உயிர்வேதியியல்

மேல்நிலை - இரண்டாம் ஆண்டு

தீண்டாமை ஒரு பாவச்செயல்

தீண்டாமை ஒரு பெருங்குற்றம்

தீண்டாமை மனிதத் தன்மையற்ற செயல்

தமிழ் நாட்டுப்
பாடநூல் கழகம்
கல்லூரிச் சாலை, சென்னை - 600 006.

© தமிழ்நாடு அரசு

முதல் பதிப்பு - 2005

குழுத்தலைவர் மற்றும் நூலாசிரியர்

முனைவர். த. சக்திசேகரன்

பேராசிரியர், உயிர்வேதியியல் துறை
சென்னைப் பல்கலைக்கழகம், தரமணி வளாகம், சென்னை - 113.

மேலாய்வாளர்கள்

முனைவர் பா. சமுத்திரம்
துணை பேராசிரியர் (ஓய்வு)
உயிர்வேதியியல் துறை
அரசினர் மருத்துவக் கல்லூரி
சென்னை - 103.

முனைவர் செ.சீ. சியாமளா தேவி
பேராசிரியர் மற்றும் துறைத்தலைவர் (ஓய்வு)
உயிர்வேதியியல் துறை
சென்னைப் பல்கலைக்கழகம்
கிண்டி வளாகம், சென்னை - 025.

முனைவர் ப. வரலட்சுமி
பேராசிரியர் மற்றும் துறைத்தலைவர்
உயிர்வேதியியல் துறை, சென்னைப் பல்கலைக்கழகம்
தரமணி வளாகம், சென்னை - 113.

நூலாசிரியர்கள்

முனைவர் ஆ. கீதா
இணை பேராசிரியர்
உயிர் வேதியியல் துறை
பாரதி மகளிர் கல்லூரி
சென்னை - 108.

திரு. ப.நா. வெங்கடேசன்
முதுகலை ஆசிரியர்
அரசினர் மேனிலைப் பள்ளி
பரதராமி
வேலூர் மாவட்டம் - 632 603.

முனைவர் ரெ. ஷீலா தேவி
விரிவுரையாளர்
உடற்கூறுவியல் துறை
சென்னைப் பல்கலைக்கழகம்
தரமணி வளாகம், சென்னை - 113.

முனைவர் சொ. சுப்ரமணியன்
விரிவுரையாளர்
உயிர் வேதியியல் துறை
சென்னைப் பல்கலைக்கழகம்
கிண்டி வளாகம், சென்னை - 025.

முனைவர் பெ. கலைச்செல்வி
விரிவுரையாளர், உயிர் வேதியியல் துறை, சென்னைப் பல்கலைக்கழகம்
தரமணி வளாகம், சென்னை - 113.

விலை : ரூ.

பாடங்கள் தயாரிப்பு : தமிழ்நாடு அரசுக்காக பள்ளிக் கல்வி இயக்ககம், தமிழ்நாடு

இந்நூல் 60ஜி எஸ் எம் தாளில் அச்சிடப்பட்டுள்ளது

வெப் ஆப்செட் முறையில் அச்சிட்டோர் :

பொருளடக்கம்

		பக்கம்
1.	செல் சவ்வு	1
2.	செரித்தல்	34
3.	கார்போஹைட்ரேட்களின் வளர்சிதை மாற்றம்	56
4.	புரதங்களின் வளர்சிதை மாற்றம்	99
5.	லிப்பிடுகளின் வளர்சிதை மாற்றம்	137
6.	நியூக்ளிக் அமிலங்களின் வளர்சிதை மாற்றம்	165
7.	வளர்சிதை மாற்றங்களின் மரபுவழி கோளாறுகள்	193
8.	உயிரியல் ஆக்ஸிஜனேற்றம்	211
9.	நொதி வினைவேகவியல்	242
10.	நோய் எதிர்ப்புச் சக்தி	264
	செய்முறை	314

பாடம் -1

செல் சவ்வு

முன்னுரை

ஓர் உயிருள்ள செல்லின் வெளிப்புற எல்லையைச் செல் சவ்வு அல்லது பிளாஸ்மா சவ்வு (Plasma membrane) என்கிறோம். 'செல் சவ்வு' என்னும் சொல்லை C.J. நகேலி மற்றும் C. கிராமர் ஆகியோர் 1855 ஆம் ஆண்டு உருவாக்கினர். செல்சவ்வு தவிர, செல்லின் நுண்ணுறுப்புகள் ஒவ்வொன்றும் சவ்வால் சூழப்பட்டுள்ளன. செல்சவ்வு செல்லின் சைட்டோபிளாசத்தை வரையறுப்பதோடன்றி, கடத்தல் (Transport), தகவல் தொடர்பு (Signal transduction) மற்றும் நரம்புத்தூண்டல் (Neurotransmission) போன்ற முக்கியப் பணிகளையும் செய்கிறது.

1.1 வேதி உட்பொருட்கள்

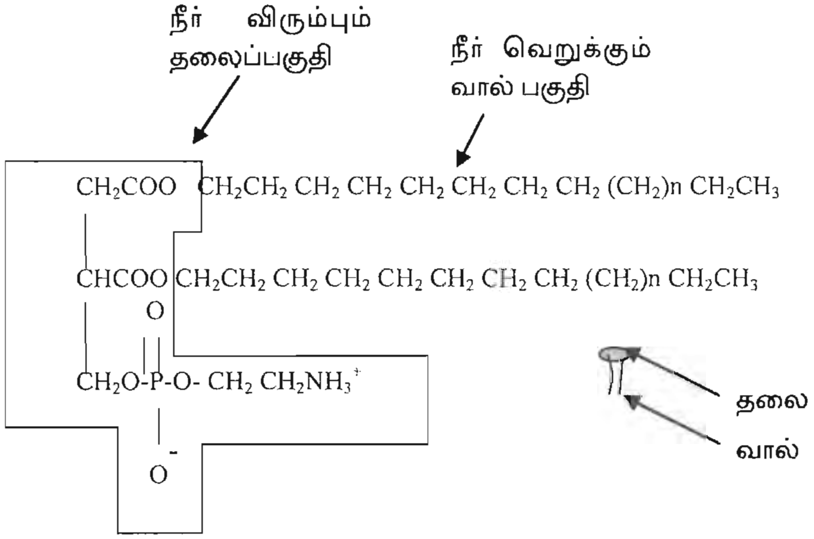
செல் சவ்வின் வேதியியல் கூறுகளை ஆய்வதற்கு இரத்தச் சிவப்பணுக்கள் பயன்படுகின்றன. ஏனெனில், இவை நுண்ணுறுப்புகள் அற்றவை. இதனால், இச்செல் சவ்வை மற்ற நுண்ணுறுப்பு சவ்வுகளின் கலப்படமின்றிப் பிரித்தெடுக்கலாம். இரத்தச் சிவப்பணுக்களின் சைட்டோபிளாசமற்ற சவ்வுகளை, 'கூடுகள்' (Ghosts) என்றழைக்கிறோம்.

செல்சவ்வு நான்கு முக்கிய வேதிப்பொருட்களால் ஆனவை. அவை (i) லிப்பிடுகள் (28-79%) (ii) புரதங்கள் (20-70%) (iii) ஒலிகோசாக்கரைடுகள் (1-5%) மற்றும் (iv) நீர் (20%).

1.1.1 லிப்பிடுகள்

எவ்வகை திசுக்களிலிருந்து செல் சவ்வுகளைப் பிரித்தெடுக்கிறோமோ, அதற்கேற்றவாறு அதன் வேதிப் பொருட்களும் மாறுபடுகின்றன. உதாரணமாக, மையலின் உறைகள் (myelin sheath) ஏறக்குறைய 80% லிப்பிடுகளால் ஆனவை. ஆனால் கல்லீரலின் செல் சவ்வில் 28% மட்டுமே லிப்பிடுகளாகும்.

செல்சவ்வில், பாஸ்போலிப்பிடுகள், கொலஸ்ட்ரால், கிளிசரோ பாஸ்போலிப்பிடுகள் போன்ற முக்கிய லிப்பிடுகள் உள்ளன. பாஸ்போடிடைல் கோலின், பாஸ்போடிடைல் எத்தனாலமின், பாஸ்போடிடைல் சிரைன், மற்றும் பாஸ்போடிடைல் இனோசிடால் போன்ற முக்கிய பாஸ்போலிப்பிடுகள் செல்சவ்வில் உள்ளன.



பாஸ்போலிப்பிடுகள்

செல்சவ்வு லிப்பிடுகள் நீர் விரும்பும் மற்றும் நீர்வெறுக்கும் (amphipathic) தன்மையுடையவை. அவற்றின் தலைப்பகுதி நீர்

விரும்பும் தன்மையும், வால் பகுதி நீர்வெறுக்கும் தன்மையும் கொண்டவை. செல்சவ்வுகளை நீர் விரும்பும் சூழலுக்கு உட்படுத்தும் போது, அவை நீர்வெறுக்கும் உட்பகுதியைக் கொண்ட இரட்டை லிப்பிடு அடுக்குகளாக அமைகின்றன.

1.1.2 புரதங்கள்

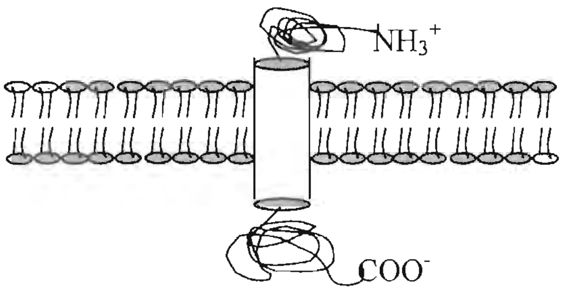
செல்சவ்விலுள்ள புரதங்கள், அதன் அனைத்து முக்கியப் பணிகளையும் செய்கின்றன. எவ்வகை செல் என்பதைப் பொருத்து, அதன் சவ்வில் 20-70% புரதங்கள் உள்ளன. செல்சவ்வு புரதங்களை உள் அமை புரதங்கள் மற்றும் புற அமை புரதங்கள் என இருவகையாகப் பிரிக்கலாம்.

உள் அமை புரதங்கள் (Intergral or Intrinsic Proteins)

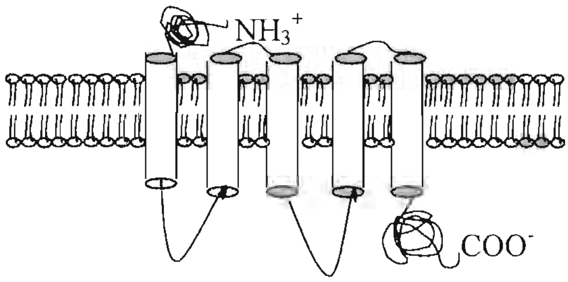
சில புரதங்கள் செல் சவ்வில் ஆழமாகப் பதிந்துள்ளன. இவற்றை செல்சவ்வைச் சேதப்படுத்தாமல் பிரித்தெடுக்க இயலாது. அவ்வாறு பிரிக்க இயலாப் புரதங்களை உள் அமை புரதங்கள் என்கிறோம். உள் அமை புரதங்கள் இருவகைப்படுகின்றன. அவை (அ) செல்சவ்வு குறுக்கு புரதங்கள் (Transmembrane Proteins) - இவ்வகை புரதங்கள் செல்சவ்வினை ஊடுருவிச் செல்கின்றன. அதனால் இவற்றிற்குச் செல்சவ்வின் இருபுறங்களிலும் டொமெய்ன்கள் (Domains) உள்ளன. செல் மேற்பரப்பமைவாங்கிகள் இவ்வகையைச் சார்ந்தவை. (ஆ) லிப்பிடுகளுடன் இணைந்த புரதங்கள் (Lipid anchored proteins) - இவ்வகை புரதங்கள் சைட்டோபிளாசத்திலோ அல்லது செல்லுக்கு வெளியிலோ அமைந்துள்ளன. அவை தங்கள் அமினோ தொகுதியுடன் பிணைக்கப்பட்ட லிப்பிடுகளின் மூலமாக செல்சவ்வோடு இணைந்து காணப்படுகின்றன.

செல் சவ்வு குறுக்குப் புரதங்கள் இருவகைப்படும். செல் சவ்வை ஒரே ஒரு முறை மட்டும் ஊடுருவிச் செல்லும் புரதங்களை ஒருமுறை ஊடுருவும் புரதங்கள் (Single pass Transmembrane pro-

teins) என்றும் பலமுறை ஊடுருவிச் செல்லும் புரதங்களைப் பலமுறை ஊடுருவும் புரதங்கள் (Multipass Transmembrane Proteins) என்றும் அழைக்கிறோம்.



படம் 1.1 ஒருமுறை ஊடுருவும் புரதங்கள்



படம் 1.2 பலமுறை ஊடுருவும் புரதங்கள்

புற அமை புரதங்கள் (Peripheral proteins)

செல் சவ்வின் வெளிப்புறம் அல்லது உட்புறம் மட்டுமே அமைந்துள்ள புரதங்கள் புற அமை புரதங்கள் ஆகும். இவற்றை செல் சவ்விலிருந்து எளிதாகப் பிரித்தெடுக்கலாம். (எ.கா) இரத்தச் சிவப்பணுக்களில் உள்ள ஸ்பெக்டிரின் (Spectrin) என்னும் புரதம்.

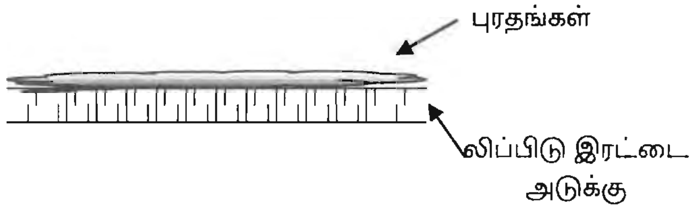
1.2 செல்சவ்வு மாதிரிகள்

1.2.1 ஓரடுக்கு அமைப்பு (Monolayer model)

ஓவர்டன் என்பவரே செல்சவ்வு அமைப்புகளை ஆய்வதில் முன்னோடியாவார். நீர்வெறுக்கும் வேதிப்பொருட்கள் செல்சவ்வு வழியாக எளிதில் கடத்தப்படுவதால், செல்சவ்வு ஒரு மெல்லிய லிப்பிடு படலத்தால் ஆனது என அறிவித்தார்.

1.2.2 லிப்பிடு ஈரடுக்கு அமைப்பு (Lipid bilayer model)

இரத்தச் சிவப்பணுக்களின் செல்சவ்விலுள்ள லிப்பிடுகளின் அளவு, அதன் மேற்பரப்பளவிற்கு இருமடங்காக உள்ளது. இந்த ஆராய்ச்சி முடிவின் அடிப்படையில் கார்டன் மற்றும் கிரண்டல், செல்சவ்வுகள் இரட்டை லிப்பிடு அடுக்குகளால் ஆனவை என அறிவித்தனர் (படம் 1.3).

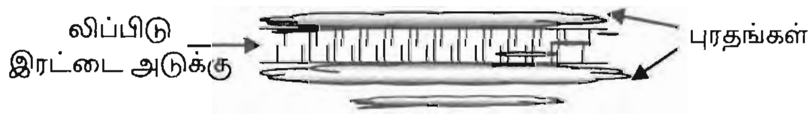


படம் 1.3 லிப்பிடு ஈரடுக்கு அமைப்பு

1.2.3 ஒருமை செல்சவ்வு அமைப்பு (Unit membrane model)

இவ்வமைப்பு டேவ்சன் மற்றும் டேனியல் என்போரால் அமைக்கப்பட்டு, பின்னர் இராபர்ட்சன் என்பவரால் செம்மைப்படுத்தப்பட்டது. இயற்கையான செல்சவ்வுகளின் மேற்பரப்பு இழுவிசை லிப்பிடுகளால் மட்டுமே ஆன செயற்கை செல்சவ்வுகளின் மேற்பரப்பு இழுவிசையை விடக் குறைவாக உள்ளது. இதனால் செல்சவ்வுகளில் புரதங்களும் உள்ளன என்பது தெளிவாகிறது. இதன் அடிப்படையில் டேவ்சன் மற்றும் டேனியல் இரட்டை லிப்பிடு அடுக்குகளின் மீது புரதங்கள் பரவியுள்ளன என அறிவித்தனர்.

எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி வழியாக செல்சவ்வுகளைப் பார்க்கும்போது, அவை மூன்று அடுக்குகள் உடையதாகக் காணப்படுகின்றன. இந்த ஆராய்ச்சி முடிவுகளிலிருந்து இராபர்ட்சன் ஒருமை செல் சவ்வு அமைப்பை உருவாக்கினார். இவ்வமைப்பின் படி செல் சவ்வில் இரு புரத அடுக்குகளும், ஒரு லிப்பிடு இரட்டை அடுக்கும் உள்ளன. அதாவது, இரு புரத அடுக்குகளுக்கு இடையில் (Sandwich)லிப்பிடு இரட்டை அடுக்கு அமைந்திருக்கும். (படம் 1.4)



படம் 1.4 ஒருமை செல் சவ்வு அமைப்பு

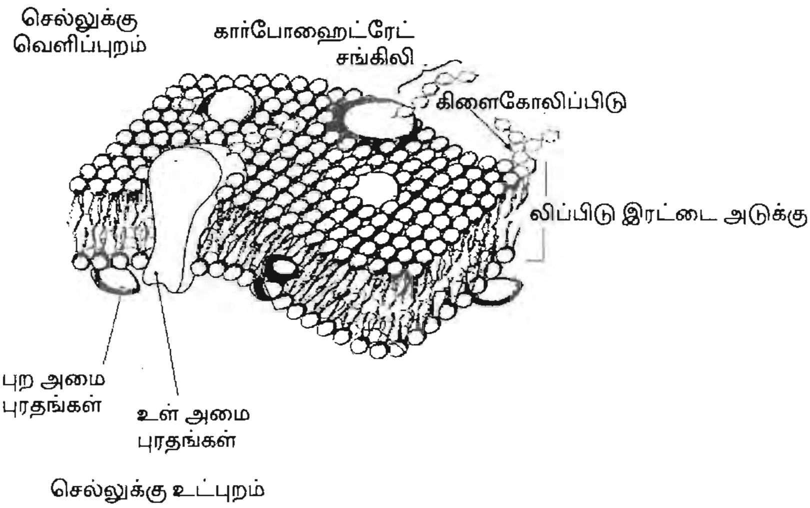
1.2.4 நீர்ம மொசைக் அமைப்பு (Fluid Mosaic Model)

இது உலகளவில் ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்ட ஒரு மாதிரியாகும். இம்மாதிரியை, பல அறிவியல் ஆய்வுகளின் அடிப்படையில் S.J. சிங்கர் மற்றும் G.L. நிக்கல்சன் ஆகியோர் 1972 ஆம் ஆண்டில் உருவாக்கினர். (படம் 1.5)

நீர்மமொசைக் அமைப்பின் முக்கிய கோட்பாடுகள்:

1. இரட்டை அடுக்கில் லிப்பிடுகளும், புரதங்களும் மொசைக் அமைப்பில் காணப்படுகின்றன.

2. பாஸ்போலிப்பிடுகளாகிய நீர்ம அடித்தளத்தில் சில புரதங்கள் உள்அமை புரதங்களாகவும், சில புரதங்கள் புறஅமை புரதங்களாகவும் அமைந்துள்ளன.



படம் 1.5 நீர்ம மொசைக் அமைப்பு

3. லிப்பிடுகள் மற்றும் புரதங்கள் செல்சவ்வில் நகரும் தன்மை கொண்டவை.

4. அவற்றால் இடவலமாக நகரவும், சுழலவும் முடியும். ஆனால் ஓரடுக்கிலிருந்து மற்றோர் அடுக்குக்கு நகர முடியாது.

5. செல்சவ்வு சீர்மையற்ற தன்மையுடையது. வெளிப்புற அடுக்கிலும், உட்புற அடுக்கிலும் வேதிப்பொருட்களின் அளவு மாறுபடுகிறது.

1.3 செல்சவ்வு கடத்தல் (Membrane Transport)

செல்சவ்வு கடத்தல், அதன் இன்றியமையாத பணிகளுள் ஒன்றாகும். செல் உயிரோட்டத்துடன் இருக்க செல்சவ்வு கடத்தல் முக்கியமானதாகும். நீர்வெறுக்கும் மூலக்கூறுகளும் சிறிய நீர் விரும்பும் மூலக்கூறுகளும் செல் சவ்வை எளிதாகக் கடக்கின்றன. ஆனால் மின்சுமையற்ற நீர் விரும்பும் பெரிய மூலக்கூறுகள் மற்றும் மின்சுமையுள்ள மூலக்கூறுகளால் செல்சவ்வைப் புரதங்களின் உதவியின்றிக் கடக்க இயலாது.

ஒரு பொருளைக் கடத்துவதற்கு ஆற்றல் தேவைப்படுகிறதா இல்லையா என்பதையும், அதன் செறிவையும் பொருத்து கடத்தல் செயல்மிகு கடத்தல் மற்றும் செயலற்ற கடத்தல் என இருவகைப்படும்.

1.3.1 செயலற்ற கடத்தல் (Passive Transport)

செயலற்ற கடத்தலில் பொருட்கள் அதிகச் செறிவிலிருந்து குறைந்த செறிவிற்கு எந்த ஒரு புரதத்தின் உதவியுமின்றிக் கடத்தப்படுகின்றன. இவ்வகை கடத்தல் சவ்வின் இருபக்கமும் கடத்தப்படும் பொருளின் செறிவு சமநிலை அடையும் வரை தொடர்கிறது. ஆக்ஸிஜன், கார்பன் -டை - ஆக்சைடு மற்றும் யூரியா போன்றவை இம்முறையில் கடத்தப்படுகின்றன.

1.3.2 புரத வழிக்கடத்தல் (Facilitated Diffusion)

கடத்தப்படும் பொருளின் செறிவு அதிகமாக இருந்தாலும் குளுக்கோஸ் போன்ற நீர் விரும்பிகளால் செல்சவ்வை எளிதில் கடக்க இயலாது. அத்தகைய பொருட்களைக் கடத்துவதற்குப் புரதங்கள் தேவைப்படுகின்றன. இக்கடத்தல் புரதவழிக்கடத்தல் என்றழைக்கப்படுகிறது.

புரதவழிக் கடத்தலில் ஈடுபடும் புரதங்கள் கடத்தல் புரதங்கள் (Carrier Proteins) என்றழைக்கப்படுகின்றன . அனைத்து செல்சவ்வுகளும் கடத்தல் புரதங்களைக் கொண்டுள்ளன.

கடத்தல் புரதங்களின் சில முக்கிய பண்புகள்.

1. இவை கரைபொருளை அதிகச் செறிவிலிருந்து குறைந்த செறிவிற்குக் கடத்துகின்றன.

2. செறிவு சமநிலை அடைவதைத் துரிதப்படுத்துகின்றன.

3. இக்கடத்தலுக்கு ஆற்றல் தேவையில்லை.

4. இவை பெரிதும் தெரிவுத் தன்மையுடையவை.

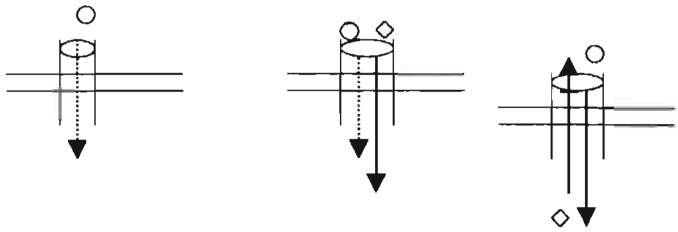
இரத்த சிவப்பணுக்களிலுள்ள குளுக்கோஸ் கடத்தி மற்றும் எதிர்மின் அயனி கடத்தி போன்றவை புரதவழிக் கடத்தலுக்கு எடுத்துக்காட்டுகளாகும்.

கடத்தல் புரதங்கள் மூன்று வகைப்படும்.

1. ஒரு பொருள் கடத்திகள் (Uniporters): இவை பொருட்களைச் செல்சவ்வின் ஒரு பக்கத்திலிருந்து மற்றோர் பக்கத்திற்குக் கடத்தும் தன்மை கொண்டவை.

