியுண்டாதல்
Reproduction —இனப் பெருக்கம்
Resting stage —ஓய்வு நிலை
Ribosome —ரிபோசோம்
Ribo nuclease —ரிபோ நியூக்ளியேஸ்
Ribo nucleic acid (RNA) —ரிபோ உட்கரு அமிலம் (ஆர்என்ஏ)
Ribonucleo protein —ரிபோ உட்கருப் புரதம்
Rotifers —சக்கரவுடலிகள்

S

Safranin —சாஃப்ரனின்
Sat-chromosomes —துணைக்கோள் குரோமசோம்
Satellite —துணைக்கோள்
Scarlet red —ஸ்கார்லெட் சிவப்பு
Sea urchin —கடல் அர்ச்சின்
Secondary Oocyte —துணைமுட்டைச் செல்

Secondary spermatocyte	—துணை விந்துச்செல்
Secretory granules	—சுரப்புத் துகள்கள்
Selectively permeable	—தேர்ந்தெடுக்கும் உட்புகு திறமுடைய
Semi permeable	—பாதி உட்புகு திறமுடைய
Sex cell	—இனச் செல்
Sexual reproduction	—கலவியினப் பெருக்கம்
Silver impregnation	—வெள்ளிச் சேர்க்கைமுறை
Smooth type	—மென்வகை
Sodium chloride	—சோடியம் குளோரைடு
Sol	—சால்
Soluble RNA	—கரையும் ஆர்என்ஏ
Solute	—கரைபொருள்
Solvent	—கரைப்பான்
Somatic cell	—உடற் செல்
Specialization	—சிறப்புத் தன்மையடைதல்; சிறப்பெய்தல்
Specific gravity	—ஒப்படர்த்தி
Species	—இனம்
Spermatid	—மாற்று விந்துச் செல்
Spermatogenesis	—விந்தணு முதிர்வழி
Spermatogonia	—மூலவிந்துச் செல்கள்
Spermatozoon	—விந்தணு
Spermiogenesis	—விந்தணு தொடங்கும் வழி
Spindle	—கதிர்
Stability	—நிலைத் தன்மை
Staining	—சாயம்
Steroid	—ஸ்டீராய்டு
Stimulation	—தூண்டல்
Strands	—இழைகள்
Strong salts	—வீரிய உப்புகள்
Stromatin	—ஸ்ட்ரோமாடின்
Structure	—அமைப்பு
Squamous cell	—தட்டைச் செல்
Submetacentric	—கீழ்ப் பின் மைய
Succinate	—சக்சினேட்டு
Sudan	—சூடான்
Synapsis	—இணைப்பு
Syncytium	—உயிர்த்தாதுச் சேர்க்கை

Syngamy —மணச்சேர்க்கை
Synthesis —உற்பத்தி (சேர்க்கை)
System —மண்டலம்

T

Taxonomy —பகுப்பியல்
Telomeres —முனைப் பகுதிகள்
Telophase —முனைத் தோற்றநிலை
Testis —விந்தகம்
Tetrad —நான்கு தொகுப்பு
Theory —கொள்கை
Thymine —தைமின்
Transfer RNA —ஏற்று ஆர்என்ஏ
Triglyceride —மூன்று கிளிசிரைடு
Triplet code —மூன்றெழுத்துக் குறி
Tissue —இழையம; திசு
Tubules —நுண்குழல்கள்

U

Ultra centrifugation —நுண்மைய விலக்கம்
Ultra violet —அல்ட்ரா வயலெட்
Unicellular organism —ஒற்றைச் செல் உயிரி
Union —சேர்க்கை
Units —அலகுகள்
Universe —பிரபஞ்சம்; அண்டம்
Unstable —நிலைபற்றவை
Uracil —யூராசில்
Urine —சிறுநீர்
Uterine gland —கருப்பைச் சுரப்பி

V

Variation —வேறுபாடு
Virus —வைரஸ்
Viscosity —பாகுநிலை
Vitelline —விட்டலின்

W

Wax	—மெழுகு

X

X-ray	—எக்ஸ்—கதிர்

Z

Zygonema	—இணையிழை நிலை
Zygote	—கருமுட்டை

———