2. ஒரு திசைக் கடத்திகள் (Symporters): இவை இரு வேறு மூலக்கூறுகளை ஒரே திசையில் கடத்தும் தன்மை கொண்டவை.

3. எதிர் திசைக் கடத்திகள் (Antiporters) : இவை இரு வேறு மூலக்கூறுகளை எதிரெதிர் திசைகளில் கடத்தும் தன்மை கொண்டவை.



ஒரு பொருள் கடத்தி ஒருதிசைக் கடத்தி எதிர் திசைக் கடத்தி

1.3.3 செயல்மிகு கடத்தல் (Active Transport)

செல்கள் குறைந்த செறிவிலிருந்து அதிக செறிவிற்குப் பொருட்களைக் கடத்தும் பணியையும் மேற்கொள்கின்றன. இச்செயல் வெப்ப இயக்கவியலுக்கு எதிரான செயலாகும். எனவே, இச்செயலுக்கு ஆற்றல் தேவை. தேவையான ஆற்றலை ATP நீராற்பகுப்பின் மூலம் பெறுகின்றன. செயல்மிகு கடத்தலிலும் கடத்தல் புரதங்கள் ஈடுபடுகின்றன. அப்புரதங்கள் பம்புகள் (Pumps) என்றழைக்கப்படுகின்றன. செல்லின் சைட்டோபிளாசத்தின் K^{-} செறிவை அதிகமாகவும் Na^{+} செறிவைக் குறைவாகவும் வைத்துக் கொள்ள உதவும் Na^{+}, K^{+}-ஏடிபியேஸ்கள் இதற்கு ஒரு எடுத்துக்காட்டாகும்.

1.3.4 எண்டோசைட்டோசிஸ் (Endocytosis)

பெரிய அளவிலான உணவுப் பொருட்கள் மற்றும் வேற்றுப் பொருட்கள் செல்லினுள் விழுங்கப்படும் செயல் எண்டோசைட்டோசிஸ் எனப்படும். செல்லினுள் விழுங்கப்படும் பொருட்களின் தன்மைக்கேற்ப, எண்டோசைட்டோசிஸ்

இருவகைப்படும். பினோசைட்டோசிஸ் (Pinocytosis) அல்லது செல்குடித்தல் நிகழ்வில் திரவப் பொருட்கள் விழுங்கப்படுகின்றன. பெரிய திடப்பொருட்கள் செல்சவ்வின் மூலமாக செல்லுக்குள் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டால், அது பேகோசைட்டோசிஸ் (Phagocytosis) என்றழைக்கப்படுகிறது.

எண்டோசைட்டோசிஸ் செயலின் போது செல் சவ்வானது குழிந்து, செல்லின் வெளிப்புறத்திலுள்ள திரவத்தை உள்ளிழுத்துச் சிறிய குமிழிகளாக மாறி, செல் சவ்விலிருந்து பிரிந்து செல்லுக்குள் நுழைகின்றன. இவை பினோசோம்கள் அல்லது போகோசோம்கள் என்றழைக்கப்படுகின்றன. இவை லைசோசோம்களுடன் இணைந்து, தங்கள் உட்பொருட்களைச் செல் சைட்டோபிளாசத்தில் விடுவிக்கின்றன.

செல்களால் சுரக்கப்படும் பொருட்கள், செல் சவ்விலிருந்து வெளியேற்றப்படும் நிகழ்வு எக்சோசைட்டாசிஸ் என்றழைக்கப் படுகிறது. இந்நிகழ்வின் போது சுரப்புப் பொருட்களை உள்ளடக்கிய குமிழிகள் செல்சவ்வுடன் இணைந்து, அதன் உட்பொருட்களைச் செல்லிலிருந்து வெளியேற்றுகின்றன. உதாரணமாக, கணையச் செல்கள் தங்கள் நொதிகளை எக்சோசைடாசிஸ் மூலமே சுரக்கின்றன.

அட்டவணை 1

புரதவழிக் கடத்தல் மற்றும் செயல்மிகு கடத்தலுக்கிடையே உள்ள ஒற்றுமைகளும் வேற்றுமைகளும்

வ. எண்	புரத வழிக்கடத்தல்	செயல்மிகு கடத்தல்
1.	இவ்வகை கடத்தலுக்குப் புரதம் இன்றியமையாதது. அவற்றைக் கடத்தல் புரதங்கள் என்றழைக்கிறோம்.	இவ்வகை கடத்தலுக்கும் புரதம் இன்றியமையாதது. அவை பம்புகள் என்றழைக்கப்படுகின்றன.
2.	பெரிதும் தெரிவுத் தன்மையுடையது.	பெரிதும் தெரிவுத் தன்மையுடையது.
3.	நிறைவுறும் தன்மையுடையது.	நிறைவுறும் தன்மையுடையது.
4.	போட்டித் தன்மையுள்ள தடுப்பான்களால் தடுக்கப்படும் இயல்புடையது.	போட்டித் தன்மையுள்ள தடுப்பான்களால் தடுக்கப்படும் இயல்புடையது.
5.	கரைபொருட்கள் அதிகச் செறிவிலிருந்து குறைந்த செறிவிற்குக் கடத்தப்படும்.	கரைபொருட்கள் குறைந்த செறிவிலிருந்து அதிகச் செறிவிற்குக் கடத்தப்படும் .
6.	ஆற்றல் தேவையில்லை.	ஆற்றல் தேவை.

1.4 பாகுநிலை (Viscosity)

ஒரு சோதனைக் குழாயில் தண்ணீரையும் மற்றொன்றில் விளக்கெண்ணையையும் எடுத்து ஒரே சமயத்தில் சாய்த்தால்,

விளக்கெண்ணெய் மெதுவாகவும் தண்ணீர் வேகமாவும் விழும். இதற்கு ஒரு திரவ அடுக்குக்கும், மற்றோர் திரவ அடுக்குக்கும் இடையே உள்ள உராய்வு விசையே காரணமாகும். ஒரு திரவத்தில் உள்ள வெவ்வேறு அடுக்குகள் வெவ்வேறு வேகத்தில் நகரும். அவ்வாறு நகரும் போது ஏற்படும் உராய்வு, திரவ ஓட்டத்திற்கு உட்தடையாக அமைகிறது. இதனையே பாகுநிலை என்கிறோம். ஒவ்வொரு திரவமும் அதற்குரிய பாகுநிலை உடையதாக விளங்குகிறது. ஓர் அலகு பரப்பளவு உடைய ஒரு திரவ அடுக்குக்கும், அதிலிருந்து 1 செ.மீ. தொலைவிலுள்ள மற்றோர் திரவ அடுக்குக்கும் இடையே 1 செ.மீ. / விநாடி என்ற சீரான வேகத்தில் திரவம் விழுவதற்குத் தேவையான விசையை பாகுநிலை குணகம் (Viscosity co-efficient) என்கிறோம். இதனை டைன்ஸ் என்னும் அலகினால் அளவிடுகிறோம்.

பாகுநிலையை பாய்ஸ் (Poise) மற்றும் மில்லிபாய்ஸ் (Millipoise) ஆகிய அளவைகளால் அளக்கிறோம்.

1.4.1 பாகுநிலையைப் பாதிக்கும் காரணிகள்

1. அடர்த்தி : பாகுநிலையும், அடர்த்தியும் ஒன்றோடு ஒன்று நேர்விகிதத்தில் தொடர்புடையவை. இவை இரண்டும் ஸ்டோக்ஸ் விதியால் இணைக்கப்படுகின்றன. 'r' என்ற ஆரம் கொண்ட ஒரு சிறிய கோளத்தை, 'ρ' (rho) என்ற அடர்த்தி கொண்ட ஒரு திரவத்தில், 'g' என்ற புவியீர்ப்பு விசையை மீறி 'u' என்ற திசைவேகத்தில் நேராக விழச் செய்தால், பாகுநிலையும், அடர்த்தியும் இத்தகைய தொடர்புடையதாக அமைகின்றன.

$$\eta = \frac{2r^2g(\rho - \rho')}{9u}$$

2. வெப்பநிலை : வெப்பநிலையும் பாகுநிலையும் எதிர்விகிதத்தில் தொடர்புடையவை. வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது, திரவத்தின் பாகுநிலை குறைகிறது.

3. கரைபொருள் : தூய கரைப்பானின் பாகுநிலையை விட கரைசலின் பாகுநிலை அதிகமாகும். கரைபொருள் கரைப்பானின் பாகுநிலையை உயரச் செய்கிறது. (எ.கா). தூய நீரை விட புரதக் கரைசலின் பாகுநிலை அதிகமாகும். கரைபொருளின் அளவையும் உருவ அமைப்பையும் பொருத்தே பாகுநிலை அமையும்.

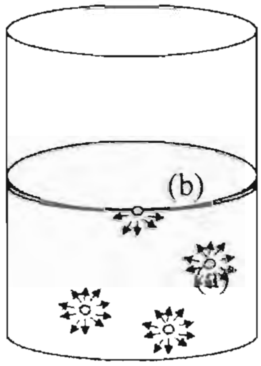
1.4.2 உயிரியல் பயன்பாடுகள்

1. கார்போஹைட்ரேட் மற்றும் புரதக் கரைசல்கள் அதிக பாகுநிலை கொண்டவை.
2. இரத்தத்தின் பிளாஸ்மா (Plasma) சாதாரணமாக 15-20 மில்லிபாய்ஸ் பாகுநிலையுடையதாகும். இதில் ஏற்படும் மாறுபாடுகள் நோயுற்ற நிலையைக் குறிக்கும். பிளாஸ்மாவின் பாகுநிலை மேக்ரோகுளோபுலினீமியா (Macroglobulinemia) மற்றும் இதய நோய் (Congestive Heart Failure) ஆகிய நோய்களில் அதிகரித்துக் காணப்படும்.
3. இரத்தத்தின் பாகுநிலை சுமார் 30-40 மில்லிபாய்ஸ் ஆகும். இரத்தத்தில் உள்ள சிவப்பணுக்களே அதன் பாகுநிலையை நிர்ணயிக்கின்றன. இரத்த சோகை நோயில் இரத்தத்தின் பாகுநிலை குறைந்து காணப்படும்.
4. இரத்தத்தின் பாகுநிலை அதன் சீரான ஓட்டத்திற்கு உதவுகிறது.
5. சினோவியல் திரவத்தில் உள்ள மியூகோபாலிசாக்கரைடின் பாகுநிலையின் காரணமாக சினோவியல் திரவம் உயவுத்தன்மையைப் பெற்றுள்ளது.

1.5 பரப்பு இழுவிசை (Surface Tension)

ஒரு திரவத்தின் உள்ளே உள்ள ஒரு மூலக்கூறு(a), மற்ற மூலக்கூறுகளால் சமமான விசையால் எல்லாப் பக்கங்களிலிருந்தும் இழுக்கப்படுகிறது. ஆவிநிலையில் உள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை, திரவத்திலுள்ள மூலக்கூறுகளை விட குறைவாகவே

உள்ளதால், திரவத்தின் மேற்பரப்பில் உள்ள ஒரு மூலக்கூறானது (b), திரவத்தில் உள்ள மற்ற மூலக்கூறுகளால், மூலக்கூறுகளிடைப்பட்ட கவர்ச்சி விசை காரணமாக, அதிகமாக உள்ளிழுக்கப்படுகிறது. (படம் 1.6) இவ்வாறு அதிகமாக உள்ளிழுக்கப்படும் விசையே பரப்பு இழுவிசையாகும். மேற்பரப்பிலுள்ள மூலக்கூறுகளை திரவத்திற்குள் உள்நோக்கி இழுக்க மேற்பரப்பிற்கு செங்குத்தாக தரப்படும் விசையே பரப்பு இழுவிசை (γ) எனலாம்.



படம் 1.6 மேற்பரப்பில் உள்ள மூலக்கூறு எதிர்நோக்கும் சமமற்ற கவர்ச்சி

1.5.1 பரப்பு இழுவிசையைப் பாதிக்கும் காரணிகள்

1. அடர்த்தி : திரவம் (ρ) மற்றும் அதன் ஆவியின் (ρ') அடர்த்தியையும், பரப்பு இழுவிசையையும் மெக்லாட் சமன்பாடு (Mc Loeds equation) கீழ்க்கண்டவாறு இணைக்கின்றது.

$$\gamma \ \alpha \ (\rho-\rho')^2$$

2. வெப்பநிலை : வெப்பநிலையும், பரப்பு இழுவிசையும், எதிர்விகிதத்தில் தொடர்புடையவை. அதாவது திரவத்தின் வெப்பநிலையை உயர்த்தும் போது, அதன் பரப்பு இழுவிசை குறைவடைகிறது. நிலைமாறு வெப்பநிலையில், பரப்பு இழுவிசை பூஜ்யமாகிறது.

3. கரைபொருள் : கரைப்பானுக்குள் செல்லும் கரைபொருள், கரைப்பானின் பரப்பிழுவிசையை அதிகரிக்கும். ஆனால், திரவத்தின் மேற்பரப்பின் மீது செறியும் பொருட்கள், திரவத்தின் பரப்பிழுவிசையைக் குறைக்கும்.

1.5.2 உயிரியல் பயன்பாடுகள்

1. கொழுப்புகளைப் பால்மமாக்குதல் (Emulsification of Fats) : பித்த உப்புகள் டியோடினத்திலுள்ள கொழுப்புத்துகள்களின் பரப்பிழுவிசையைக் குறைத்து, அவை செரிப்பதற்கும், உறிஞ்சப்படுவதற்கும் ஏதுவாக மாற்றுகின்றன.

2. பிளாஸ்மாவின் பரப்பிழுவிசை : பிளாஸ்மாவின் பரப்பு இழுவிசை 70 டைன்கள் / செ.மீ. ஆகும். இது நீரின் பரப்பு இழுவிசையை விடச் சற்றே குறைவானதாகும்.

3. ஹேவின் பித்த உப்புகளைக் கண்டறியும் சோதனை (Hays test for bile salts) பரப்பு இழுவிசைக் கோட்பாடு சிறுநீரில் பித்த உப்புகளைக் கண்டறிவதற்குப் பெரிதும் உதவுகிறது. நன்கு பொடி செய்யப்பட்ட கந்தகத் துகள்களைப் பித்த உப்புகள் செறிந்த சிறுநீரில் (மஞ்சள் காமாலை) தூவினால், பித்த உப்புகளின் பரப்பிழுவிசை குறைக்கும் தன்மையினால் அவை மூழ்கிவிடும். ஆனால் நோயற்ற மனிதர்களின் சிறுநீரில் கந்தகத் துகள்கள் மிதக்கும்.

4. டைபால்மிடாயில் லெசிதீன் (Dipalmitoyl lecithin) என்ற பரப்பு இழுவிசை குறைக்கும் பொருள் நுரையீரலின் ஆல்வியோலைகளால் சுரக்கப்படுகின்றன. இவற்றின் பரப்பு

இழுவிசை குறைக்கும் தன்மையினால், நுரையீரல் ஆல்வியோலைகள் மூச்சை வெளியிடும் போது குலையாமல் பாதுகாக்கப்படுகின்றன. சில வளர்ச்சியுறாத சிசுக்களில் (preterm infants), டைபால்மிடாயில் லைசீதினின் அளவு குறைந்து காணப்படுவதால், சுவாசக் குறைபாடுகள் (respiratory disorders) ஏற்படுகின்றன.

1.6 சவ்வூடு பரவல் (Osmosis)

ஒரு பகுதி கடத்தும் தன்மையுடைய சவ்வால் (Semipermeable) தண்ணீரையும், புரதக் கரைசலையும் பிரித்து வைத்தால், தண்ணீர், புரதக்கரைசல் பகுதிக்கு ஊடுருவிச் செல்லும். இவ்வாறு கரைப்பான்கள் ஊடுருவதையே சவ்வூடு பரவல் என்கிறோம். குறைந்த செறிவுள்ள ஒரு பகுதியிலிருந்து, அதிகச் செறிவுள்ள ஒரு பகுதிக்கு நீர் கசிவதையே சவ்வூடு பரவல் எனலாம். சவ்வூடு பரவல் ஒரு பொருண்மை சார் பண்பாகும். அதாவது, கரைசலிலுள்ள கரைபொருளின் மூலக்கூறுகள் அல்லது அயனிகளின் எண்ணிக்கையைப் பொருத்ததே ஆகும். ஒரு மோல் கரைபொருளில் உள்ள சவ்வூடு பரவல் தன்மை உடைய மூலக்கூறுகள் அல்லது அயனிகளின் எண்ணிக்கை ஆஸ்மால் அலகு (Osmol Units) என வரையறுக்கப்படுகிறது. ஒரு மோல் அயனியாகாத கரைபொருள் ஒரு ஆஸ்மாலுக்குச் சமமாகும். ஆஸ்மொலாரிட்டி என்பது ஒரு லிட்டர் கரைசலில் உள்ள கரைபொருளின் அளவை ஆஸ்மாலில் குறிப்பிடுவதாகும். ஆஸ்மொலாலிட்டி என்பது ஒரு கிலோகிராம் கரைப்பானில் உள்ள கரைபொருளின் அளவை ஆஸ்மாலில் குறிப்பிடுவதாகும்.

ஒரே சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் கொண்ட கரைசல்கள் ஐசோ-ஆஸ்மாடிக் (Iso-osmotic) கரைசல்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன. வெவ்வேறு சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் உள்ள இரு கரைசல்களை ஒப்பிடும் போது, அதிக சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் கொண்ட கரைசலை ஹைப்பர் ஆஸ்மாடிக் கரைசல் (hyperosmotic solution)

எனவும், குறைந்த சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் கொண்ட கரைசலை ஹைப்போ ஆஸ்மாடிக் கரைசல் (hypoosmotic solution) எனவும் அழைக்கிறோம்.

செல்சவ்வு பகுதி ஊடுருவும் தன்மையுடையதாக இருப்பதால் அது சில கரைபொருட்களை மட்டுமே கடத்துகிறது. கடத்த இயலா கரைபொருட்களால் ஏற்படும் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் டானிசிட்டி (Tonicity) என்று அழைக்கப்படுகிறது. டானிசிட்டி ஒரு முக்கியத்துவம் வாய்ந்த உடற்செயலியல் கூறாகும்.

சமமான டானிசிட்டி கொண்ட கரைசல்களை ஐசோடானிக் கரைசல்கள் (Isotonic solutions) என அழைக்கிறோம். அதிக டானிசிட்டி உள்ள கரைசலை ஹைப்பர்டானிக் கரைசல் எனவும், குறைவான டானிசிட்டி உள்ள கரைசலை ஹைப்போடானிக் கரைசல் எனவும் அழைக்கிறோம்.

1.6.1 உயிரியல் முக்கியத்துவம்

1. சிவப்பணு உடைதல் (Hemolysis) மற்றும் சுருங்குதல் (Crenation):

சரிவிகித உப்புக்கரைசல் அல்லது ஐசோடானிக் உப்புக் கரைசல் என்பது 0.9% NaCl ஆகும். இரத்த சிவப்பணுக்களை 0.3% NaCl கரைசலில் விரவச் செய்தால், நீர் செல்லுக்குள் சென்று, செல் உடைந்து, அதன் உட்பொருட்களை வெளியேற்றுகிறது. இவ்வாறு இரத்த சிவப்பணுக்கள் ஹைப்போடானிக் NaCl கரைசலில் உடைதலைச் 'சிவப்பணு உடைதல்' என அழைக்கிறோம். அவ்வாறு உடைந்தவுடன் கிடைக்கப்பெறும் சிவப்பணுக்களின் செல்சவ்வுகளைக் கூடுகள் (Ghosts) என்றழைக்கிறோம். அதற்கு மாறாக, இச்செல்களை 1.5% NaCl கரைசலில் விரவினால் இச்செல்லில் உள்ள நீர் வெளியேறி செல் சுருங்கிவிடும். இதனையே செல் சுருங்குதல் (Crenation) என்றழைக்கிறோம்.

2. சிவப்பணுக்களின் உடையும் தன்மையைக் கொண்டு செய்யப்படும் சோதனை (Erythrocyte Fragility Test) சவ்வூடு பரவலின் அடிப்படையில் செய்யப்படுவதாகும். செல்சவ்வின் ஒருங்கிணைப்பைப் பொருத்தே, செல்கள் ஹைப்போடோனிக் கரைசல்களைத் தாங்கி நிற்கும். சிக்கில் செல் இரத்தசோகை (Sickle Cell Anemia) மற்றும் வைட்டமின் E குறைபாடுள்ள சிவப்பணுக்களின் செல்சவ்வு உடையும் தன்மையுடன் இருக்கும்.

3. இரத்த சிவப்பணுக்களின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம், அதன் சோடியம், பொட்டாசியம், குளோரைடு ஆகிய தனிமங்கள் மற்றும் புரதத்தின் அளவைப் பொருத்ததேயாகும். இவற்றுள் புரதங்களால் ஏற்படும் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் உயிரியல் முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாகும். ஏனெனில் செல்சவ்வு கூழ்மங்களைக் கடத்துவதில்லை.

4. சவ்வூடு பரவலின் மூலமாக சிறுகுடலிலிருந்து தண்ணீர் உறிஞ்சப்படுகிறது. சவ்வூடு பரவல் அழுத்தமே சிறுநீரகத்தில் சிறுநீர் உருவாவதற்கும் காரணமாகிறது. நீரழுத்தத்திற்கும் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்திற்குமிடையே உள்ள அழுத்த வேறுபாடே இரத்தநாளத்தின் தமனி முனையில் தண்ணீரை வடிகட்ட உதவுகிறது. அதுவே, சிரைகளின் முனையில் தண்ணீர் உறிஞ்சப்படுவதற்கும் வழிவகுக்கிறது.

தமனிகளின் முனையில் நீரழுத்தம் 22mm Hg ஆகவும், சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் 15mm Hg ஆகவும் இருக்கிறது. இவற்றால் ஏற்படும் 7mm Hg அழுத்த வேறுபாடு தமனிகளிலிருந்து நீரை வெளியேற்ற உதவுகிறது. சிரைகளின் முனையில் நீரழுத்தம் 15mmHg ஆகவும், சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் 7mm Hg ஆகவும் இருக்கிறது. இதனால் உருவாகும் 15-7 = 8mm Hg அழுத்த வேறுபாடு, நீர் இரத்த நாளங்களுக்குள் மீண்டும் உறிஞ்சப்படுவதற்கு உதவுகிறது. இதனையே ஸ்டார்லிங் கோட்பாடு (Starling hypothesis) என்கிறோம்.

5. சிறுநீரகங்கள் நீரை வெளியேற்றுவதைச் சீர் செய்வதற்குச் இரத்த பிளாஸ்மாவிலுள்ள புரதங்களின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தமும் ஒரு காரணியாகும். நீரழிவு நோயாளியின் சிறுநீரிலுள்ள குளுக்கோஸ், நீரைத் தக்க வைத்துக் கொள்வதால் அவர்கள் அதிக சிறுநீர் கழிக்கின்றனர்.

6. டோனான் சவ்வு சமநிலை (Donnan Membrane Equilibrium)

ஒரு பகுதி ஊடுருவும், அதாவது, தண்ணீரையும், படிகங்களையும் கடத்தும், ஆனால் கூழ்மங்களைக் கடத்தாத சவ்வால் பிரிக்கப்பட்ட இரு அறைகளில், ஒன்றில், 'a' மோல்கள் கொண்ட உப்புக்கரைசலையும் (NaCl), மற்றொன்றில், 'b' மோல்கள் கொண்ட NaR என்ற கரைசலையும் எடுத்துக் கொண்டோமானால்,

	(A)	(B)		
a	Na^+	Na^+	b	
a	Cl^-	R^-	b	1

இதில் 'R' என்ற எதிர்மின் அயனி கடத்தப்படாத அயனியாகும்.

NaCl 'A' அறையிலிருந்து 'B' அறைக்குக் கடத்தப்படும். இந்த அமைப்பானது சமநிலை அடையும் வரை இது தொடரும். சமநிலையில் 'x' மோல்கள் NaCl 'A' விலிருந்து 'B' க்கு கடத்தப்பட்டதாகக் கருதினால், சமநிலையில் இரு அறைகளிலும் அயனிகளின் செறிவு கீழ்கண்டவாறு இருக்கும்.

(A)		(B)		
a-x	Na^+	Na^+	b + x	
a-x	Cl^-	R^-	b	...2
		Cl^-	x	

சமநிலையில் ஓர் அறையிலிருந்து, மற்றோர் அறைக்குச் செல்லும் அயனிகளின் எண்ணிக்கை சமமாக இருக்கும். அவ்வாறு சமமாக இருக்க வேண்டுமெனில், தொடர்புடைய இரு அயனிகளின் பெருக்குத்தொகையும், இருபுறங்களிலும் சமமாக இருக்க வேண்டும். இதன்படி, $[Na^-]$ மற்றும் $[Cl^-]$ அயனிகளின் செறிவு இரு அறைகளிலும் சமநிலையில் சமமாக இருக்கும்.

$$(a-x)(a-x) = (b+x)x$$

$$(a-x)^2 = bx + x^2$$

$$a^2 - 2ax + x^2 = bx + x^2$$

$$a^2 - 2ax = bx$$

$$a^2 = bx + 2ax$$

$$a^2 = (b + 2a)x$$

$$x = \frac{a2}{(b+2a)}$$

'a' என்பதற்கு 2ஐயும், 'b' என்பதற்கு 1ஐயும் பதிலீடு செய்தால்,

$$x = \frac{2^2}{1+(2\times 2)}$$

$$= \frac{4}{5}$$

$$= 0.8$$

(A)			(B)	
2 - 0.8 = 1.2	Na^+		Na^+	1 + 0.8
2 - 0.8 = 1.2	Cl^-		R^-	1
			Cl^-	0.8
2.4			**3.6**	

இதிலிருந்து,

1. கடத்தப்படாத அயனி உள்ள அறையில் (B), கரைபொருட்களின் செறிவு அதிகமாக இருக்கும்.

2. கடத்தப்படாத அயனி எதிர்மின் அயனியாக இருந்தால் (R^-), நேர்மின் அயனியின் செறிவு (Na^+) இப்பகுதியில் அதிகமாக இருக்கும் என அறியலாம்.

உயிரியல் அமைப்புகளில் கடத்தப்படாத புரதங்களினால் டோனான் சவ்வு சமநிலை உருவாகும். இது செல்லின் இயக்கத்திற்கு உறுதுணையாக அமைகிறது.

கடத்தப்படாத அயனி எதிர்மின் அயனியாக இருந்து, கடத்தப்படும் அயனிகளுள் ஒன்று H^+ ஆக இருந்தால், pHல் மாற்றம் ஏற்படும். மின்பகுளி சமமற்ற நிலையில் புரதங்கள் விரிவடைவது டோனான் சவ்வூடு பரவல் விளைவு என அழைக்கப்படுகிறது.

1.7 தாங்கல் கரைசல்கள்

சிறிதளவு காரம் அல்லது அமிலம் சேர்க்கப்பட்ட பின்னரும், ஒரு கரைசலின் pH மதிப்பு மாறாமலிருந்தால் அக்கரைசல் தாங்கல் கரைசல் என்றழைக்கப்படுகிறது. ஒரு வீரியம் குறைந்த அமிலமும், அதன் உப்பும் அல்லது ஒரு வீரியம் குறைந்த காரமும், அதன் உப்பும் தாங்கல் கரைசல்களாகச் செயல்படுகின்றன. ஒரு கரைசலின் (H^+)

அயனிச் செறிவின் எதிர்க்குறியீடு மடக்கையை pH என்று அழைக்கிறோம். தாங்கல் கரைசல்களின் pHஐ ஹெண்டர்சன் - ஹாசல்பக் சமன்பாடு (Henderson - Haselbach equation) மூலம் நிர்ணயிக்கலாம். ஹெண்டர்சன் - ஹாசல்பக் சமன்பாட்டைக் கீழ்க்கண்டவாறு தருவிக்கலாம்.

ஒரு வீரியம் குறைந்த அமிலம் கீழ்க்கண்டவாறு அயனியாகிறது எனக் கருதுவோம்.

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

சமநிலையில், அதன் பிரிகை மாறிலி,

$$Ka = \frac{[H^+]\,[A^-]}{[HA]}$$

சமன்பாட்டை மாற்றியமைத்தால்

$$Ka\,[HA] = [H^-]\,[A^-]$$

$$[H^+] = \frac{Ka[HA]}{[A^-]}$$

இருபுறமும் மடக்கை எடுத்தால்

$$\log [H^+] = \log Ka + \log \frac{[HA]}{[A^-]}$$

-1 ஆல் பெருக்கினால்,

$$-\log [H^+] = -\log Ka - \log \frac{[HA]}{[A^-]}$$

$$pH = pKa + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

இரத்தத்தின் pH 7.4 ஆகும். அது எப்பொழுதும் மாறாமல் இருக்க வேண்டும். இரத்தத்தின் pH 7.5 ஐ விட அதிகரிக்கும் போது அல்கலோசிஸ் (Alkalosis) ஏற்படுகிறது. pH 7.8 ஐ விட அதிகமானால் மரணம் ஏற்படும். இரத்தத்தின் pH 7.3 ஐ விடக் குறைந்தால் அசிடோசிஸ் (Acidosis) ஏற்படும். pH 7.0 ஐ விடக் குறையுமானால் உயிர் வாழ்விற்கு ஏற்றதாக இருக்காது. வளர்சிதை மாற்றத்தாலும், நாம் உட்கொள்ளும் உணவாலும் நம் உடலில் அதிக அளவிலான அமிலங்களும் காரங்களும் உற்பத்தியாகின்றன. அவற்றை, நம் உடலிலிருந்து இரத்தத்தின் வழியாக, pHல் எந்த மாற்றமுமின்றிச் சிறுநீரில் வெளியேற்ற வேண்டும். இப்பணி இரத்தத்திலுள்ள பல்வேறு தாங்கல் கரைசல்களால் திறம்படச் செயல்படுத்தப்படுகிறது. அதுமட்டுமின்றிச் சிறுநீரகத்தின் மூலம் ஒழுங்கமைத்தல் மற்றும் சுவாசத்தின் மூலம் ஒழுங்கமைத்தல் ஆகிய இரு செயல்பாடுகளாலும் சீரமைக்கப்படுகிறது.

தொகுதிகள் எல்லாம் அமிலங்களாகும். பகுதிகள் எல்லாம் உப்புகளாகும்.

பிளாஸ்மாவில் பாஸ்பேட் மற்றும் கரிம அமிலங்கள் குறைவாகவே உள்ளதால், pH சீரமைப்பில் அவை பங்கேற்பதில்லை.

இரத்தத்திலுள்ள முக்கிய தாங்கல் கரைசல்கள்

அட்டவணை - 2

பிளாஸ்மா	இரத்த சிவப்பணுக்கள்
$\frac{H_2CO_3}{BHCO_3}$	$\frac{H_2CO_3}{BHCO_3}$
H.புரதம் / B புரதம்	$\frac{H.Hb}{B.Hb}$
$\frac{BH_2PO_4}{B_2HPO_4}$	$\frac{H.Hb\ O_2}{B.Hb\ O_2}$
H.கரிம அமிலம் / B.கரிம அமிலம்	$\frac{BH_2PO_4}{B_2HPO_4}$
	H.கரிம அமிலம் / B.கரிம அமிலம்

பிளாஸ்மாவில் உள்ள முக்கிய தாங்கல் கரைசல் பைகார்பனேட் தாங்கல் கரைசல் ஆகும். கார்போனிக் அமிலத்தின் பிரிகை மாறிலி (pKa) 6.1 ஆகும். இதை ஹெண்டர்சன் - ஹாசல்பக் சமன்பாட்டில் பதிலீடு செய்தால்,

$$7.4 = 6.1 + \log \frac{BHCO_3}{H_2CO_3}$$

$$7.4 - 6.1 = \log \frac{BHCO_3}{H_2CO_3}$$

$$1.3 = \log \frac{BHCO_3}{H_2CO_3}$$

1.3 இன் எதிர்மடக்கை 20 ஆகும்.

$$\frac{BHCO_3}{H_2CO_3} = \frac{20}{1}$$

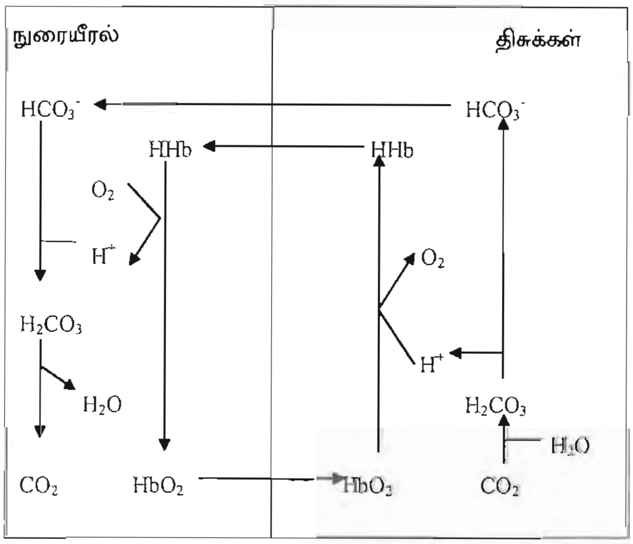
எனவே, ஹென்டர்சன் - ஹாசல்பர்க் சமன்பாட்டின் மூலம் pHஐ சீராக வைத்துக் கொள்ள கார்பனேட் மற்றும் கார்போனிக் அமிலத்தின் விகிதம் 20:1 ஆக இருக்க வேண்டும். வளர்சிதை மாற்றம் மூலமாக உருவாகும் CO_2, ஹீமோகுளோபின் (Hb) அமைப்பின் வழியாக சீரமைக்கப்படுகிறது.

ஹீமோகுளோபின் தாங்கல் செயல்

ஹீமோகுளோபினின் தாங்கல் சக்திக்கு, அதன் ஹிஸ்டிடின் அலகுகளிலுள்ள இமிடசோல் தொகுதிகளே காரணமாகும். ஹீமோகுளோபின் ஆக்சிஜனேற்றத்தைப் பொருத்தே அதன் பிரிகை வீதம் அமைகிறது. ஹீமோகுளோபின் ஆக்சிஜனேற்றம் அடையும் போது அது அதிக அமிலத்தன்மை உடையதாகிறது. அதனால், அது பிரிகை அடைந்து காணப்படுகிறது. ஆக்சிஜனோடு இணையாத போது ஒடுங்கிய நிலையில் காணப்படுகிறது.

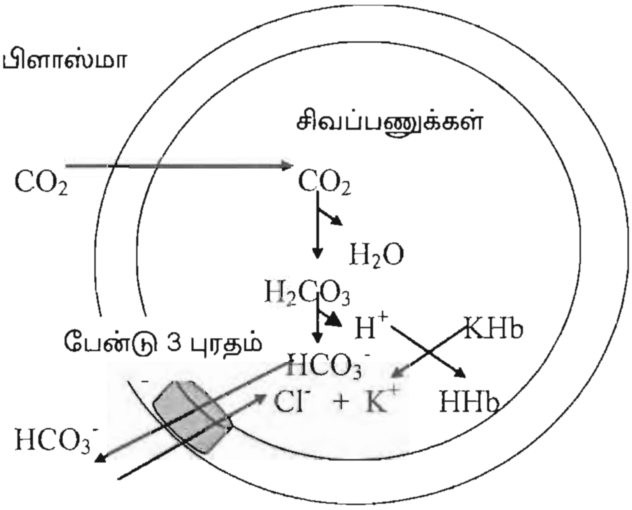
திசுக்களில் ஆக்சிஜனின் பகுதி அழுத்தம் (pO_2) குறையும் போது, ஆக்சிஹீமோகுளோபின் பிரிகை அடைந்து, ஆக்சிஜனைக் திசுக்களுக்கு அளிக்கிறது. அதற்கு மாறாக, திசுக்களிலுள்ள CO_2, நீரோடு இணைந்து, கார்போனிக் அமிலமாக மாறி, H^+ மற்றும் HCO_3^- ஆக பிரிகையடைகிறது. ஆக்சிஜனற்ற ஒடுக்கமடைந்த ஹீமோகுளோபின், H^+ அயனியுடன் இணைந்து HHbஆக மாறுவதால் pHல் அதிக மாறுபாடு ஏற்படுவதில்லை.

இரத்தம் நுரையீரலை அடைந்தவுடன், நுரையீரலில் ஆக்சிஜனின் பகுதி அழுத்தம் அதிகமாக உள்ளதால், Hb ஆக்சிஜனேற்றம் அடைகிறது. முன்னர் குறிப்பிட்டது போல், ஆக்சிஹீமோகுளோபின் H^+ அயனியுடன் குறைவான ஈர்ப்பே உடையதால் அது H^+ ஐ விடுவிக்கிறது. விடுவிக்கப்பட்ட H^+, HCO_3^- உடன் இணைந்து H_2CO_3 ஆக மாறி H_2O மற்றும் CO_2 ஆக பிரிகிறது (படம் 1.7).



படம் 1.7. ஹீமோகுளோபினின் தாங்கல் செயல்

இரத்தத்தின் 80% தாங்கல் செயல் இரத்தச் சிவப்பணுக்களால் நடைபெறுகிறது என்று கண்டறிந்துள்ளனர். ஆனால் இத்தாங்கல் ö \¯ » õÀ E ¸ Á õÚ HCO_3^- பிளாஸ்மாவின் மூலமே கடத்தப்படுகிறது. இரத்தச் சிவப்பணுக்களில் உருவான HCO_3^- ஐ பிளாஸ்மாவிற்கு வெளியேற்றுவதற்கு Cl^- அயனி தேவைப்படுகிறது. இந்நிகழ்வை ஹாம்பர்கர் குளோரைடு - பைகார்பனேட் மாற்றம் (Hamberger's Chloride Bicarbonate Shift) என்கிறோம் (படம் 1.8).



படம் 1.8 ஹாம்பர்கர் குளோரைட் - பைகார்பனேட் மாற்றம்

திசுக்களிலிருந்து வெளியாகும் CO_2 பிளாஸ்மா வழியாக, இரத்தச் சிவப்பணுக்களைச் சென்றுஅடைகிறது. அங்கு, கார்போனிக்

அன்ஹைட்ரேஸ் (Carbonic Anhydrase) என்னும் நொதியால் நீருடன் இணைக்கப்பட்டுக் கார்போனிக் அமிலமாக மாறுகிறது. இதே நொதி, கார்போனிக் அமிலத்தை CO_2 மற்றும் நீராகவும் மாற்றுகிறது. கார்போனிக் அமிலம் பிரிகையால் உருவான பைகார்பனேட் பிளாஸ்மாவிலிலுள்ள குளோரைடு அயனிக்கு பரிமாற்றம் செய்யப்படுகிறது. இவ்வாறு இரத்த சிவப்பணுக்களில் நுழையும் குளோரைடு, நடுநிலையான KClஆக மாற்றப்படுகிறது. பிளாஸ்மாவிற்குள் நுழையும் பைகார்பனேட் சோடியம் அயனியுடன் இணைந்து சோடியம் பைகார்பனேட்டாக மாறி பிளாஸ்மாவில் கடத்தப்படுகிறது.

சுவாசத்தின் மூலம் ஒழுங்கமைத்தல் (Regulation by Respiratory Mechanism)

மூளையிலுள்ள சுவாச மையத்தில் கார்பன்- டை-ஆக்ஸைடின் பகுதி அழுத்தம் உணரப்படுவதால், சுவாசத்தின் மூலம் ஒழுங்கமைத்தல் செயல்பாடு அமில - கார சமன்பாட்டைச் சீர்செய்வதில் முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது.

இரத்தத்தில் CO_2ன் பகுதி அழுத்தம் உயரும் போது வேகமாக மூச்சு விடுகிறோம் (Hyperventilation). இதனால், அதிகமாக CO_2 வெளியேற்றப்படுகிறது. இச்செயல் pH மற்றும் pCO_2 இயல்பு நிலைக்குத் திரும்பும் வரை தொடர்கிறது. மாறாக, pCO_2 குறையும் போது, மந்தமான சுவாசம் (Hypoventilation) ஏற்பட்டு, CO_2 தக்க வைத்துக் கொள்ளப்படுகிறது.

சிறுநீரகத்தின் மூலம் ஒழுங்கமைத்தல் (Regulation by Renal Mechanism)

எளிதில் ஆவியாகும் CO_2 போன்ற அமிலங்களை மட்டுமே நுரையீரல்களால் வெளியேற்ற முடியும். ஆனால் லாக்டிக் அமிலம் மற்றும் பைரூவிக் அமிலம் போன்ற கரிம அமிலங்களை அவற்றால் வெளியேற்ற முடியாது. இத்தகைய அமிலங்கள் பைகார்பனேட் அமைப்பின் தாங்கல் செயலால் நடுநிலையாக்கப்படுகின்றன. இந்நிகழ்வின் போது, இரத்தத்தின் காரக்கிடங்கான (alkali reserve) HCO_3^- இழப்பு ஏற்படுகிறது. நுரையீரல்களால் கார்போனிக் அமிலங்களை வெளியேற்ற முடியுமே தவிர, பைகார்பனேட் அளவைத் தக்க வைத்துக் கொள்ள முடியாது. இதைச் சிறுநீரகங்கள் செயல்படுத்துவதால், அமில-கார சமநிலையைப் பாதுகாக்கும் இறுதியான பணி சிறுநீரகங்களுடையதாகும். அசிடீமியா நிலையில், அதிகமாக உள்ள H^+ அயனிகளை வெளியேற்றி, பைகார்பனேட் வெளியேற்றத்தைக் குறைத்து pH ஐ இயல்பு நிலைக்குக் கொண்டு வர வேண்டும். இதைச் செயல்படுத்துவதற்கு, சிறுநீரகங்கள் அதிக அமிலத் தன்மை கொண்ட சிறுநீரை (pH 4.5) வெளியேற்றுகின்றன. மாறாக, அல்கலீமியா நிலையில், சிறுநீரகங்கள், இரத்தத்தில் அதிகமாக உள்ள பைகார்பனேட்டைக் காரத்தன்மை (pH 8.2) கொண்ட சிறுநீரக வெளியேற்றுகின்றன. கீழ்க்கண்ட மூன்று முக்கிய செயல்பாடுகளால் சிறுநீரகங்கள் இரத்தத்தின் pHஐ இயல்பு நிலையில் தக்க வைத்துக் கொள்கின்றன.

1. பைகார்பனேட் திரும்ப உறிஞ்சுதல் (Reabsorption of bicarbonate)
2. பாஸ்பேட் தாங்கல் செயல் (Buffering by phosphate)
3. அமோனியம் அயனிகள் உற்பத்தி செய்தல் (Formation of ammonium ions)

பயிற்சிகள்

I. சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடு.

1. செல் சவ்வு என்னும் வார்த்தையை உருவாக்கியவர்
   அ. C.J. நாகேலி மற்றும் கிராமர்
   ஆ. சிங்கர் மற்றும் நிக்கல்சன்
   இ. இராபர்ட்சன்
   ஈ. கார்டர் மற்றும் கிரன்டல்

2. இவ்வகை கடத்தலுக்குப் புரதங்கள் தேவைப்படுகின்றன.
   அ. புரதவழிக் கடத்தல்
   ஆ. செயலற்ற கடத்தல்
   இ. இரண்டும்
   ஈ. எதுவும் இல்லை

3. இரத்தத்தின் pH
   அ. pH 7.4 ஆ. pH 6.1 இ. pH 1.3 ஈ. pH 4.7

4. இரத்தச் சிவப்பணுக்களில் உள்ள முக்கிய தாங்கல்அமைப்பு
   அ. பாஸ்பேட் தாங்கல்
   ஆ. ஹீமோகுளோபின் தாங்கல்
   இ. கார்பனேட் தாங்கல்
   ஈ. அசிடேட் தாங்கல்

5. பாகுநிலையின் அலகு
   அ. ஆஸ்மால் ஆ. பாய்ஸ்
   இ. டைன் ஈ. நியூட்டன்

II. கோடிட்ட இடத்தை நிரப்புக.

1. சமமான சவ்வூடுபரவல் அழுத்தம் உள்ள இரு கரைசல்களை ------------- என அழைக்கின்றோம்.
2. செல் சவ்வில் ஆழமாகப் பதிந்திருக்கும் புரதங்கள் ---------- என அழைக்கப்படுகின்றன.
3. சைட்டோபிளாசம் இல்லாத இரத்தச் சிவப்பணுக்களின் செல்சவ்வுகள் -------------- என அழைக்கப்படுகின்றன.
4. சினோவியல் திரவத்தின் உயவுத் தன்மைக்கு அதிலுள்ள -------------- காரணமாகும்.
5. எளிதில் ஆவியாகாத அமிலங்கள் ---------- அமைப்பின் படி தாங்கல் செய்யப்படுகின்றன.

III. சரியா? தவறா?

1. கார்போஹைட்ரேட்கள் செல்சவ்வின் முக்கிய வேதிப் பொருளாகும்.
2. புரதவழிக் கடத்தலுக்கு ஆற்றல் தேவை.
3. இரத்தசோகை நோயில் இரத்தத்தின் பாகுநிலை உயர்ந்திருக்கும்.
4. ஹீமோகுளோபின் தாங்கல் செயல், அதன் லைசின் அலகுகளால் தான் ஏற்படுகிறது.
5. இரத்தச் சிவப்பணுக்களை ஹைப்போடானிக் கரைசலில் விரவினால், செல்சுருங்குதல் நடைபெறும்.

IV. பொருத்துக.

1.	சிவப்பணுக்களின் உடையும் தன்மை கொண்டு செய்யப்படும் சோதனை	-	பரப்பு இழுவிசை
2.	ஹேயின் சோதனை	-	டைபால்மிட்டாயில் லெசிதீன்

3.	பரப்பு இழுவிசை குறைக்கும் தன்மை	-	சவ்வூடு பரவல்
4.	ஒருமை செல் சவ்வு அமைப்பு	-	நிக்கல்சன்
5.	நீர்ம மொசைக் அமைப்பு	-	இராபர்ட்சன்

V. கீழ்க்கண்டவற்றிற்குச் சுருக்கமாக விடையளி.

1. புற அமை புரதங்களுக்கு ஓர் உதாரணம் தருக.
2. இரத்தத்தின் பாகுநிலை என்ன?
3. செல்லுக்குள் திரவம் எவ்வாறு உறிஞ்சப்படுகிறது?
4. குளோரைட்-பை-கார்பனேட் அயனிகளைப் பரிமாற்றம் செய்யும் புரதத்தைப் பெயரிடுக.
5. ‘R’ என்னும் கடத்தப்படாத எதிர்மின் அயனி உள்ள பகுதியில் செறியும் அயனி எது?

VI. கீழ்க்கண்டவற்றிற்கு விடையளி.

1. செல்சவ்வு புரதங்கள் பற்றிக் குறிப்பு வரைக.
2. பல்வேறு செல்சவ்வு அமைப்புகள் பற்றி விவரி.
3. பரப்பு இழுவிசை மற்றும் பாகுநிலையின் உயிரியல் பயன்பாடுகளைப் பட்டியலிடுக.
4. இரத்தத்தின் pHல் எந்த மாற்றமுமின்றி எவ்வாறு CO_2 கடத்தப்படுகிறது?
5. டோனான் செல்சவ்வு சமநிலை பற்றிக் குறிப்பு வரைக.

பாடம் - 2

செரித்தல்

முன்னுரை

நாம் உண்ணும் உணவை உடலில் உறிஞ்சப் படுவதற்கேற்ற ஒரு நிலைக்கு மாற்றம் செய்யும் நிகழ்வையே செரித்தல் என்கிறோம். நம் உடல் உணவைப் பகுத்து, அதை ஆற்றலுக்காவும், பராமரிப்புக்காவும், வளர்ச்சிக்காவும் பயன்படுத்துவதைப் பற்றிச் செரித்தல் விளக்குகிறது. செரித்தல் வாயில் தொடங்கி, இரைப்பை மற்றும் சிறுகுடலில் தொடர்ந்து, பெருங்குடலில் முடிவடைகிறது. கல்லீரல் மற்றும் கணையம் அவற்றின் நொதிகளாலும், அவற்றால் சுரக்கப்படும் நீராலும் இச்செயலை எளிதாக்குகின்றன. செரித்தலின் மூலமாக கார்போஹைட்ரேட்கள் குளுக்கோஸாகவும், புரதங்கள் அமினோ அமிலங்களாகவும், கொழுப்புகள் கிளிசரால் மற்றும் கொழுப்பு அமிலங்களாகவும் பகுக்கப்படுகின்றன.

2.1 கார்போஹைட்ரேட்கள்

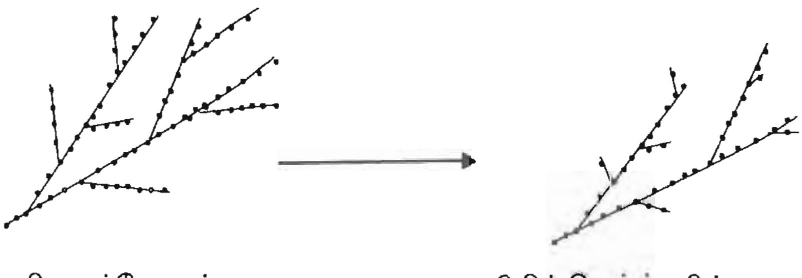
நம் உணவில் ஸ்டார்ச், கிளைக்கோஜன், சுக்ரோஸ், லாக்டோஸ், மால்டோஸ் ஆகிய முக்கிய கார்போஹைட்ரேட்கள் உள்ளன. இவை மட்டுமின்றி மிகக் குறைந்த அளவில் பிரக்டோசும், பென்டோசும் உள்ளன.

2.1.1 வாயில் செரித்தல் (Digestion in mouth)

பால் மற்றும் பழச்சாறு போன்ற திரவ உணவுகள் வாயில் நீண்ட நேரம் தங்குவதில்லை. அதனால் அவை வாயில் எந்த மாற்றமும் அடைவதில்லை. ஆனால் ஸ்டார்ச் மற்றும் கிளைகோஜன் அடங்கிய திட உணவுகள் உமிழ்நீருடன் கலந்து பற்களால் நன்கு அரைக்கப்படுகின்றன. உமிழ்நீரில் α1- 4 பிணைப்பைப் பகுக்கும் டயலின் (Ptyalin) என்னும் α அமைலேஸ் நொதி உள்ளது. அது ஸ்டார்ச் மற்றும் கிளைக்கோஜனை, குளுக்கோஸ் என்னும் ஒற்றைச் சாக்கரைடாகவும், மால்டோஸ் என்னும் இரட்டைச்சாக்கரைடாகவும், மால்டோட்ரையோஸ் என்னும் ட்ரைசாக்கரைடாகவும் பகுக்கிறது. கிளைக்கோஜன் மற்றும் ஸ்டார்ச் மூலக்கூறுகளில் உள்ள கொள்ளிடத் தடை காரணமாக, அவற்றின் உள்ளே உள்ள சில α 1-4 பிணைப்புகளை டயலினால் பகுக்க முடியாது. இதன் விளைவாக லிமிட் டெக்ஸ்டிரின் (Limit dextrin) உருவாகிறது.

உமிழ்நீர் அமைலேஸின் செயல்பாட்டிற்கு உகந்த pH 6-7 ஆகும். டயலின் நன்கு செயல்பட குளோரைடு அயனிகள் தேவைப்படுகின்றன.

கிளைக்கோஜன், ஸ்டார்ச் $\longrightarrow$ குளுக்கோஸ், மால்டோஸ், மால்டோட்ரையோஸ், லிமிட் டெக்ஸ்டிரின்



கிளைக்கோஜன் லிமிட் டெக்ஸ்டிரின்

உணவு டயலினுடன் இரைப்பையை அடைந்தவுடன், அங்கு நிலவும் அமில pHல் டயலின் செயலிழக்கிறது. இரைப்பையில் கார்போஹைட்ரேட்கள் செரிப்பதற்கு எந்த ஒரு நொதியும் இல்லை. அதனால், அங்கு பாலிசாக்கரைடுகள் எந்த மாற்றமும் அடைவதில்லை. ஆனால், உணவிலுள்ள சுக்ரோஸ் மட்டும், இரைப்பையின் HClஆல் நீராற்பகுக்கப்பட்டு சமமோலார் அளவிலான குளுக்கோஸாகவும், பிரக்டோஸாகவும் மாற்றப் படுகிறது.

2.1.2 டியோடினத்தில் செரித்தல் (Digestion in Duodenum)

உணவுக்கவளம் டியோடினத்தை அடைந்தவுடன் கணைய நீருடன் கலக்கப்படுகின்றது. கணைய நீரில் உள்ள α- அமைலேஸின் செயல் டயலினின் செயலை ஒத்ததே ஆகும். ஆனால், கீழ்க்கண்ட காரணங்களால் அது டயலினை விட வலிமை வாய்ந்ததாகும்.

(i) இது சமைக்கப்படாத ஸ்டார்ச் மீதும் செயல்படுகிறது.

(ii) இது டயலினால் பகுக்க முடியாத α 1- 4 பிணைப்புகளையும் நீராற் பகுக்கிறது.

கணைய அமைலேஸின் செயல்பாட்டிற்கு உகந்த pH 6.9 - 7.1 ஆகும். இதன் செயல்பாட்டிற்கும் குளோரைடு அயனிகள் தேவைப்படுகின்றன.

2.1.3 சிறுகுடலில் செரித்தல் (Digestion in small intestine)

கார்போஹைட்ரேட்டுகளை முற்றிலுமாக ஒற்றைச் சாக்கரைடுகளாக நீராற் பகுக்க ஐந்து நொதிகள் சிறுகுடலில் உள்ளன.

(அ) **சிறுகுடல் அமைலேஸ்:** இது பாலிசாக்கரைடுகள் மற்றும் ஒலிகோசாக்கரைடுகளின் முனையில் உள்ள α 1- 4 பிணைப்புகளை நீராற்பகுத்து குளுக்கோஸ் மூலக்கூறுகளை விடுவிக்கிறது.

(ஆ) **லாக்டேஸ்:** இது ஒரு β - கேலக்டோசிடேஸ் நொதி ஆகும். இது லாக்டோஸ் மூலக்கூறுகளை சமமோலார் அளவிலான குளுக்கோஸ் மற்றும் கேலக்டோஸாக நீராற்பகுக்கிறது. இதன் செயல்பாட்டிற்கு உகந்த pH 5.4 6.0 ஆகும்.

லாக்டேஸ்

லாக்டோஸ் ——————▶ குளுக்கோஸ் + கேலக்டோஸ்

(இ) **மால்டேஸ் :** இது ஒரு குளுக்கோசிடேஸ் நொதி ஆகும். இது மால்டோசில் உள்ள α 1- 4 பிணைப்புகளை உடைத்து, குளுக்கோஸ் மூலக்கூறுகளாகப் பகுக்கிறது. சிறுகுடல் எபிதீலியல் செல்களில் ஐந்து விதமான மால்டேஸ்கள் கண்டறியப்பட்டுள்ளன. இவற்றின் செயல்பாட்டிற்கு உகந்த pH 5.8 - 6.2 ஆகும்.

மால்டேஸ்

மால்டோஸ் ——————▶ குளுக்கோஸ் + குளுக்கோஸ்.

(ஈ) **சுக்ரேஸ்:** இது சுக்ரோஸ் மூலக்கூறுகளில் உள்ள β 1- 2 பிணைப்புகளின் மீது செயல்பட்டு சமமோலார் அளவிலான குளுக்கோஸ் மற்றும் பிரக்டோஸ் மூலக்கூறுகளைத் தருகிறது.

சுக்ரேஸ்

சுக்ரோஸ் ——————▶ குளுக்கோஸ் + பிரக்டோஸ்.

(உ) **ஐசோமால்டேஸ் :** இது லிமிட் டெக்ஸ்டிரினின் α 1- 6 பிணைப்புகளை நீராற்பகுத்து மால்டோஸ் மற்றும் குளுக்கோஸைத் தருகிறது.

நம் உணவு மண்டலத்தில் β 1- 4 பிணைப்புகளின் மீது செயல்படும் நொதி இல்லாததால் செல்லுலோஸைச் செரிக்க முடியாது.

2.1.4 கார்போஹைட்ரேட்களை உறிஞ்சுதல் (Absorption of Carbohydrates)

ஒற்றைச் சாக்கரைடுகளை மட்டுமே சிறுகுடல் மியூகோசாவால் உறிஞ்ச முடியும். ஒரு சில இரட்டைச்சாக்கரைடுகள் பினோசைட்டோசிஸ் (Pinocytosis) முறையில் உறிஞ்சப்பட்டு, இரட்டைச் சாக்கரிடேஸ்கள் என்ற நொதியினால் ஒற்றைச் சாக்கரைடுகளாகப் பகுக்கப்படுகின்றன. ஒற்றைச் சாக்கரைடுகளின் உறிஞ்சுதல் கீழ்க்கண்ட வரிசையில் நடைபெறும்.

கேலக்டோஸ் > குளுக்கோஸ் > பிரக்டோஸ் > மேனோஸ் > சைலோஸ் > அராபினோஸ்.

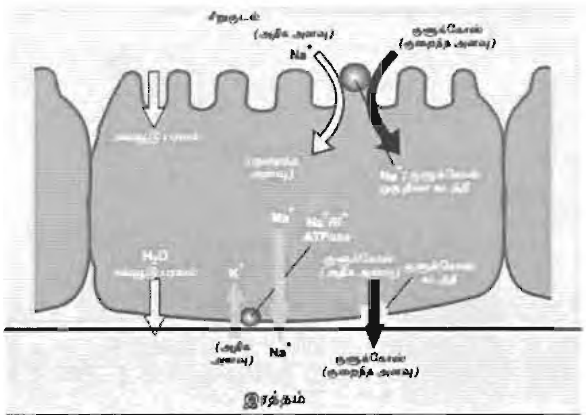
உறிஞ்சுதலின் இயங்கமைப்பு (Mechanism of absorption)

(அ) **சாதாரணக் கடத்தல் (Simple diffusion)** : சிறுகுடலில் குளுக்கோசின் செறிவு அதிகமாக இருக்கும் போது, இவ்வகை கடத்தல் மூலம் குளுக்கோஸ் சவ்வைக் கடக்கிறது.

(ஆ) **செயல்மிகு கடத்தல் (Active Transport)**: செயல்மிகு கடத்தலின் மூலமாக குளுக்கோஸ் உறிஞ்சுதல் துரிதப்படுத்தப் படுகிறது (படம் 2.1). குளுக்கோஸ் உறிஞ்சுதல் ஒரு இரண்டாம் நிலை செயல்மிகு கடத்தல் ஆகும். ஏனெனில் இந்நிகழ்வில் ATP மறைமுகமாக நீராற் பகுக்கப்படுகிறது.

1. ஒரு மூலக்கூறு குளுக்கோசும் ஒரு சோடியம் அயனியும் கடத்தல் புரதத்தோடு இணைகிறது.

2. சோடியம் அயனியும் குளுக்கோசும் இணைந்தவுடன், கடத்தல் புரதத்தில் உருமாற்றம் ஏற்படுகிறது.



படம் 2.1 குளுக்கோஸ் உறிஞ்சுதலின் அமைப்பு

3. இந்த உருமாற்றத்தினால் சோடியம் அயனியும் குளுக்கோசும் சிறுகுடல் செல்களுக்குள் செலுத்தப்படுகின்றன.

4. இதன் பின்னர் சோடியம் அயனிகள் சிறுகுடல் செல்லிலிருந்து வெளியேற்றப்படுகின்றன. இச்செயலுக்குத் தேவையான ஆற்றல் ATP நீராற்பகுத்தலின் மூலம் பெறப்படுகிறது.

இறுதியாக, குளுக்கோஸ் மூலக்கூறுகள் மட்டுமே செல்களில் உறிஞ்சப்படுகின்றன.

2.1.5 உறிஞ்சுதலைப் பாதிக்கும் காரணிகள் (Factors affecting rate of absorption)

1. சிறுகுடல் உட்சுவர் பாதிப்படையும் போது உறிஞ்சுதல் குறைகிறது.

2. தைராய்டு ஹார்மோன், அட்ரினல் கார்டெக்ஸ் ஹார்மோன் மற்றும் பிட்யூட்டரி ஹார்மோன்கள் கார்போஹைட்ரேட்கள் உறிஞ்சுதலை அதிகப்படுத்துகின்றன.

3. குளுக்கோஸ் உறிஞ்சுதலை இன்சுலின் பாதிப்பதில்லை.

4. பிரிமிடின் மற்றும் பேன்டோதெனிக் அமிலக் குறைபாடுகள் உறிஞ்சுதலைக் குறைக்கின்றன.

5. லாக்டோஸ் ஒவ்வாமை போன்று பரம்பரை நொதி குறைபாடுகளில் உறிஞ்சுதல் குறைகிறது.

2.2 புரதங்கள்

புரதங்கள், தாவர மற்றும் மாமிச உணவுப் பொருட்களில் அடங்கியுள்ளன. பால், பால் பொருட்கள், மாமிசம், மீன், கல்லீரல், முட்டை போன்ற மாமிச உணவுகளில் புரதங்கள் அதிகமான அளவில் உள்ளன. தானியங்கள், பருப்பு வகைகள், பட்டாணி, அவரை மற்றும் கொட்டைகள் போன்ற தாவர உணவுப் பொருட்களில் புரதங்கள் செறிந்துள்ளன.

2.2.1 வாயில் செரித்தல் (Digestion in mouth)

புரதத்தைச் செரிக்க எந்த ஒரு நொதியும் வாயில் இல்லை.

2.2.2 இரைப்பையில் செரித்தல் (Digestion in stomach)

HCl

இரைப்பை மியூக்கோசாவால் சுரக்கப்படும் HCl, புரதத்தின் ஈரிணைய அமைப்பைச் சிதைத்து, நொதிகளின் பணியை எளிதாக்குகிறது.

பெப்சின், ரெனின், காஸ்ட்ரிசின் மற்றும் ஜெலாடினேஸ் போன்ற புரதங்களைப் பகுக்கும் நொதிகள் இரைப்பை நீரில் உள்ளன.

பெப்சின்

இது இரைப்பை நீரிலுள்ள ஒரு வலிமை வாய்ந்த புரதங்களைப் பகுக்கும் நொதியாகும். இது பெப்சினோஜன் என்றழைக்கப்படும் சைமோஜன் உருவில் சுரக்கப்படுகிறது. பெப்சினோஜனின் மூலக்கூறு எடை 42,500 டால்டன் ஆகும். இரைப்பை அமிலம் செயலற்ற பெப்சினோஜனை செயல்திறன் கொண்ட பெப்சினாக மாற்றுகிறது. சிறிதளவு பெப்சின் தோன்றியவுடன், அது தன்தூண்டல் முறையில் (autocatalysis) எஞ்சிய பெப்சினோஜனை பெப்சினாக மாற்றுகிறது.

பெப்சினின் மூலக்கூறு எடை 34,500 டால்டன்களாகும். பெப்சின் ஒரு என்டோபெப்டிடேஸ் (endopeptidase) ஆகும். என்டோபெப்டிடேஸ் என்னும் நொதி புரதங்களின் உள்ளமைந்த பெப்டைடு பிணைப்புகளின் மீது செயல்படுகிறது.

பெப்சின் புரதங்கள் மீது செயல்பட்டு, அவற்றைக் குறைந்த மூலக்கூறு எடை கொண்ட புரோடியோசுகள் மற்றும் பெப்டோன்களாக மாற்றுகிறது.

புரதங்கள் $\longrightarrow$ புரோடியோசுகள் + பெப்டோன்கள்

இது ஒரு அகன்ற தெரிவுத்தன்மை கொண்ட நொதியாகும். அரோமேட்டிக் மற்றும் நீர்வெறுக்கும் அமினோ அமிலங்களின் கார்பாக்சில் முனை அல்லது எதிர்மின் சுமை கொண்ட அமினோ அமிலங்களின் அமினோ முனை கொண்ட பெப்டைடு பிணைப்புகளின் மீது செயல்படுகிறது. இது பாலிலுள்ள கரையும் தன்மை கொண்ட கேசினை நீராற்பகுக்குகிறது. பகுக்கப்பட்ட கேசின் கால்சியத்துடன் இணைந்து கரையாத் தன்மை கொண்ட பாராகேசினேட்டாக மாறுகிறது.

பெப்சின் செயல்திறனுக்கு உகந்த pH 1.6 - 2.5 ஆகும்.

ரெனின்

பச்சிளம் குழந்தைகளில் மட்டுமே ரெனின் காணப்படுகிறது. இது இரைப்பை மியூக்கோசாவால் செயலற்ற புரோரெனினாக சுரக்கப்படுகிறது. இதுவும் பாலிலுள்ள கேசினை கரையாத்தன்மை கொண்ட கால்சியம் பாராகேசினேட்டாக மாற்றுகிறது.

2.2.3 டியோடினத்தில் செரித்தல் (Digestion in duodenum)

புரதங்களைப் பகுக்கும் முக்கிய நொதிகளான டிரிப்சின், கைமோடிரிப்சின், கார்பாக்ஸி பெப்டிடேஸ், இலாஸ்டேஸ் மற்றும் கொலாஜினேஸ் போன்ற நொதிகள் கணைய நீரில் உள்ளன.

டிரிப்சின்

டிரிப்சின் என்னும் புரதத்தைப் பகுக்கும் நொதி டிரிப்சினோஜன் என்னும் செயலற்ற சைமோஜன் உருவில் சுரக்கப்படுகிறது. இது என்டிரோகைனேசாலும், கால்சியத்தின் முன்னிலையில் தன்தூண்டல் முறையாலும் செயல்திறன் கொண்ட டிரிப்சினாக மாற்றப்படுகிறது.

இது ஒரு என்டோபெப்டிடேஸ் ஆகும். இது நேர்மின் சுமை கொண்ட அமினோ அமிலங்களான லைசின், ஆர்ஜினைன் போன்றவற்றின் கார்பாக்சில் தொகுதிகளைக் கொண்ட பெப்டைடு பிணைப்புகளைப் பகுக்கும் தெரிவுத்தன்மை கொண்டதாகும். பாலிபெப்டைடுகள், புரோடியோசுகள், பெப்டோன்கள், டை மற்றும் ட்ரைபெப்டைடுகள் போன்றவை இதன் செயல்பாட்டின் வினைவிளை பொருட்களாக அமைகின்றன. புரோலினால் ஆக்கப்பட்ட பெப்டைடு பிணைப்புகளை இந்த நொதியால் பகுக்க முடியாது.

இந்நொதி புரோஇலாஸ்டேஸை, இலாஸ்டேசாகவும், கைமோடிரிப்சினோஜனை கைமோடிரிப்சினாகவும்,

ஃபைப்ரினோஜனை ஃபைப்ரினாகவும் மாற்றுகிறது. இந்த நொதியின் செயல்திறனுக்கு உகந்த pH 8-9 ஆகும்.

கைமோடிரிப்சின்

இது ஒரு என்டோபெப்டிடேஸ் ஆகும். இந்நொதியும் கைமோடிரிப்சினோஜன் என்னும் செயலற்ற உருவில் சுரக்கப்படுகிறது. டிரிப்சினாலும், தன்தூண்டல் முறையாலும் செயல்திறன் கொண்ட கைமோடிரிப்சினாக மாற்றப்படுகிறது. இது டிரிப்டோபேன், தைரோசின் மற்றும் பினைல் அலனைன் போன்ற அரோமேடிக் அமினோ அமிலங்களைக் கார்பாக்ஸில் முனையாகக் கொண்ட பெப்டைடு பிணைப்புகளை நீராற் பகுக்கிறது.

இந்த நொதியின் செயல்பாட்டிற்கு உகந்த pH 7-8 ஆகும்.

கார்பாக்ஸி பெப்டிடேஸ்கள்

கார்பாக்ஸி பெப்டிடேஸ் "A" மற்றும் "B" ஆகிய இருவகை கார்பாக்ஸி பெப்டிடேஸ்கள் உள்ளன. இரு நொதிகளும் எக்ஸோபெப்டிடேஸ்கள் (exopeptidase) ஆகும். கார்பாக்ஸி பெப்டிடேஸ் "A" அரோமேடிக் அமினோ அமிலம் கொண்ட கார்பாக்ஸில் தொகுதி முனைக்கும், கார்பாக்ஸி பெப்டிடேஸ் "B" நேர் மின்சுமை கொண்ட அமினா அமிலங்களைக் கொண்ட கார்பாக்ஸில் தொகுதி முனைக்கும் தெரிவுத் தன்மை உடையவை.

இந்த இரு நொதிகளின் செயல்பாட்டிற்கும் உகந்த pH 7-8 ஆகும்.

2.2.4 சிறுகுடலில் செரித்தல் (Digestion in small intestine)

என்டிரோகைனேஸ், அமினோ பெப்டிடேஸ், புரோலிடேஸ், டை மற்றும் ட்ரை பெப்டிடேஸ்கள் ஆகிய புரதங்களைப் பகுக்கும் நொதிகள் சிறுகுடலில் உள்ளன. என்டிரோகைனேஸ் என்னும் நொதி

கால்சியத்தின் உதவியுடன் டிரிப்சினைத் தூண்டுகிறது. அமினோ பெப்டிடேஸ்கள், பெப்டைடுகளின் அமினோ முனையிலிருந்து ஒவ்வொரு அமினோ அமிலமாகப் பகுக்கும் திறனுடையவை. ஆனால், இவற்றால் புரோலினை அமினோ முனையாகக் கொண்ட பெப்டைடு பிணைப்புகளையும், டைபெப்டைடுகளையும் பகுக்க முடியாது. புரோலிடேஸ்கள் புரோலினால் உருவான பெப்டைடு பிணைப்புகளை நீராற் பகுக்கின்றன.

மேற்கண்ட அனைத்து நொதிகளின் கூட்டு முயற்சியால் புரதங்கள் டை மற்றும் ட்ரைபெப்டைடுகளாகப் பகுக்கப்படுகின்றன. குடலின் மியூக்கோசா செல்கள் மற்றும் உறிஞ்சும் திறன் கொண்ட செல்களில் (absorptive cells) உள்ள டை மற்றும் ட்ரைபெப்டிடேஸ்கள், அமினோ அமிலங்களாகப் பகுக்கின்றன.

$$\text{ட்ரைபெப்டைடுகள்} \xrightarrow{\text{ட்ரைபெப்டிடேஸ்கள்}} \text{டைபெப்டைடுகள்}$$

$$\text{டைபெப்டைடுகள்} \xrightarrow{\text{டைபெப்டிடேஸ்கள்}} \text{அமினோ அமிலங்கள்}$$

2.2.5 அமினோ அமிலங்களை உறிஞ்சுதல் (Absorption of amino acids)

உறிஞ்சப்படும் அமினோ அமிலங்களும் சிறிய பெப்டைடுகளும் போர்டல் சுற்றோட்டத்தின் வழியாக கல்லீரலை அடைகின்றன. இயற்கையாக உள்ள L-அமினோ அமிலங்கள் செயல்மிகு கடத்தல் முறையிலும், D-அமினோ அமிலங்கள் சாதாரண கடத்தல் முறையிலும் உறிஞ்சப்படுகின்றன. அமினோ அமிலங்களை உறிஞ்சுவதற்கும் கார்போஹைட்ரேட்களை உறிஞ்சப் பயன்படுவது போல கடத்தல் புரதமும், சோடியம் அயனிகளும் தேவை.

அமினோ அமிலம் குளுட்டத்தயான் சுழற்சி (Glutathione cycle) மூலம் உறிஞ்சப்படுகின்றன. குளுட்டத்தயான் சுழற்சியின் வெவ்வேறு படிகளாவன:

அ. அமினோ அமிலங்கள் குளுட்டத்தயானோடு இணைந்து γ-குளுட்டமைல் அமினோ அமிலமாகவும் சிஸ்டினைல் கிளைசினாகவும் மாறுகிறது.

ஆ. γ-குளுட்டமைல் அமினோ அமிலம் கடத்தப்பட்டு, நீராற் பகுக்கப்பட்டு, ஆக்சோபுரோலின் மற்றும் L அமினோ அமிலமாக மாற்றப்பட்டு உறிஞ்சப்படுகிறது.

இ. சிஸ்டினைல் கிளைசின், சிஸ்டீன் மற்றும் கிளைசினாகப் பகுக்கப்படுகிறது.

ஈ. ஆக்சோ புரோலின் மீண்டும் குளுட்டாமேட்டாக மாற்றப்படுகிறது.

உ. குளுட்டாமேட், சிஸ்டீன் மற்றும் கிளைசின் மூன்றும் இணைந்து மீண்டும் குளுட்டாத்தயான் ஆகிறது.

2.2.6 உறிஞ்சுதலைப் பாதிக்கும் காரணிகள் (Factors affecting absorption)

1. டைநைட்ரோ பீனால் மற்றும் சயனைடு போன்றவை அமினோ அமிலங்கள் உறிஞ்சப்படுவதைக் குறைக்கின்றன.

2. உறிஞ்சுதலின் போது ஒரு அமினோ அமிலம் மற்றோரு அமினோ அமிலத்தோடு போட்டியிடுகிறது. அதனால் அதிகச் செறிவுள்ள அமினோ அமிலம், மற்ற அமினோ அமிலங்களின் உறிஞ்சுதலைக் குறைக்கிறது.

3. குளுட்டத்தயான் சுழற்சி மூலம் அமினோ அமிலங்கள் உறிஞ்சப்படுவதற்குக் குளுட்டத்தயான் தேவைப்படுகிறது.

2.3 லிப்பிடுகள் செரித்தல் (Digestion of Lipids)

செரித்தலில் ஈடுபடும் அனைத்து நொதிகளும் நீரில் கரையும் தன்மை கொண்டவை. அதனால் நீர்வெறுக்கும் கொழுப்புகளைச் செரிப்பதில் சிக்கல் ஏற்படுகிறது. இச்சிக்கல் கொழுப்பைப் பால்மமாக்கல் (Emulsification of fats) என்னும் செயலால் தீர்க்கப்படுகிறது. அதாவது, பெரிய கொழுப்புத் துகள்கள், சிறுசிறு துகள்களாக உடைக்கப்படுகின்றன. இதன்மூலம் நொதிகள் செயல்படுவதற்கு அதிகப் பரப்பளவு கிடைக்கிறது. இதனால், கொழுப்புக்கும், கொழுப்பைப் பகுக்கும் நொதியான லைப்பேசுக்கும் இடையேயான தொடர்பு அதிகரிக்கிறது.

கொழுப்புகள் மாமிச மற்றும் தாவர உணவுகளில் உள்ளன. பால், பால்பொருட்கள், வெண்ணெய், நெய், மாமிசம், முட்டை மற்றும் மீன் ஆகியவை கொழுப்புகள் நிறைந்த மாமிச உணவுகளாகும். தாவர உணவுகளில், சமையல் எண்ணெயில் கொழுப்புகள் உள்ளன. நிறைவுறா கொழுப்புகள் தாவர உணவுகளில் அதிகமாக உள்ளதால் தாவரக் கொழுப்புகள், மாமிசக் கொழுப்புகளை விடச் சிறந்தவை.

2.3.1 வாயில் செரித்தல் (Digestion in mouth)

சமீபத்தில் வாயில் ஒரு லிங்குவல் லைப்பேஸ் (Lingual lipase) கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இதன் செயல்பாட்டிற்கு உகந்த pH 4-5 ஆகும். இது இரைப்பையில் உணவின் மீது செயல்படுகிறது. பாலினைச் செரிப்பதற்கு இந்த லிங்குவல் லைப்பேஸ் சிறந்த நொதியாகும்.

2.3.2 இரைப்பையில் செரித்தல் (Digestion in stomach)

இரைப்பை லைப்பேசால் ட்ரைகிளிசரைடுகளின் மீது சிறிதளவே செயல்பட முடியும். ஏனெனில்,

1. இரைப்பையில் கொழுப்பு பால்மமாக்கப்படுவதில்லை.

2. இரைப்பையிலுள்ள நொதிகளின் அளவு மிகக் குறைவானதாகும்.

3. இந்த நொதியின் செயல்திறனுக்கு உகந்த pH 7-8 ஆகும்.

நிறைவுத் தன்மை (Satiety value)

கொழுப்புகள் என்டிரோகேஸ்டிரோன் என்னும் ஹார்மோனின் மூலமாக இரைப்பையின் அசைவுகளைக் கட்டுப்படுத்துவதால் உணவு இரைப்பையிலிருந்து சிறுகுடலுக்குத் தாமதமாகச் செல்கிறது. இதனையே, கொழுப்புகளினால் ஏற்படும் நிறைவுத் தன்மை என்கின்றோம்.

2.3.3 டியோடினம் மற்றும் சிறுகுடலில் செரித்தல் (Digestion in duodenum and small intestine)

டியோடினம் மற்றும் சிறுகுடலில், கணைய நீரிலுள்ள பித்த உப்புகளால் கொழுப்புகள் பால்மமாக்கப்படுவதால் கொழுப்புகளின் செரிமானம் அதிக அளவில் நடைபெறுகிறது.

கணைய லைப்பேஸை ஸ்டீப்சின் (Steapsin) என்கிறோம். இது உணவிலுள்ள ட்ரைகிளிசரைடுகள் மீது செயல்படுகிறது. இதன் செயல்பாட்டிற்கு உகந்த pH காரப்பகுதியில் உள்ளது. ட்ரைகிளிசரைடுகள் மீது லைப்பேஸ் கீழ்க்கண்டவாறு செயல்படுகிறது.

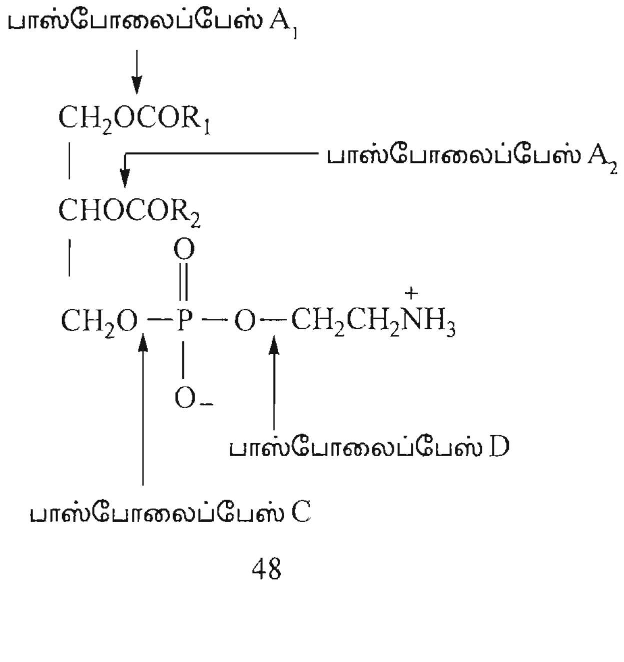
அ. இறுதியிலுள்ள γ-கொழுப்பு அமிலத்தை நீக்கி, டிரை கிளிசரைடுகளை (Triglycerides) α,β டைகிளிசரைடுகளாக (Diglycerides) மாற்றுகிறது.

ஆ. α,β டைகிளிசரைடுகளில் உள்ள α கொழுப்பு அமிலத்தை நீக்கி, β மோனோகிளிசரைடுகளாக மாற்றுகிறது.

இ. β மோனோகிளிசரைடுகள் மீது லைப்பேசுகள் செயல்பட இயலாததால், அவை, α மோனோகிளிசரைடுகளாக மாற்றப்படுகின்றன.

ஈ. α மோனோகிளிசரைடுகளை முழுவதுமாக நீராற்பகுத்து கிளிசரால் மற்றும் கொழுப்பு அமிலமாக மாற்றுகிறது.

கணைய நீரிலுள்ள மற்ற நொதிகள் பாஸ்போலைப்பேஸ்கள் ஆகும். பாஸ்போலிப்பிடுகளைக் கிளிசரால், கொழுப்பு அமிலம், பாஸ்பாரிக் அமிலம் மற்றும் காரமாக மாற்ற நான்கு வித பாஸ்போலைப்பேஸ்கள் உள்ளன. அவை, பாஸ்போலைப்பேஸ் A_1, A_2, C மற்றும் D ஆகும். கீழ்க்கண்டவாறு பாஸ்போலைப்பேஸ்கள் செயல்படுகின்றன.



கொலஸ்டிரால் எஸ்டரேஸின் செயலானது,

$$\text{கொலஸ்டிரால் எஸ்டர்} \xrightarrow{\text{கொலஸ்டிரால் எஸ்டரேஸ்}} \text{கொலஸ்டிரால் + கொழுப்பு அமிலம்}$$

2.3.4 கொழுப்புகளை உறிஞ்சுதல் (Absorption of fats)

1. கொழுப்பு அமிலங்கள் சிறுகுடல் சுவரிலுள்ள உறிஞ்சும் திறன் கொண்ட செல்களால் சாதாரண கடத்தல் முறையில் உறிஞ்சப்படுகின்றன. கொழுப்பு அமிலங்கள், செல்லுக்குள் நுழைந்தவுடன், டிரைகிளிசரைடுகளாக மாற்றப்படுவதால் மேற்கூறிய பணி துரிதப்படுத்தப்படுகிறது.

2. கிளிசரால் மற்றும் சிறு சங்கிலித் தொடர் கொழுப்பு அமிலங்களின் ஒரு பகுதி உறிஞ்சப்பட்டு போர்டல் சுற்றோட்டம் வழியாகக் கல்லீரலுக்கு எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது.

3. கிளிசரால் மற்றும் கொழுப்பு அமிலங்கள் சிறுகுடல் எபிதீலியல் செல்களில் ட்ரைகிளிசரைடுகளாக மாற்றப்படுகின்றன. அவை லாக்டியல்களில் நீர் விரும்பும் பாஸ்போலிப்பிடுகள், கொலஸ்ட்ரால், கொலஸ்ட்ரால் எஸ்டர் மற்றும் அப்போபுரதம் அப்போ'B'ஆகியவற்றால் ஒரு மெல்லிய படலமாகச் சூழப்படுகின்றன. இவ்வாறு ஒரு நீர் விரும்பும் தன்மைக்கு உருப்பெற்றவுடன், அவை நிணநீர் சுற்றோட்டத்திற்குள் நுழைந்து, இறுதியாக தொராசிக் நாளம் வழியாக சிஸ்டமிக் சுற்றோட்டத்தைச் சென்றடைகின்றன.

2.3.5 உறிஞ்சுதலைப் பாதிக்கும் காரணிகள் (Factors affecting absorption)

1. குறைந்த சங்கிலித் தொடர் கொழுப்பு அமிலங்கள், அதிக சங்கிலித் தொடர் கொழுப்பு அமிலங்களை விட வேகமாக உறிஞ்சப்படுகின்றன. இவை அதிகச் சங்கிலித் தொடர் கொழுப்பு அமிலங்கள் உறிஞ்சுதலையும் அதிகப்படுத்துகின்றன.

2. ஸ்டிக்மாஸ்டீரால் (Stigmasterol), சைடோஸ்டீரால் (Sitosterol) போன்ற தாவர ஸ்டீரால்கள் (Plant Sterols) கொலஸ்ட்ரால் உறிஞ்சுதலைத் தடுக்கின்றன.

3. பித்த உப்புகள் கொழுப்புகள் செரிப்பதற்கு ஏதுவாகச் செயல்படுகின்றன. மஞ்சள்காமாலை நோயில் பித்தநீர் சுரப்பின்மையால், செரிக்கும் தன்மை குறைகிறது.

4. நிறைவுறா கொழுப்பு அமிலம் மற்றும் பித்த உப்புகளும் கொழுப்புகள் உறிஞ்சப்படுவதற்கு உதவுகின்றன.

2.4 நியூக்ளிக் அமிலங்கள் செரித்தல் (Digestion of Nucleic acids)

2.4.1 வாய் மற்றும் இரைப்பையில் செரித்தல் (Digestion in mouth and stomach)

நியூக்ளிக் அமிலங்களைச் செரிக்க எந்த ஒரு நொதியும் வாயில் இல்லை.

இரைப்பையின் அமிலத்தன்மை நியூக்ளியோ புரதங்களை (Nucleoproteins) உருக்குலைக்கின்றன. புரதங்களைப் பகுக்கும் நொதிகள் அவற்றை நியூக்ளிக் அமிலம் மற்றும் புரதமாகப் பகுக்கின்றன.

2.4.2 டியோடினத்தில் செரித்தல் (Digestion in duodenum)

கணைய நீரில் ரிபோநியூக்ளியேஸ் (Ribonuclease) மற்றும் டிஆக்ஸி ரிபோநியூக்ளியேஸ் (Deoxyribonuclease) ஆகிய இரு நொதிகள் உள்ளன. அவை நியூக்ளிக் அமிலங்களை மோனோ நியூக்ளியோடைடுகளாகப் பகுக்கின்றன.

நொதிகள் செயல்படும் இடத்தைக் கொண்டு நியூக்ளியேஸ்களை என்டோநியூக்ளியேஸ்கள் மற்றும் எக்ஸோநியூக்ளியேஸ்கள் என இருவகைப்படுத்தலாம்.

என்டோநியூக்ளியேஸ்கள் மூலக்கூறுகளின் உள்ளமைந்த பிணைப்புகளையும், எக்ஸோநியூக்ளியேஸ்கள் முனைகளில் அமைந்த பிணைப்புகளையும் பகுக்கின்றன.

சிறுகுடல் நீரில் நியூக்ளிக் அமிலங்களைச் செரிக்கும் இரு நொதிகள் உள்ளன.

அ. நியூக்ளியோடிடேஸ்கள் நியூக்ளியோடைடுகளை நியூக்ளியோசைடுகள் மற்றும் பாஸ்பாரிக் அமிலமாகவும் நீராற் பகுக்கின்றன.

ஆ. நியூக்ளியோசிடேஸ்கள் நியூக்ளியோசைடுகளைச் சர்க்கரைகளாகவும், காரங்களாகவும் பகுக்கின்றன.

2.4.3 இரைப்பை - குடல் ஹார்மோன்கள் (Gastro Intestrial Hormones)

நம் உணவு மண்டலத்தில் மூன்று முக்கிய இரைப்பை குடல் ஹார்மோன்கள் சுரக்கப்படுகின்றன. இவை இரைப்பை மற்றும் சிறுகுடலில் உள்ள மியூகோசல் சுரப்பு செல்களால் சுரக்கப்படும் பாலிபெப்டைடுகள் ஆகும்.

கேஸ்டிரின் (Gastrin) இரைப்பையின் பைலாரிக் பகுதியிலுள்ள மியுகோசல் செல்களால் சுரக்கப்படுகிறது. இது கேஸ்டிரிக் அமிலம் சுரப்பதை ஊக்குவிக்கின்றது. இரு கேஸ்டிரின்கள் கண்டறியப்பட்டுள்ளன. கேஸ்டிரின் Iல் 17 அமினோ அமிலங்களும், கேஸ்டிரின் IIல் 14 அமினோ அமிலங்களும் உள்ளன. வயது, வேகல் தூண்டல் (Vagal stimulation), அசிடைல் கோலின் (Acetyl choline) கிளைசின் என்ற அமினோ அமிலம், மற்றும் புரதங்கள் அதிகமாக உள்ள உணவுப் பொருட்களால் கேஸ்டிரின் சுரப்பு அதிகப்படுத்தப்படுகிறது. கேஸ்டிரினின் முனையிலுள்ள நான்கு அமினோ அமிலங்கள் இதன் செயல்பாட்டிற்கு இன்றியமையாதவையாகும்.

செக்ரிடின் (Secretin) 27 அமினோ அமிலங்கள் கொண்ட பாலிபெப்டைடு ஆகும். அவற்றின் நான்கு அமினோ அமிலங்கள் குளுக்கோகானை ஒத்துள்ளன. இது டியோடினல் மியூகோசாவால் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. இதன் சுரப்பு HClஆல் தூண்டப்படுகிறது. இது மின்பகுளிகள் மற்றும் திரவப் பகுதி செறிந்த கணைய நீரைச் சுரக்கச் செய்கிறது. கல்லீரலிருந்து பித்த நீர் சுரப்பை அதிகரிக்கச் செய்யும் காரணிகளுள் இதுவும் ஒன்றாகும். இது குளுக்கோகானைப் போல் செயல்பட்டு, இதயத்திலிருந்து வெளிப்படும் குருதியளவையும் (Cardiac output), லிப்போலைசிஸையும் (lipolysis) அதிகரிக்கிறது.

கோலிசிஸ்டோகைனின் (Cholecystokinin) மற்றும் பான்கிரியோசைமின் (Pancreozymin) ஆகிய ஹார்மோன்கள் கணையநீர் சுரத்தலைத் தூண்டுகின்றன. மேலும் பான்கிரியோசைமின் கணையத்திலிருந்து இன்சுலின் மற்றும குளுக்கோகான் சுரப்பதையும் தூண்டுகிறது. குளுக்கோஸை சிரைக்குள் செலுத்துவதைவிட வாய் வழியாக உட்கொள்ளும் போது இன்சுலின் சுரப்பு அதிகரிப்பதற்குப் பான்கிரியோசைமினின் இச்செயலே காரணமாகும். பான்கிரியோசைமினில் உள்ள 33 அமினோ அமிலங்களில் அதன் 'C' முனையில் உள்ள எட்டு அமினோ அமிலங்கள் மட்டுமே செயல்திறன் வாய்ந்தவை.

கோலிசிஸ்டோகைனின் பித்தப்பையைச் சுருங்கச் செய்து பித்தநீரை டியோடினத்திற்குள் வெளியேற்றுகிறது. பித்தநீர் வெளியேற்றத்தை செக்ரிடின் மற்றும் பித்த உப்புகளும் தூண்டுகின்றன.

மற்ற இரைப்பை குடல் ஹார்மோன்கள் (Other gut hormones)

ஹெப்பட்டோகிரினின் (Hepatocrinin) பித்த உப்புகள் குறைந்த பித்தநீர் சுரப்பதைத் தூண்டுகிறது. மொட்டிலின் (Motilin) இரைப்பை அசைவை அதிகரிக்கிறது. என்டிரோகேஸ்டிரோன் (en-

terogastrone) மற்றும் கேஸ்டிரிக் இன்கிபிட்டரி பாலிபெப்டைடு (gastric inhibitory polypeptide) ஆகிய ஹார்மோன்கள் இரைப்பை அசைவையும், அமிலச் சுரப்பையும் தடுக்கின்றன. சிறுகுடல் மியூக்கோசாவிலிருந்து நொதிகள் சுரப்பதை என்டிரோகிரினின் (enterocrinin) தூண்டுகிறது. கணையத்திலிருந்து கைமோடிரிப்சின் சுரப்பதைக் கைமோடெனின் (Chymodenin) தூண்டுகிறது.

பயிற்சிகள்

I. சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடு.

1. கணையத்தால் சுரக்கப்படாத நொதி
   அ. டிரிப்சின் ஆ. அமைலேஸ்
   இ. சுக்ரேஸ் ஈ. கைமோடிரிப்சின்

2. இதனைச் செரிக்க இரைப்பையில் நொதி உண்டு
   அ. புரதங்கள் ஆ. தனிமங்கள்
   இ. வைட்டமின்கள் ஈ. எதுவும் இல்லை

3. பெப்சின் இதனால் செயல்திறன் கொண்டதாக மாற்றப்படுகிறது.
   அ. தன்தூண்டல் முறையால் ஆ. ரெனின்
   இ. HCl ஈ. HCl மற்றும் தன்தூண்டல் முறையால்

4. நிறைவுத் தன்மை அதிகமுள்ள உணவு
   அ. கார்போஹைட்ரேட்கள் ஆ. புரதங்கள்
   இ. கொழுப்புகள் ஈ. வைட்டமின்கள்

5. D அமினோ அமிலங்கள் இம்முறையில் உறிஞ்சப்படுகின்றன.
   அ. சாதாரண கடத்தல் ஆ. செயல்மிகு கடத்தல்
   இ. இரண்டின் வழியாக ஈ. எதுவும் இல்லை

6. குளுக்கோசைக் கடத்துவதற்கு இந்த அயனி தேவை
   அ. Na^+ ஆ. K^+ இ. Mg^{2+} ஈ. Ca^{2+}

7. கீழ்க்கண்டவற்றுள் எது கணையத்தால் சுரக்கப்படாத நொதி

அ. டிரிப்சின் ஆ. கைமோடிரிப்சின்

இ. பெப்சின் ஈ. இலாஸ்டேஸ்கள்

II. கோடிட்ட இடத்தை நிரப்புக.

1. கணையத்தால் சுரக்கப்படும் லைப்பேஸ் -------- என அழைக்கப்படுகிறது.
2. கோலிசிஸ்டோகைனின் மற்றும் ---------- ஹார்மோன்கள் கணைய நீர் சுரத்தலைத் தூண்டுகின்றன.
3. ----------------அல்லது சயனைடு அமினோ அமிலங்கள் உறிஞ்சப்படுவதைத் தடுக்கின்றன.
4. செக்ரிடின் என்னும் பாலிபெப்டைடில் -------- அமினோ அமிலங்கள் உள்ளன.
5. நியூக்ளிக் அமிலங்களைச் செரிக்கும் நொதிகள் -----------ல் உள்ளன.

III. சரியா? தவறா?

1. லாக்டேஸ் என்னும் நொதி கணைய நீரில் உள்ளது.
2. குளோரைடு அயனிகள் அமைலேஸ் செயல்பாட்டிற்குத் தேவைப்படுகின்றன.
3. அமினோ அமிலக் கடத்தல் புரதங்களால் அமினோ அமிலங்கள் உறிஞ்சப்படுகின்றன.
4. சிறுகுடல் மியூகோசல் செல்களால் டைபெப்டைடுகளை உறிஞ்ச முடியாது.
5. கேஸ்டிரின் என்னும் நொதி புரதத்தைப் பகுக்கிறது.
6. வயிற்றில் நிலவும் அமிலத்தன்மை கொண்ட pHஆல் கொழுப்புகள் பகுக்கப்படுகின்றன.

IV. பொருத்துக.

1.	பித்த உப்புகள்	- என்டோபெப்டிடேஸ்
2.	கைமோடிரிப்சின்	- எக்சோ பெப்டிடேஸ்
3.	கார்பாக்சி பெப்டிடேஸ் A	- இரைப்பை குடல் ஹார்மோன்
4.	லைசோலெசிதின்	- பால்மமாக்குதல்
5.	செக்ரிடின்	- பாஸ்போலைப்பேஸ் 'A_2'

V. கீழ்க்கண்டவற்றிற்குச் சுருக்கமாக விடையளி.

1. அமினோ அமிலங்களை உறிஞ்ச உதவும் டிரைபெப்டைடு எது?
2. மால்டோஸ் எவ்வாறு குளுக்கோசாக மாற்றப்படுகிறது?
3. வயிற்றில் உள்ள புரதங்களைச் செரிக்கும் நொதிகள் எவை?
4. நியூக்ளியோ புரதங்கள் மீது HClன் செயல்பாடு என்ன?
5. கார்போஹைட்ரேட்கள் உறிஞ்சப்படுவதைப் பாதிக்கும் ஹார்மோன்கள் எவை?
6. ஸ்டார்ச்சிலுள்ள கிளைகளைப் பகுக்கும் நொதியின் பெயர் என்ன?
7. மனிதர்களால் ஏன் செல்லுலோசைச் செரிக்க முடியாது?
8. ஏதேனும் இரண்டு இரைப்பை குடல் ஹார்மோன்களைக் குறிப்பிடுக.

VI. கீழ்க்கண்டவற்றிற்கு விடையளி.

1. புரதங்களின் செரித்தல் பற்றி ஒரு குறிப்பு வரைக.
2. இரைப்பை குடல் ஹார்மோன்கள் பற்றிச் சிறுகுறிப்பு வரைக.
3. கார்போஹைட்ரேட்கள் மற்றும் கொழுப்புகள் உறிஞ்சப்படுவதைப் பாதிக்கும் காரணிகளை விவரி.
4. கொழுப்பு எவ்வாறு செரிக்கப்படுகிறது?
5. நம் உணவில் உள்ள கார்போஹைட்ரேட்கள் எவ்வாறு உறிஞ்சப்படுகின்றன?

பாடம் - 3

கார்போஹைட்ரேட்களின் வளர்சிதை மாற்றம்

முன்னுரை

நம் உடலில் இரத்தம் மற்றும் உடல் திரவங்களில் உள்ள சர்க்கரைகளில் பெரும்பான்மையானது குளுக்கோஸ் ஆகும். உணவில் உள்ள கார்போஹைட்ரேட்டுகளான ஸ்டார்ச், சுக்ரோஸ் மற்றும் லாக்டோஸ் போன்றவை செரிக்கப்பட்டு அவற்றின் ஒற்றை சாக்கரைடுகளாக அதாவது குளுக்கோஸ், ஃப்ரக்டோஸ் மற்றும் கேலக்டோஸாக மாற்றப்பட்டு இரத்தத்திற்கு எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது. உயிரியல் மூலக்கூறுகள் தொகுத்தல் (Anabolism) மற்றும் சிதைவடைதல் (Catabolism) செயல்களை உயிர்வேதியியல்படி வளர்சிதை மாற்றம் என அழைக்கப்படுகிறது.

தொகுத்தல் + சிதைவடைதல் = வளர்சிதை மாற்றம்

(Synthesis) (Degradation) (Metabolism)

குளுக்கோஸ் உடலில் காணப்படும் கார்போஹைட்ரேட்டுகளில் முக்கியமானதாக உள்ளதாலும், உணவில் இருந்து எளிதில் உறிஞ்சப்படுவதாலும் அதன் வளர்சிதை மாற்றம் மற்றும் குளுக்கோஸ் பெறுதிகளின் வளர்சிதை மாற்றம் பற்றி படிப்பது தேவை. ஒற்றை சாக்கரைடுகளான கேலக்டோஸ் மற்றும் ஃப்ரக்டோஸ் போன்றவைகள் கல்லீரலில் குளுக்கோஸாக

மாற்றப்படுகிறது. அனைத்து ஒற்றை சாக்கரைடுகளும் சிறுகுடலில் முழுமையாக உறிஞ்சப்படுகின்றன.

இரத்தத்தில் சுழற்சியில் உள்ள குளுக்கோஸ் மற்றும் திசு திரவங்களில் உள்ள குளுகோஸ், உடல் செல்களால் ஆற்றலை உருவாக்குவதற்கு எடுத்துக் கொள்ளப்படுகின்றன. பொதுவாக உடலுக்கு தேவையான ஆற்றலில் பாதிக்கு மேல் கார்போஹைட்ரேட் வளர்சிதை மாற்றம் வழங்குகிறது. உண்மையில் மூளையின் செயலுக்கு கார்போஹைட்ரேட் வளர்சிதை மாற்றம் ஆற்றல் மூலமாக உள்ளது. இரத்தத்தில் உள்ள குளுக்கோஸ் அளவு மிகவும் குறையும்போது மூளை செயலிழக்கிறது.

3.1 கார்போஹைட்ரேட் - ஆற்றல் மூலம்

வளர்சிதை மாற்றத்தில் கார்போஹைட்ரேட்டின் முக்கிய செயல், எரிபொருளாக செயல்படுவது மேலும் ஆக்ஸிஜனேற்றமடைந்து மற்ற வளர்சிதை மாற்றத்திற்கு ஆற்றலை அளிப்பதாகும். கார்போஹைட்ரேட் வளர்சிதை மாற்றத்தில் தோன்றும் வழி பொருட்கள் பல உயிர்த்தொகுப்பு வினைகளில் பயன்படுகிறது. இதன் காரணமாக கார்போஹைட்ரேட்டுகள் குளுக்கோஸாக உடல் செல்களால் பயன்படுத்தப்படுகிறது. உணவில் உள்ள பெரும்பான்மையான குளுக்கோஸ் கல்லீரலில் கிளைக்கோஜனாக சேமித்து வைக்கப்படுகிறது. குளுக்கோஸ் முக்கியமாக இரண்டு வழிமுறைகளில் அதன் பாஸ்பாரிலேற்றம் பெற்ற வழிபொருட்களாக செல்களால் சிதைக்கப்படுகிறது.

1. கிளைக்காலைசிஸ் (Glycolysis)
2. ட்ரைகார்பாக்ஸிலிக் அமில சுழற்சி (Tricarboxylic Acid Cycle)

3.2 கிளைக்காலைசிஸ்

குளுக்கோஸ் பைருவேட்டாக ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடைவது கிளைக்காலைசிஸ் என அழைக்கப்படுகிறது. இது முதலில் எம்ப்டென்-மேயர்ஹாப் மற்றும் பர்னாஸ் (Embden-Meyerhof & Parnas) என்பவர்களால் விவரிக்கப்பட்டது. எனவே இது எம்ப்டென் மேயர்ஹாப் வழிமுறை என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

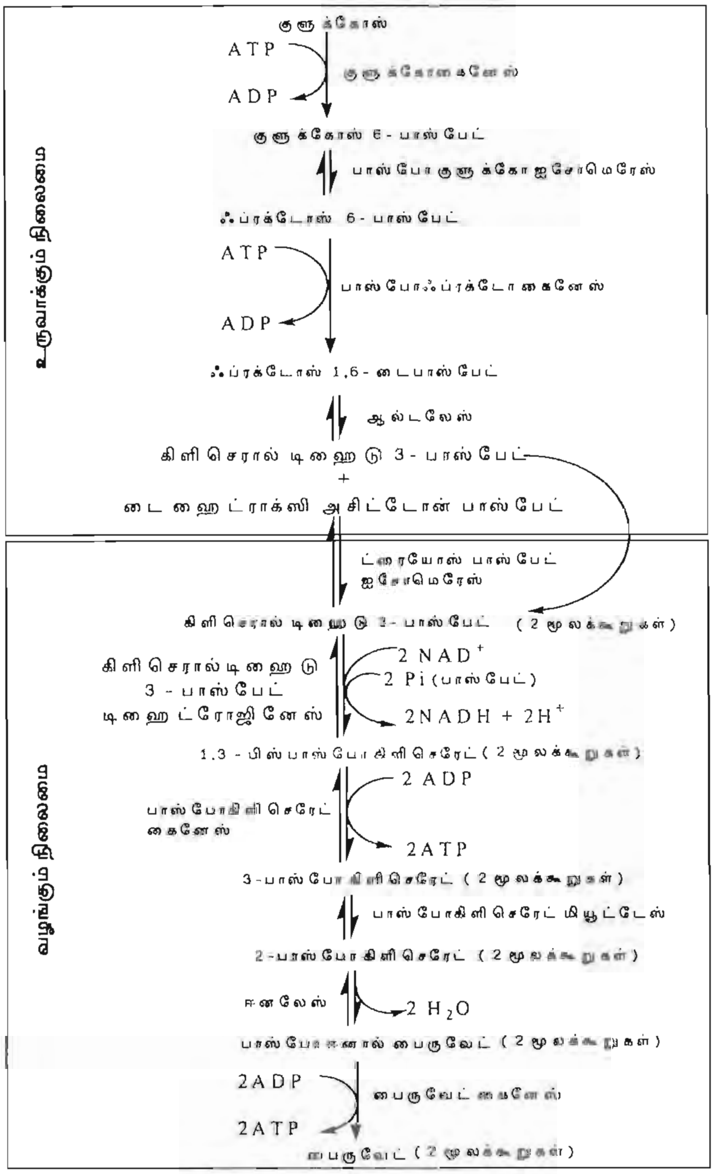
கிளைக்காலைசிஸ் அனைத்து திசுக்களிலும் நடைபெறுகின்றது. இரத்த சிவப்பணுக்கள் மற்றும் நரம்பு திசுவிற்கு தேவையான ஆற்றல் முக்கியமாக குளுக்கோஸிலிருந்து பெறுபடுகிறது. இந்த வழிமுறை காற்றுள்ள சூழலிலும் (ஆக்ஸிஜன் உள்ள நிலை) மற்றும் காற்றில்லாத சூழலிலும் (ஆக்ஸிஜனற்ற நிலை) நடைபெறுகின்றது. கிளைக்காலைசிஸ் செல்லின் சைட்டோபிளாச பகுதியில் நடைபெறுகிறது.

3.2.1 கிளைக்காலைசிஸ் வழிமுறையின் வினைகள்

கிளைக்காலைசிஸ் வழிமுறையில் குளுக்கோஸ் பைருவேட்டாக சிதைவடையும் தொடர்ச்சியான வினைகள் கீழ் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. கிளைக்காலைசிஸில் நடைபெறும் வினைகள் நான்கு நிலைகளாக பிரிக்கப்படுகிறது.

நிலை - I

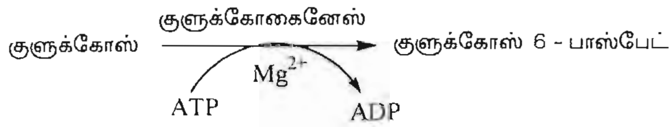
இது ஒரு உருவாக்கும் நிலைமை (Preparatory Phase). குளுக்கோஸ் மூலக்கூறு சிதைவடைவதற்கு முன், சீரமையுள்ள ஃப்ரக்டோஸ் 1,6 டை பாஸ்பேட்டாக மாற்றப்படுகிறது. இரண்டு பாஸ்பேட் தொகுதிகள் ATPயில் இருந்து வழங்கப்படுகிறது.



படம் 3.1 கிளைக்காலைசிஸ்

1. செல்களால் குளுக்கோஸ் எடுத்துக் கொள்ளப்படுதல் அதன் பாஸ்பாரிலேற்றம்

கல்லீரல் செல்களில் குளுக்கோஸ் எளிதில் ஊடுறுவுகிறது. குடல் மியூகஸ் மற்றும் சிறுநீரக நாளங்களில் ''செயல் இடப்பெயர்வு'' (Active Transport) மூலம் செல்களுக்குள் செல்கிறது. மற்ற செல்கள் இன்சுலின் உதவியால் குளுக்கோஸை எடுத்துக் கொள்கிறது. குளுக்கோஸ், குளுக்கோகைனேஸ் என்ற நொதியினால் குளுக்கோஸ் 6-பாஸ்பேட்டாக மாற்றப்படுகிறது. இது ஒரு மீளா வினையாகும்.



2. குளுக்கோஸ் 6-பாஸ்பேட் ஃப்ரக்டோஸ் 6-பாஸ்பேட்டாக மாற்றமடைதல்

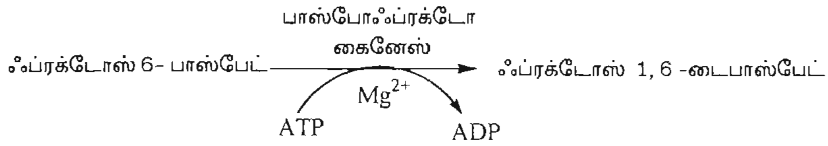
பாஸ்போ குளுக்கோ ஐசோமெரேஸ் என்ற நொதியினால் குளுக்கோஸ் 6-பாஸ்பேட் ஃப்ரக்டோஸ் 6-பாஸ்பேட்டாக மாற்றப்படுகிறது.

$$\text{குளுக்கோஸ் 6 - பாஸ்பேட்} \xrightleftharpoons{\text{பாஸ்போ குளுக்கோ ஐசோமெரேஸ்}} \text{ஃப்ரக்டோஸ் 6- பாஸ்பேட்}$$

3. ஃப்ரக்டோஸ் 6-பாஸ்பேட் ஃப்ரக்டோஸ் 1,6-டைபாஸ்பேட்டாக மாற்றமடைதல்

பாஸ்போ ஃப்ரக்டோ கைனேஸ் என்ற நொதியினால் மீளா முறையில் ஃப்ரக்டோஸ் 6-பாஸ்பேட்டின் முதல் கார்பனில் ஒரு

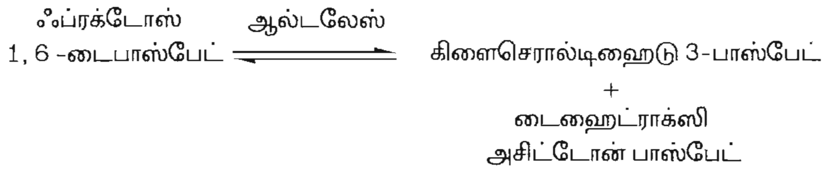
பாஸ்பேட் தொகுதி ஏற்றம் செய்யப்பட்டு ஃப்ரக்டோஸ் 1,6-டைபாஸ்பேட்டாக மாற்றப்படுகிறது.



நிலை - II

1. ஃப்ரக்டோஸ் 1,6-டைபாஸ்பேட் பிளவடைதல்

ஆல்டலேஸ் என்ற நொதியினால் ஃப்ரக்டோஸ் 1,6-டைபாஸ்பேட் பிளவடைய செய்யப்பட்டு இரண்டு மூலக்கூறுகள் ட்ரையோஸ் பாஸ்பேட்டுகளாக்கப்படுகிறது. ஒன்று கிளிசெரால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட், இது ஒரு ஆல்டோ ட்ரையோஸ் ஆகும். மற்றொன்று டை ஹைட்ராக்ஸி அசிட்டோன் பாஸ்பேட், இது ஒரு கீட்டோ ட்ரையோஸ் ஆகும். இவ்வினை ஒரு மீள் வினையாகும். இங்கு ஆற்றல் செலவிடப்படுதலோ அல்லது (ATP) ஆற்றல் உருவாவதோ இல்லை.



2. ட்ரையோஸ் பாஸ்பேட்டுகளுக்கிடையே மாற்றம்

உருவான இரு ட்ரையோஸ் பாஸ்பேட்டுகளும் ஒன்று மற்றொன்றாக மாற்றமடைகிறது.

ட்ரையோஸ் பாஸ்பேட்
ஐசோமெரேஸ்

டைஹைட்ராக்ஸி அசிட்டோன் பாஸ்பேட் ⇌ கிளைசெரால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட்

நிலை - III

இது ஆற்றலை வழங்கும் நிலையாகும். இந்த வினைகளில் ஆல்டிஹைடு தொகுதி அமிலமாக ஆக்ஸிஜனேற்றமடையும் போது அதிகளவு ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது.

1. கிளிசெரால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட் 1,3 பிஸ்பாஸ்போ கிளிசெரட்டாக ஆக்ஸிஜனேற்றமடைதல்

கிளிசெரால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட் 1,3 பிஸ்பாஸ்போ கிளிசெரட்டாக ஆக்ஸிஜனேற்றமடைவதால் கிளைக்காலைசிஸ் தொடர்கிறது. இந்த வினை கிளிசரால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் என்ற நொதியினால் நடைபெறுகிறது.

NAD^+ → $NADH + H^+$

கிளைசெரால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட் + Pi ⇌ 1,3-பிஸ்பாஸ்போ கிளிசெரேட்

கிளைசெரால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ்

2. 1,3 பிஸ்பாஸ்போ கிளிசெரட் 3-பாஸ்போ கிளிசெரேட்டாக மாற்றமடைதல்

இந்த வினை பாஸ்போ கிளிசெரேட் கைனேஸ் என்ற நொதியினால் நடைபெறுகிறது. 1,3 பிஸ்பாஸ்போ கிளிசெரேட்

மூலக்கூறில் முதல் கார்பனில் உள்ள பாஸ்பேட் தொகுதி அதிக ஆற்றல் கொண்டது. இது ADPக்கு மாற்றப்பட்டு ATP உருவாகிறது.

$$\text{1,3-பிஸ்பாஸ்போ கிளிசெரேட் + ADP} \xrightleftharpoons[\text{Mg}^{2+}]{\text{பாஸ்போ கிளிசெரேட் கைனேஸ்}} \text{3-பாஸ்போ கிளிசெரேட் + ATP}$$

நிலை - IV

இங்கு பாஸ்பேட் தொகுதி 3-பாஸ்போ கிளிசெரேட்டில் இருந்து திரும்பப் பெறப்படுகிறது. சென்ற நிலையில் உருவான இரண்டு 3-பாஸ்போகிளிசெரேட் மூலக்கூறுகள் இரு பாஸ்பேட் தொகுதிகளை பெற்றுள்ளன. அவை இரண்டும் ATPயில் இருந்து பெறப்பட்டவை ஆகும்.

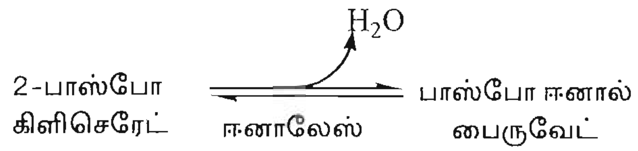
1. **3-பாஸ்போகிளிசெரேட் 2-பாஸ்போகிளிசெரேட்டாக மாற்றமடைதல்**

பாஸ்போகிளிசெரேட் மியூட்டேஸ் என்ற நொதியினால் சென்ற வினையில் உருவான 3-பாஸ்போகிளிசெரேட் 2-பாஸ்போ கிளிசெரேட்டாக மாற்றமடைகிறது.

$$\text{3-பாஸ்போ கிளிசெரேட்} \xrightleftharpoons{\text{பாஸ்போ கிளிசெரேட் மியூட்டேஸ்}} \text{2-பாஸ்போ கிளிசெரேட்}$$

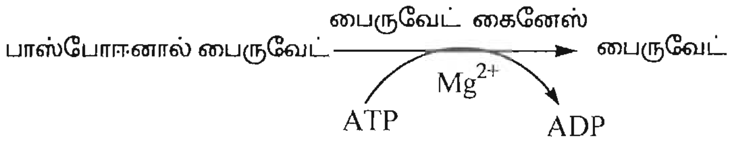
2. **2-பாஸ்போகிளிசெரேட் பாஸ்போ ஈனால் பைருவேட்டாக மாற்றமடைதல்**

ஈனாலேஸ் என்ற நொதியின் செயலால் 2-பாஸ்போகிளிசெரேட் பாஸ்போ ஈனால் பைருவேட்டாக மாற்றமடைகிறது. ஈனலேஸ் நொதியின் செயலுக்கு Mg^{2+} or Mn^{2+}அயனிகள் தேவைப்படுகிறது.



3. **பாஸ்போ ஈனால் பைருவேட் பைருவேட்டாக மாற்றமடைதல்**

பைருவேட் கைனேஸ் என்ற நொதியின் செயலால் பாஸ்போ ஈனால் பைருவேட் பைருவேட்டாக மாற்றமடைகிறது. அதிக ஆற்றல் கொண்ட பாஸ்பேட் தொகுதியானது பாஸ்போ ஈனால் பைருவேட்டிலிருந்து நேரடியாக ADPமாற்றப்பட்டு ATP உருவாகிறது. இது ஒரு மீளா வினையாகும்.



3.2.2 கிளைக்காலைசிஸ் தொகுப்பு (Summary of glycolysis)

கிளைக்காலைசிஸின் போது NAD^+, NADHஆக ஒடுக்கமடைகிறது, அதே நேரத்தில் கிளிசெரால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட், 1,3-பிஸ்பாஸ்போகிளிசெரேட்டாக ஆக்ஸிஜனேற்றம்

அடைகிறது. NAD^+ மீண்டும் கிடைக்க NADH கண்டிப்பாக ஆக்ஸிஜனேற்றமடைய வேண்டும் ஆக்ஸிஜன் இல்லாத சூழ்நிலையில் பைருவிக் அமிலம் லாக்டிக் அமிலமாக மாற்றப்படும்போது இது நடைபெறுகிறது. ஆக்ஸிஜன் உள்ள சூழ்நிலையில் NADH, NAD^+ ஆக சுவாச சங்கிலி நொதிகளின் (Respiratory Chain Enzymes) மூலம் ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடைகிறது.

3.2.3 ஒரு மூலக்கூறு குளுக்கோஸ் ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடையும்போது கிடைக்கும் ஆற்றல்

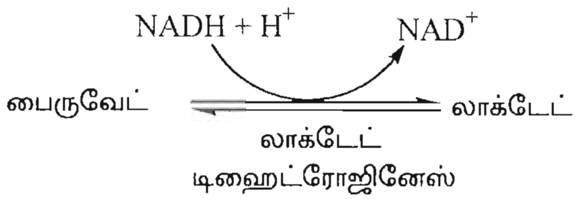
கிளைக்காலைசிஸில் ATP மூலக்கூறுகள் கீழ்க்கண்ட வினைகளில் பயன்படுத்தப்படுகிறது மற்றும் உருவாக்கப்படுகிறது.

அட்டவணை 3.1

வினைகள்	ATP பயன்படுத்தப்படுதல்	ATP உருவாதல்
நிலை-I		
1. குளுக்கோகைனேஸ் (பாஸ்பாரிலேற்றத்திற்காக)	1	
2. பாஸ்போஃப்ராக்டோகைனேஸ் (பாஸ்பாரிலேற்றத்திற்காக)	1	
நிலை-II		
3. கிளிசெரால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் (இருNADH மூலக்கறுகள் சுவாச சங்கிலியில் ஆக்ஸிஜனேற்றம்)		6
4. பாஸ்போ கிளிசெரேட் கைனேஸ் (வினைபடு பொருளின் அளவில் பாஸ்பாரிலேற்றம்) (Substrate Level Phosphorylation)		2
நிலை-IV		
5. பைருவேட் கைனேஸ் (வினை பொருளின் அளவில் பாஸ்பாரிலேற்றம்)		2
மொத்தம்	2	10
நிகர வரவு = 10-2 = 8 ATP		

ஆக்ஸிஜன் இல்லாத நிலைமை (Anaerobic Phase)

ஆக்ஸிஜன் இல்லாத நிலைமையில், கிளிசெரால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் நிலையில் கிடைக்கும் NADH மீண்டும் NAD^+ஆக சுவாச சங்கிலியில் ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடையாது. ஆனால் செல்கள் குறித்த அளவு மட்டுமே இந்த துணை நொதியை கொண்டுள்ளது. எனவே கிளைக்காலைசிஸ் தொடர்ந்து நடைபெற NADH கண்டிப்பாக மீண்டும் NAD^+ஆக ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடைய வேண்டும். இது பைருவிக் அமிலம் லாக்டிக் அமிலமாக மாற்றப்படுவதன் மூலம் நிகழ்கிறது (ATP உருவாகாமல்).



இங்கு கிளிசெரால்டிஹைடு 3-பாஸ்பேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் செயல்படும் வினையில் ATP உருவாக்கப்படுவதில்லை.

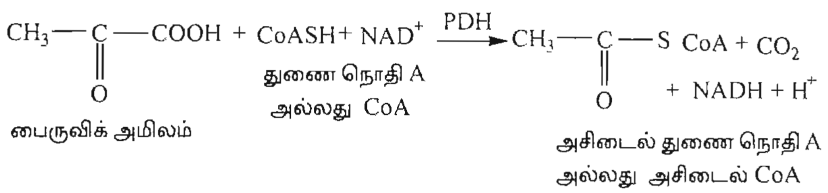
ஆக்ஸிஜன் இல்லாத நிலைமையில் ஒரு மூலக்கூறு குளுக்கோஸ் ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடைவதால் 4-2=2ATP மூலக்கூறுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன.

3.3 ட்ரை கார்பாக்ஸிலிக் அமில சுழற்சி Tricarboxylic Acid Cycle (TCA cycle)

காற்றுள்ள நிலைமையில் நடைபெறும் கார்போஹைட்ரேட் வளர்சிதை மாற்ற சுழற்சி மற்றும் காற்றில்லாத நிலைமையில்

பைருவேட்டில் இருந்து தொடரும் சுழற்சிக்கு சிட்ரிக் அமில சுழற்சி அல்லது ட்ரைகார்பாக்ஸிலிக் அமில சுழற்சி என்று பெயர். இந்த சுழற்சியில் கிடைக்கும் முதல் சேர்மம் சிட்ரிக் அமிலமாகும். எனவே தான் இது சிட்ரிக் அமில சுழற்சி எனப்படுகிறது. H.A. கிரெப் என்ற ஆங்கில உயிர் வேதியியல் அறிஞர் இதை கண்டறிந்ததால் இது கிரெப் சுழற்சி என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

காற்றுள்ள நிலைமையில் பைருவேட் சிட்ரிக் அமில சுழற்சியில் ஈடுபடுவதற்கு முன்னதாக ஆக்ஸிஜனேற்ற முறையில் கார்பாக்ஸில் நீக்கம் செய்யப்பட்டு அசிடைல் துணை நொதி Aவாக அசிடைல் துணை நொதி A, அசிடைல் CoA எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. (கிளர்வுற்ற அசிடேட் - Active acetate) மாற்றப்படுகிறது. இவ்வினை மைட்டோகாண்டிரியாவின் மேட்ரிக்ஸ் பகுதியில் நடைபெறுகிறது. மேலும் இது கிளைக்காலைசிஸ் மற்றும் TCA சுழற்சியை இணைக்கிறது.

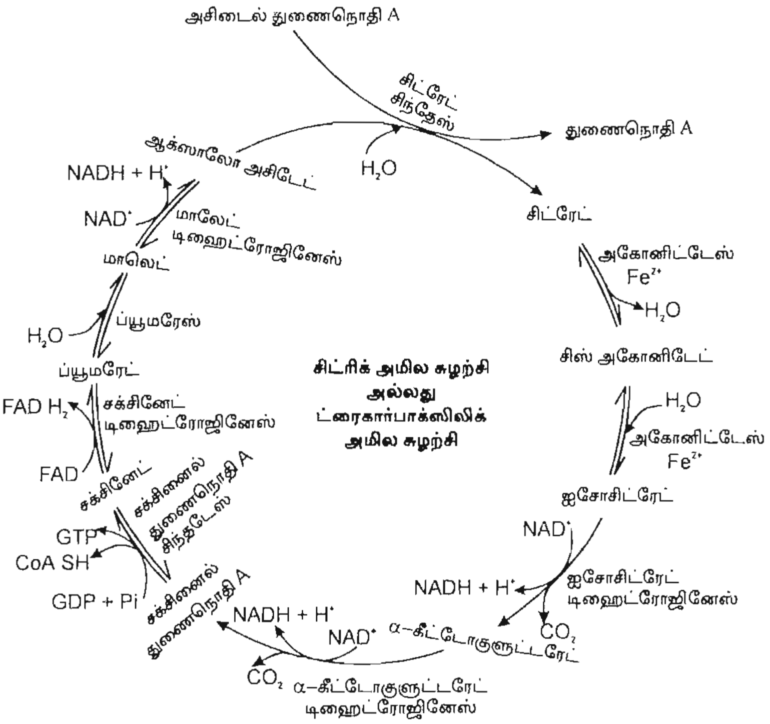


PDH - பைருவேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ்

மேற்கண்டவினை பைருவேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் என்ற கூட்டு நொதியின் (Multienzyme complex) செயலால் நடைபெறுகிறது.

3.3.1 சிட்ரிக் அமில சுழற்சியின் வினைகள்

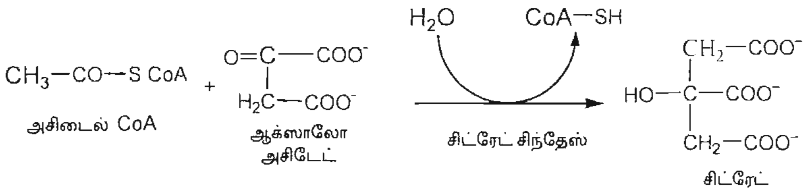
சிட்ரிக் அமில சுழற்சியில் எட்டு படிகள் உள்ளன. வினைகள் பின்வருமாறு :



படம் 3.2 கிரெப் சுழற்சி

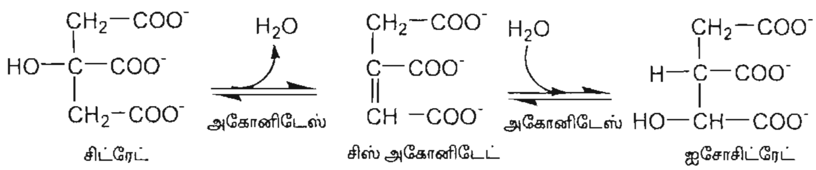
1. சிட்ரேட் உருவாதல்

அசிடைல் துணை நொதி A அல்லது அசிடைல் CoA மற்றும் ஆக்ஸாலோ அசிடேட்டும் குறுக்கமடைந்து சிட்ரேட்டை தருகிறது. இதுவே சுழற்சியின் முதல் வினையாகும். மேலும் இவ்வினை சிட்ரேட் சிந்தேஸ் என்ற நொதியினால் நடைபெறுகிறது. இது ஒரு மீளா வினையாகும்.



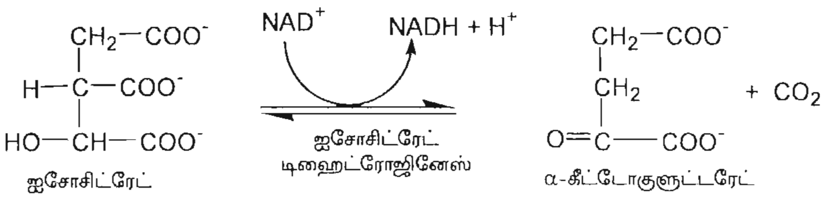
2. ஐசோசிட்ரேட் உருவாதல் (சிஸ் அகோனிடேட் வழியாக)

அகோனிடேஸ் என்ற நொதியினால் மீள் முறையில் சிட்ரேட் சிஸ்அகோனிடேட் மூலமாக ஐசோசிட்ரேட்டாக மாற்றப்படுகிறது.



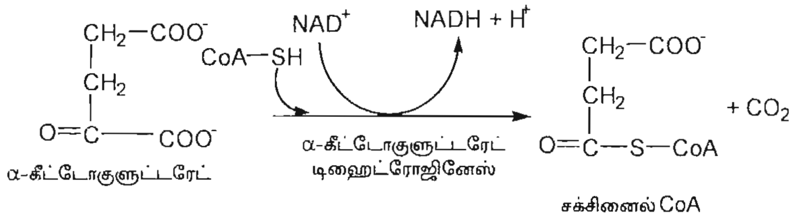
3. ஐசோசிட்ரேட் α-கீட்டோகுளுட்டரேட் மற்றும் CO_2வாக ஆக்ஸிஜனேற்றமடைதல்

ஐசோசிட்ரேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் என்ற நொதி ஐசோசிட்ரேட்டை ஆக்ஸினேற்ற முறையில் கார்பாக்ஸில் தொகுதி நீக்கம் செய்து α-கீட்டோ குளுட்டரேட்டாக மாற்றுகிறது.



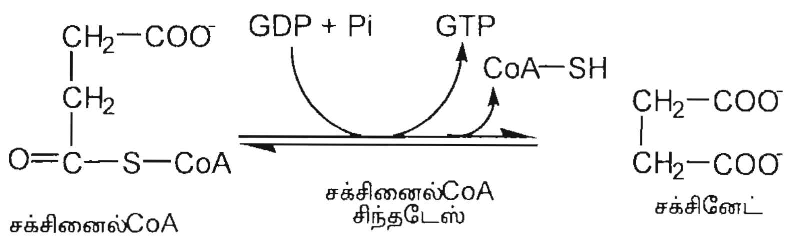
4. **α-கீட்டோ குளுட்டரேட் சக்சினைல் CoA மற்றும் CO_2வாக ஆக்ஸிஜனேற்றமடைதல்**

α-கீட்டோ குளுட்டரேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் என்ற கூட்டு நொதியின் செயலால் α-கீட்டோ குளுட்டரேட் ஆக்ஸிஜனேற்ற கார்பாக்ஸில் நீக்க வினையால் சக்சினைல் CoA மற்றும் CO_2வாக மாற்றப்படுகிறது. இது ஒரு மீளாவினையாகும்.



5. **சக்சினைல் CoA சக்சினேட்டாக மாற்றமடைதல்**

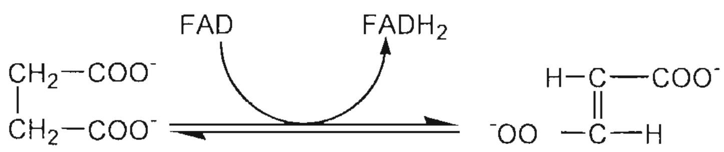
மேற்கண்ட படியில் கிடைத்த விளை பொருள் சக்சினைல் CoA சக்சினேட்டாக மாற்றப்பட்டு சுழற்சி தொடரப்படுகிறது. இந்த படியில் GTP உருவாகிறது (வினைப் பொருள் அளவில் பாஸ்பாரிலேற்றம் -substrate level phosphorylation).



சக்சினைல் CoA சிந்தடேஸ் அல்லது தயோகைனேஸ் என்ற நொதியின் செயலால் இந்த மீள்வினை நடைபெறுகிறது.

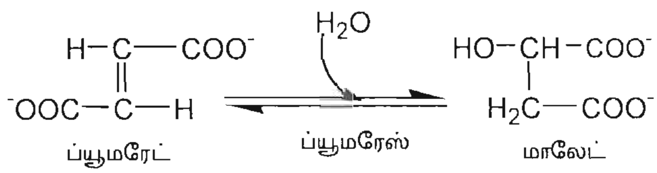
6. சக்சினேட் ப்யூமரேட்டாக ஆக்ஸிஜனேற்றமடைதல்

சக்சினைல் CoAல் இருந்து கிடைத்த சக்சினேட், சக்சினேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் என்ற நொதியால் ப்யூமரேட்டாக ஆக்ஸிஜனேற்றமடைகிறது.



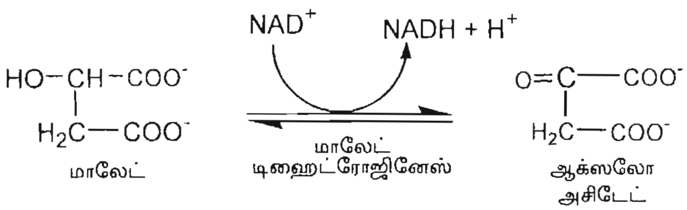
7. ப்யூமரேட் நீரேற்றமடைந்து மாலேட்டாக மாற்றமடைதல்

ப்யூமரேஸ் என்ற நொதியினால் மீள் முறையில் ப்யூமரேட் நீரேற்றமடைந்து மாலேட்டாக மாற்றமடைகிறது.



8. மாலேட் ஆக்ஸாலோ அசிடேட்டாக ஆக்ஸிஜனேற்றமடைதல்

NAD இணைந்துள்ள மாலேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் என்ற நொதியினால் மாலேட் ஆக்ஸலோ அசிடேட்டாக ஆக்ஸிஜனேற்றமடைகிறது. இதுவே சுழற்சியின் கடைசி வினையாகும்.



3.3.2 TCA சுழற்சியில் இருந்து கிடைக்கும் ஆற்றல்

ஒரு மூலக்கூறு NADH எலக்ட்ரான் நகர்வு சங்கிலியின் மூலம் (Electron transport chain) ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடைந்தால் மூன்று மூலக்கூறுகள் ATP உருவாகிறது. ஒரு மூலக்கூறு $FADH_2$ மேற்கண்ட முறையில் ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடைந்தால் இரண்டு மூலக்கூறுகள் ATP உருவாகிறது.

கிளைக்காலைசிஸ் செயலில் ஒரு மூலக்கூறு குளுக்கோஸ் இரண்டு மூலக்கூறுகள் பைருவேட்டை தருகிறது. எனவே சிட்ரிக் அமில சுழற்சியில் உள்ள அனைத்து இடைநிலை பொருட்களும் இரண்டு மூலக்கூறுகளாக உள்ளன.

அட்டவணை 3.2

வினைகள்	உருவான ATPக்களின் எண்ணிக்கை
1. 2 ஐசோசிட்ரேட் → 2 α -கீட்டோ குளுட்டரேட் (2 NADH + $2H^+$) (2x3)	6
2. 2α -கீட்டோ குளுட்டரேட் → 2 சக்சினைல் CoA (2 NADH + $2H^+$) (2x3)	6
3. 2 சக்சினைல் CoA → 2 சக்சினேட் (2 GTP = 2 ATP)	2
4. 2 சக்சினேட் → 2 ப்யூமரேட் (2 $FADH_2$) (2x2)	4
5. 2 மாலேட் → 2 ஆக்ஸாலோ அசிடேட் (2 NADH + $2H^+$) (2x3)	6
உருவான மொத்த ATPக்களின் எண்ணிக்கை	24

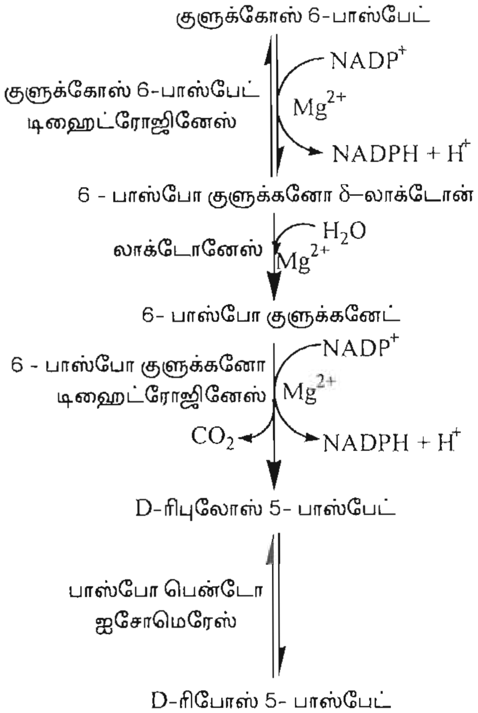
3.4 HMP ஷன்ட் வழிமுறை (Hexose Mono Phosphate Shunt Pathway)

பொதுவான விலங்கு திசுக்கள் குளுக்கோஸை CO_2 மற்றும் நீராக ஆக்ஸிஜனேற்றம் செய்தல், ATPயின் மூலமாக ஆற்றல் வெளியிடுதல் போன்ற செயல்கள் கிளைக்காலைசிஸ் மற்றும் சிட்ரிக் அமில சுழற்சியின் மூலமாக நடைபெற்றாலும் கூட, பல மாற்று வழிமுறைகளும் கண்டறியப்பட்டுள்ளன. இவற்றில் ஹெக்ஸோஸ்

மோனோ பாஸ்பேட் ஷண்ட் வழிமுறை (Hexose Mono Phosphate Shunt Pathway) மிகவும் முக்கியமானதாகும். இது செல்லின் சைட்டோபிளாச பகுதியில் நடைபெறுகிறது.

கிளைக்காலைசிஸ் மற்றும் கிரெப் சுழற்சி இவை முதன்மையாக ATP உருவாக்குவதில் தான் முக்கியமாக செயல்படுகிறது. ஆனால் HMP-ஷண்ட் வழிமுறை வேறுவிதமான வளர்சிதை மாற்ற ஆற்றலை (ஒடுக்க ஆற்றலை - Reducing power) உருவாக்குகிறது. உடலுக்கு ஆற்றலை வழங்கும் மூலக்கூறுகளில் (Fuel molecules) இருந்து எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் ATP உருவாக்கத்திற்கு இல்லாமல் உயிர்தொகுப்புச் (Bio-synthesis) செயல்களுக்கு பயன்படுகிறது. HMP - ஷண்ட் வழிமுறையில் உருவாகும் ஒடுக்க ஆற்றல் (மூலக்கூறு) NADPH ஆகும். (NADPH ஒடுக்கப்பட்ட நிக்கோடினமைடு அடினைன் டை நியூக்ளியோடைடு பாஸ்பேட்).

NADH எலக்ட்ரான் நகர்வு சங்கலியில் ஆக்ஸிஜனேற்றம் செய்யப்பட்டு ATP உருவாகிறது. ஆனால் NADPH ஒடுக்க உயிர் தொகுப்பு செயல்களுக்கு எலக்ட்ரான் மற்றும் ஹைட்ரஜன் அணுக்களை வழங்கும் மூலக்கூறாக செயல்படுகிறது. உதாரணமாக கொழுப்பு அமிலங்கள் மற்றும் ஸ்டீராய்டுகள் உயிர் தொகுப்புகள். இதுவே NADH மற்றும் NADPH இவற்றிற்கிடையே உள்ள முக்கிய அடிப்படை வேறுபாடாகும்.

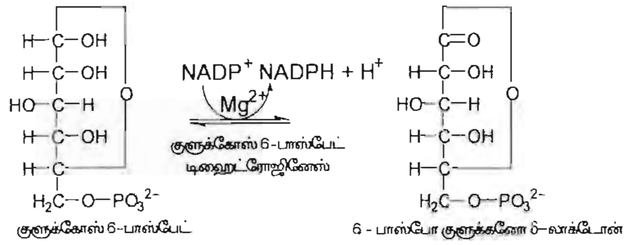


படம் 3.3 ஹெக்ஸோஸ் மோனோ பாஸ்பேட் வழிமுறையின் ஆக்ஸிஜனேற்ற வினைகள்

குளுக்கோஸ் 6- பாஸ்பேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் என்ற நொதியால் குளுக்கோஸ் 6 பாஸ்பேட்டில் இருந்து ஹைட்ரஜன் நீக்கப்பட்டு 6-பாஸ்போ குளுக்கனோ δ-லாக்டோனாக மாற்றப்படுகிறது. இதுவே HMP ஷன்ட் வழிமுறையின் முதல் வினையாகும்.

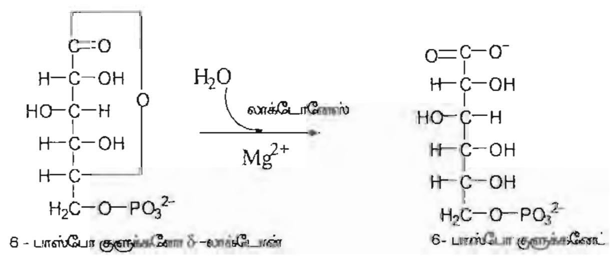
படி - 1

குளுக்கோஸ் 6- பாஸ்பேட் $NADP^+$ முன்னிலையில் குளுக்கோஸ் 6- பாஸ்பேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் என்ற நொதியால் 6-பாஸ்போ குளுக்கனோ δ-லாக்டோனாக மாற்றப்படுகிறது. முதல் NADPH மூலக்கூறு இந்தப்படியில் உருவாகிறது.



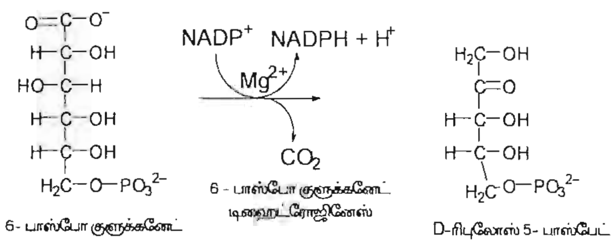
படி -2

6-பாஸ்போ குளுக்கனோ δ-லாக்டோன் நிலைப்புத் தன்மையற்றது. எனவே எஸ்டர் பிணைப்பு நீராற் பகுப்பிற்கு உட்பட்டு 6-பாஸ்போ குளுக்கனேட்டாக மாற்றமடைகிறது. இவ்வினை லாக்டோனேஸ் என்ற நொதியால் நடைபெறுகிறது.



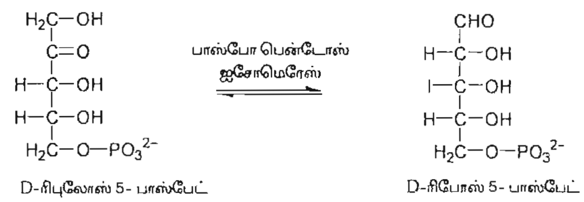
படி - 3

6- பாஸ்போ குளுக்கனேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் என்ற நொதியின் செயலால் 6-பாஸ்போ குளுக்கனேட் மேலும் ஹைட்ரஜன் நீக்கம் மற்றும் கார்பாக்ஸிஸ் நீக்கம் போன்ற வினைகளுக்கு உட்பட்டு D-ரிபுலோஸ் பென்டோஸ் என்ற கீட்டோ பென்டோஸாக மாற்றமடைகிறது. இந்த வினையில் இரண்டாவது NADPH மூலக்கூறு உருவாகிறது.



படி -4

பாஸ்போ பென்டோஸ் ஐசோமெரேஸ் என்ற நொதியானது D-ரிபுலோஸ் 5- பாஸ்பேட்டை அதன் ஆல்டோஸ் மாற்றான D-ரிபோஸ் 5- பாஸ்பேட்டாக மாற்றுகிறது.



சில திசுக்களில் ஹெக்ஸோஸ் மோனோ பாஸ்பேட் ஷன்ட் வழிமுறை இந்த படியுடன் முடிவடைகிறது. மொத்த வினை,

குளுக்கோஸ் 6 - பாஸ்பேட் + $2\,NADP^+ + H_2O$ ⟶ ரிபோஸ் 5- பாஸ்பேட் + $CO_2 + 2NADPH + 2H^+$

வினையின் இறுதியில் கிடைக்கும் NADPH, உயிர் தொகுப்பு வினைகளில் ஒடுக்கியாக செயல்படுகிறது. ரிபோஸ் 5-பாஸ்பேட், நியூக்ளியோசைடு தொகுத்ததில் முதன்மை பொருளாக (Precursor) செயல்படுகிறது.

3.5 கிளைக்கோஜன் (Glycogen)

தாவரங்களில் ஸ்டார்ச் சேமித்து வைக்கப்படுவதைப் போல விலங்குகளில் கார்போஹைட்ரேட்டுகள் கிளைக்கோஜனாக சேமித்து வைக்கப்படுகிறது. இது முக்கியமாக கல்லீரலில் நடைபெறுகிறது.

3.5.1 கிளைக்கோஜன் உயிர் தொகுப்பு (Glycogen biosynthsis)

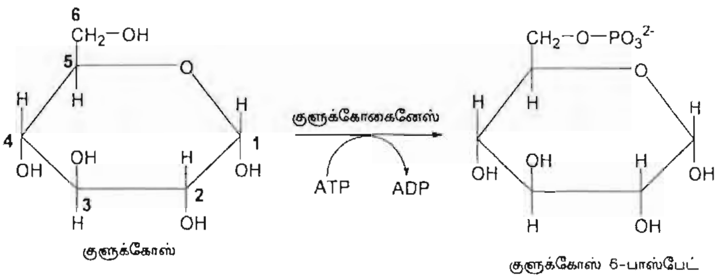
குளுக்கோஸிலிருந்து கிளைக்கோஜன் தொகுக்கப்படுதல் கிளைக்கோஜெனிஸிஸ் (Glycogenesis) என்று அழைக்கப்படுகிறது. இது உடலின் அனைத்து திசுக்களிலும் நடைபெறுகிறது ஆனால் கல்லீரல் மற்றும் தசை போன்றவை முக்கிய பகுதிகளாகும். குறிப்பிட்ட அளவு கிளைக்கோஜன் சிறுநீரகத்திலும் தொகுக்கப்படுகிறது.

எடுத்துக் கொள்ளப்படும் அதிக அளவு குளுக்கோஸை உடலில் சேமித்து வைக்கவும் தேவையின் போது பயன்படுத்தவும் கிளைக்கோஜெனிஸிஸ் ஒரு இன்றியமையாத செயலாகும். கிளைக்கோஜெனிஸிஸ் இல்லாவிட்டால் உணவு உட்கொண்ட பின் உடனடியாக உடல் திசுக்களில் அதிக அளவு குளுக்கோஸ் இருக்கும்.

பட்டினி நேரங்களில் குளுக்கோஸ் அளவு குறைவாகவே இருக்கும். கிளைக்கோஜெனிஸிஸ் செயலில் நடைபெறும் வினைகள் பின்வருமாறு.

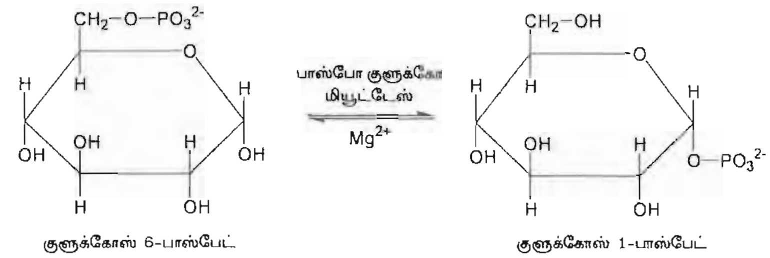
படி -1

கிளைக்காலைசிஸில் நடைபெறும் முதற்வினை போன்றே குளுக்கோஸ், குளுக்கோஸ் 6- பாஸ்பேட்டாக பாஸ்பாரிலேற்றம் செய்யப்படுகிறது. இவ்வினை ATP முன்னிலையில் தசையில் ஹெக்ஸோகைனேஸ் என்ற நொதியாலும் கல்லீரலில் குளுக்கோகைனஸ் என்ற நொதியாலும் நடைபெறுகிறது.



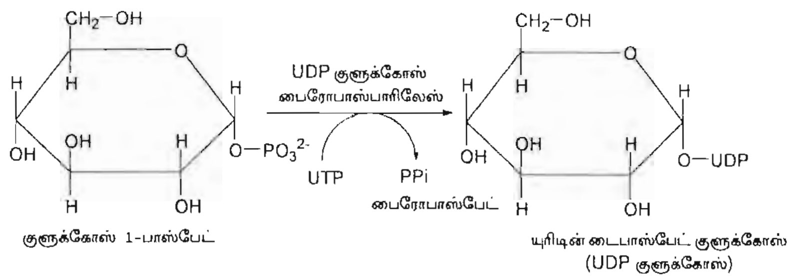
படி -2

பாஸ்போ குளுக்கோ மியூட்டேஸ் என்ற நொதியினால் குளுக்கோஸ் 6- பாஸ்பேட் மீள் முறையில் குளுக்கோஸ் 1-பாஸ்பேட்டாக மாற்றப்படுகிறது. இவ்வினைக்கு Mg^{2+} மற்றும் சிறிதளவு குளுக்கோஸ் 1,6-டைபாஸ்பேட் துணை நொதியாக தேவைப்படுகிறது.



படி -3

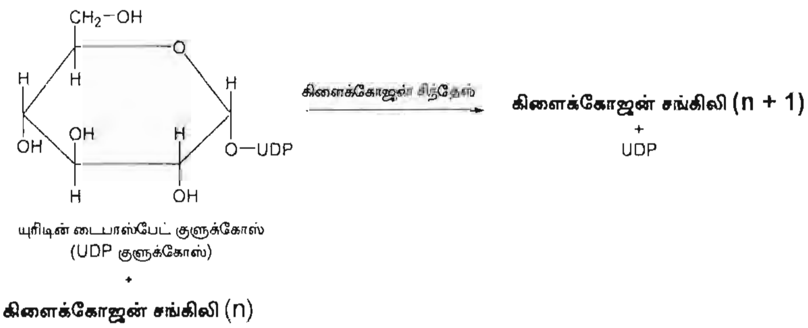
யுரிடின் டை பாஸ்பேட் குளுக்கோஸ் பைரோபாஸ்பாரிலேஸ் என்ற நொதியின் முன்னிலையில் யுரிடின் ட்ரை பாஸ்பேட் (UTP) நீராற்பகுப்படைவதால் கிடைக்கும் ஆற்றலால் குளுக்கோஸ் 1-பாஸ்பேட் கிளர்வுறபடுத்தப்படுகிறது. இவ்வினை தான் கிளைக்கோஜன் உயிர் தொகுத்தில் மிகவும் முக்கியமான வினையாகும்.



படி - 4

UDP - குளுக்கோஸ் உடனடியாக குளுக்கோஸ் மூலக்கூறை வழங்கும் சேர்மமாகும். கிளைக்கோஜன் சிந்தேஸ் என்ற நொதி,

குளுக்கோஸ் மூலக்கூறை UDP-குளுக்கோஸில் இருந்து ஒடுக்கப்படாத முனையை கொண்டுள்ள கிளை கிளைக்கோஜன் சங்கிலிக்கு மாற்றமடைவதை ஊக்குவிக்கிறது.



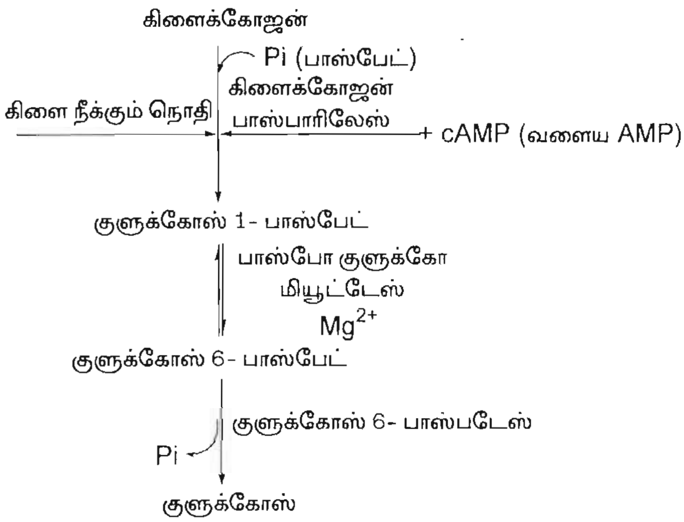
படி - 5

கிளைக்கோஜன் சங்கிலி 8 குளுக்கோஸ் மூலக்கூறுக்கும் அதிகமான மூலக்கூறுகளை கொண்டுள்ளதாக உள்ளபோது இரண்டாம் நொதியான கிளையை உண்டாக்கும் நொதி (Branching Enzyme) அமைலோ 1-4ல் இருந்து 1-6 ட்ரான்ஸ் கிளைக்கோ அசைலேஸ் கிளைக்கோஜன் மீது செயல்பட்டு 1,4 கிளைக்கோஜன் சங்கிலி இணைப்பை உருவாக்க உதவி செய்கிறது. இது அருகில் உள்ள α 1-6 இணைப்பை போன்றதே ஆகும். இவ்வாறு இணைப்பு புள்ளி (Branching Point) கிளைக்கோஜனில் தோன்றுகிறது. உருவான கிளைக்கோஜன் கல்லீரல், தசை மற்றும் திசுக்களில் சேமித்து வைக்கப்படுகிறது.

3.5.2 கிளைக்கோஜன் சிதைவடைதல் (Glycogenolysis)

இரத்தத்தில் உள்ள சர்க்கரையின் அளவு குறையும் போது (ஹைப்போகிளைசீமியா - Hypoglycemia), திசுக்களில் சேமித்து

வைக்கப்பட்டுள்ள கிளைக்கோஜன் குறிப்பாக கல்லீரல் மற்றும் தசைகளில் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ள கிளைக்கோஜன் உடைக்கப்பட்டு குளுக்கோஸாக மாற்றப்படுகிறது. இந்த செயல் கிளைக்கோஜீனோலைஸிஸ் (Glycogenolysis) அல்லது கிளைக்கோஜன் சிதைவடைதல் எனப்படுகிறது.



படம் 3.4 கிளைக்கோ ஜீனோலைஸிஸ்

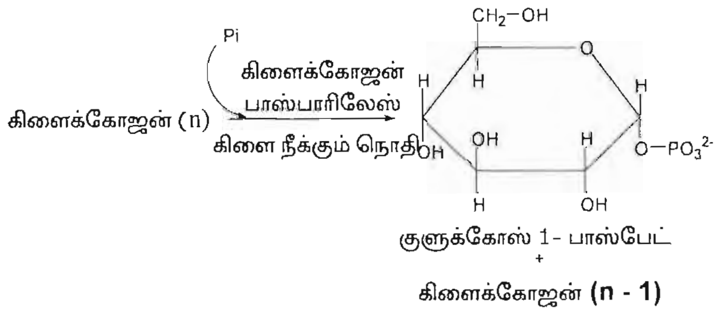
கிளைக்கோஜீனோலைஸிஸ் கீழ்கண்ட படிகளில் நடைபெறுகிறது.

படி-1

கிளைக்கோஜன் சிதைவடைதலின் முதல் படியில் இரண்டு நொதிகள் தனித்தனியே செயல்படுகிறது.

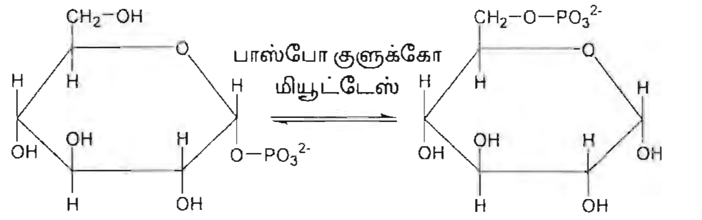
முதல் நொதி, கிளைக்கோஜன் பாஸ்பாரிலேஸ் கனிம பாஸ்பேட்டுடன் இணைந்து கிளைக்கோஜனில் உள்ள α 1-4 இணைப்பின் மீது செயல்பட்டு குளுக்கோஸ் 1-பாஸ்பேட் மற்றும் ஒரு மூலக்கூறு குளுக்கோஸ் குறைவாக கொண்டுள்ள கிளைக்கோஜனை தருகிறது. கிளைக்கோஜன் பாஸ்பாரிலேஸ் α 1-6 இணைப்பின் மீது செயல்பட முடியாது. இது மற்றொரு நொதியான α 1-6குளுக்கோஸிடேஸ் (கிளை நீக்கும் நொதி - Debranching enzyme) கிளைக்கோஜனில் உள்ள α 1-6 இணைப்பு மீது செயல்படுகிறது. இதனால் கிளைக்கோஜன் α 1-4 இணைப்பு அதிக அளவில் கிளைக்கோஜன் பாஸ்பாரிலேஸ் நொதிக்கு கிடைக்கிறது.

கிளைக்கோஜன் பாஸ்பாரிலேஸ் மற்றும் கிளை நீக்கும் நொதி ஆகிய இரண்டு நொதிகளின் ஒருங்கமைந்த செயல்களால் கிளைக்கோஜன், குளுக்காஸ் 1- பாஸ்பேட்டாக மாற்றப்படுகிறது.



படி -2

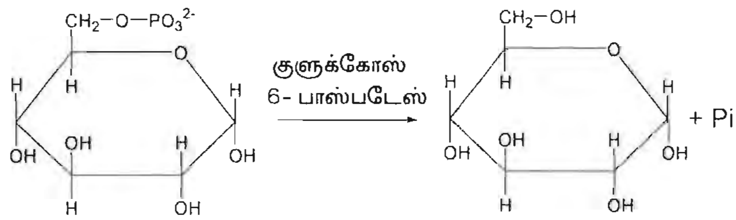
பாஸ்போகுளுக்கோ மியூட்டேஸ் என்ற நொதியின் செயலால் குளுக்கோஸ் 1- பாஸ்பேட் மீள் முறையில் குளுக்கோஸ் 6-பாஸ்பேட்டாக மாற்றப்படுகிறது.



குளுக்கோஸ் 1- பாஸ்பேட்   குளுக்கோஸ் 6- பாஸ்பேட்

படி - 3

குளுக்கோஸ் 6- பாஸ்படேஸ் நொதியின் செயலால் கல்லீரல் மற்றும் சிறுநீரகத்தில் குளுக்கோஸ் 6- பாஸ்பேட், குளுக்கோஸாகவும் கனிம பாஸ்பேட்டாகவும் மாற்றப்படுகிறது.



குளுக்கோஸ் 6- பாஸ்பேட்   குளுக்கோஸ்

குளுக்கோஸ் 6-பாஸ்படேஸ், பாஸ்பேட் தொகுதியை குளுக்கோஸ் 6- பாஸ்பேட்டில் இருந்து நீக்குகிறது. இதனால் தனித்த குளுக்கோஸ் செல்களில் இருந்து வெளி செல் திரவத்திற்கு (இரத்தத்திற்கு) வருகிறது. இவ்வினை தசைகளில் நடைபெறுவதில்லை காரணம் குளுக்கோஸ் 6- பாஸ்படேஸ் தசைகளில் காணப்படுவதில்லை.

3.5.3 குளுக்கோநியோஜெனிஸிஸ் (Gluconeogenesis)

கார்போஹைட்ரேட் அற்ற சேர்மங்களில் இருந்து குளுக்கோஸ் தொகுக்கப்படுதல் குளுக்கோநியோஜெனிஸிஸ் என்று அழைக்கப்படுகிறது. கல்லீரல் பகுதியில் தான் முக்கியமாக குளுக்கோநியோஜெனிஸிஸ் நடைபெறுகிறது. இது பொதுவாக உணவில் உள்ள கார்போஹைட்ரேட் அளவு உடலின் தேவைக்கு குறைவாக உள்ள போதும், புரத சத்து மிகுந்த உணவை அதிகமாக எடுத்துக் கொள்ளும் போதும், பட்டினி காலங்களில் உடலில் உள்ள புரதங்கள் சிதைவடைந்து அமினோ அமிலங்களாக மாற்றப்படும் போதும் நடைபெறுகிறது.

3.5.3.1 குளுக்கோநியோஜெனிஸிஸ் மற்றும் கிளைக்காலைசிஸ் (Gluconeogenesis and Glycolysis)

குளுக்கோநியோஜெனிஸிஸ் மற்றும் கிளைக்காலைசிஸ் இரண்டும் எதிரான வளர்சிதை மாற்ற வழிமுறைகள் ஆகும். இவை பல நொதிகளை தமக்குள் பங்கிட்டுக் கொள்கின்றன. கிளைக்காலைசிஸ் போது குளுக்கோஸ் பைருவேட்டாக மாற்றமடைகிறது. ஆனால் குளுக்கோநியோஜெனிஸிஸ் போது பைருவேட் குளுக்கோஸாக மாற்றமடைகிறது. இருப்பினும் குளுக்கோநியோஜெனிஸிஸ் கிளைக்காலைசிஸிற்கு சரியான எதிரான செயலல்ல.

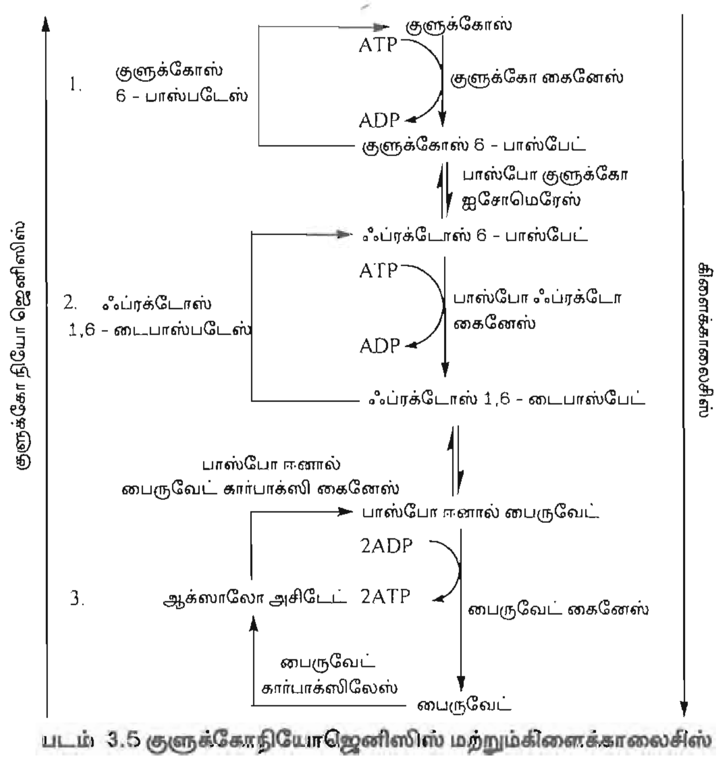
கிளைக்காலைசிஸில் மூன்று இன்றியமையாத மீள வினைகள் உள்ளன. அவை

1. குளுக்கோஸ் + ATP —(குளுக்கோ கைனேஸ்)→ குளுக்கோஸ் 6 - பாஸ்பேட் + ADP

2. ஃப்ரக்டோஸ் 6 பாஸ்பேட் + ATP —(பாஸ்போ ஃப்ரக்டோ கைனேஸ்)→ ஃப்ரக்டோஸ் 1,6-டைபாஸ்பேட் + ADP

3. பாஸ்போ ஈனால் பைருவேட் + ADP —(பைருவேட் கைனேஸ்)→ பைருவேட் + ATP

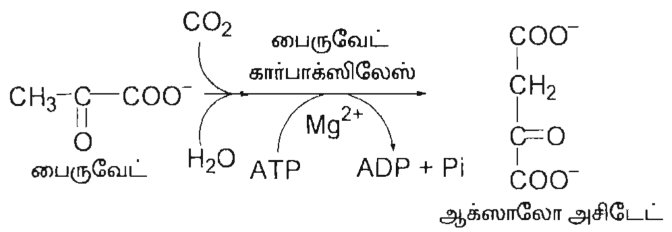
குளுக்கோநியோஜெனிஸிஸ் போது இந்த மூன்று வினைகளும் கீழ்கண்ட புதிய வினைகளால் பதிலீடு செய்யப்பட்டு குளுக்கோஸ் தொகுக்கப்படுகிறது.



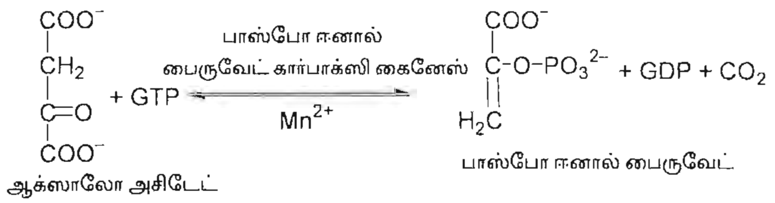
படம் 3.5 குளுக்கோநியோஜெனிஸிஸ் மற்றும்கிளைக்காலைசிஸ்

3.5.3.2 குளுக்கோநியோஜெனிசிஸ் வினைகள்

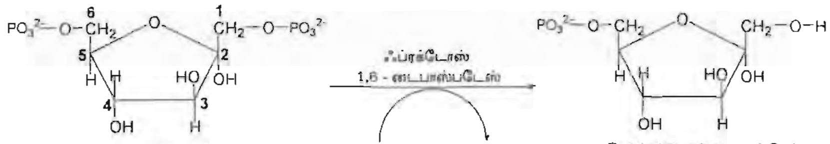
1. பாஸ்போஈனால் பைருவேட் உருவாதல் பைருவேட் கார்பாஸிலேற்றம் செய்யப்படும் வினையுடன் ATP செலவிடப்பட்டு தொடங்குகிறது.



உருவாகும் ஆக்ஸாலோ அசிடேட் GTPயால் பாஸ்பாரிலேற்றம் செய்தல் மேலும் கார்பாக்ஸில் நீக்கம் செய்யப்பட்டு பாஸ்போஈனால் பைருவேட்டாக மாற்றப்படுகிறது.

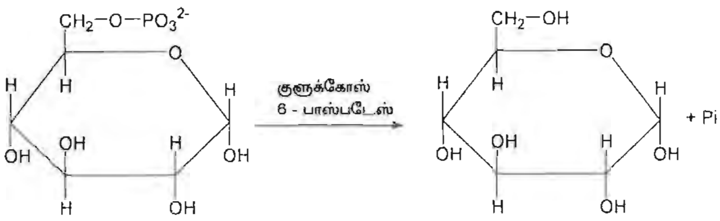


2. ஃப்ரக்டோஸ் 1,6-டை பாஸ்படேஸ் நொதியால் ஃபரக்டோஸ் 1,6-டை பாஸ்பேட் நீராற் பகுக்கப்பட்டு ஃப்ரக்டோஸ் 6 பாஸ்பேட்டாக மாற்றப்படுகிறது.



D-ஃப்ரக்டோஸ் 1,6 - டைபாஸ்பேட் D-ஃப்ரக்டோஸ் 6 - பாஸ்பேட்

3. குளுக்கோஸ் 6 - பாஸ்பேட், குளுக்கோஸ் 6- பாஸ்படேஸ் என்ற நொதியால் நீராற்பகுக்கப்பட்டு குளுக்கோஸாக மாற்றப்படுகிறது.



D-குளுக்கோஸ் 6 - பாஸ்பேட் D-குளுக்கோஸ்

3.5.3.3 அமினோ அமிலங்களின் குளுக்கோநியோஜெனிஸிஸ் (Gluconeogenesis of amino acids)

குளுக்கோஸாக மாற்றமடையும் அமினோ அமிலங்கள் குளுக்கோஜெனிக் அமினோ அமிலங்கள் (Glucogenic amino acids) எனப்படுகின்றன. பெரும்பாலான குளுக்கோஜெனிக் அமினோ அமிலங்கள் அமினோ தொகுதி நீக்கம் அல்லது அமினோ தொகுதி மாற்றம் ஆகிய வினைகளின் மூலம் சிட்ரிக் அமில சுழற்சியில் ஈடுபடும் இடைநிலை சேர்மங்களாக மாற்றப்படுகின்றன.

3.5.3.4 புரோப்பியனேட்டின் குளுக்கோநியோஜெனிஸிஸ் (Gluconeogenesis of propionate)

அசைப்போடும் உயிரினங்களில் புரப்பியானிக் அமிலம் கார்போஹைட்ரேட்டுகளின் முக்கிய மூலமாகும். புரப்பியனேட் சக்சினைல் CoAஆக மாற்றப்பட்டு சிட்ரிக் அமிலம் சுழற்சியின் வழியே குளுக்கோநியோஜெனிக் வழிமுறையில் ஈடுபடுகிறது.

3.5.3.5 கிளிசெராலின் குளுக்கோநியோஜெனிஸிஸ் (Gluconeogenesis of glycerol)

பட்டினி நேரங்களில் கிளிசெராலும் குளுக்கோ-நியோஜெனிக் வழிமுறையில் ஈடுபடுகிறது. அடிப்போஸ் திசுக்களில் உள்ள ட்ரைகிளிசெரைடுகள் நீராற்பகுப்பிற்கு உட்படும் போது கிளிசெரால் வெளியிடப்படுகிறது. கிளிசெரால் வளர்சிதை மாற்றம் அடிப்போஸ் திசுக்களில் நடைபெறுவதில்லை. ஏனெனில் கிளிசெராலை பாஸ்பாரிலேற்றம் செய்யத் தேவையான நொதி கிளிசெரால் கைனேஸ் அங்கு இல்லை. மாறாக கிளிசெரால் கல்லீரலுக்கு எடுத்துச் செல்லப்பட்டு அங்கு கிளிசெரால் கைனேஸ் நொதியால் கிளிசெரால் 3-பாஸ்பேட்டாக மாற்றப்படுகிறது.

$$\text{கிளிசெரால்} + ATP \xrightarrow[\text{கைனேஸ்}]{\text{கிளிசெரால்}} \text{கிளிசெரால் 3-பாஸ்பேட்} + ADP$$

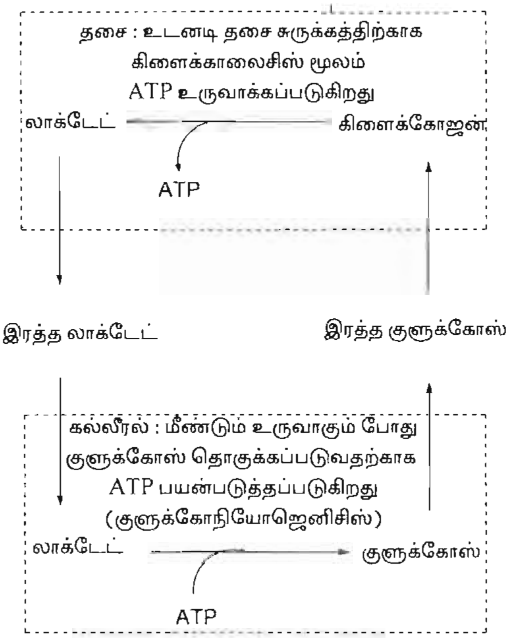
இங்கு NAD^+ மற்றும் கிளிசெரால் 3-பாஸ்பேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் நொதியின் முன்னிலையில், கிளிசெரால் 3-பாஸ்பேட், டைஹைட்ராக்ஸி அசிட்டோன் பாஸ்பேட்டாக ஆக்ஸிஜனேற்றமடைகிறது.

$$\text{கிளிசெரால் 3-பாஸ்பேட்} + NAD^+ \xrightarrow[\text{டிஹைட்ரோஜினேஸ்}]{\text{கிளிசெரால் 3-பாஸ்பேட்}} \text{டை ஹைட்ராக்ஸி அசிட்டோன் பாஸ்பேட்} + NADH + H^+$$

இந்த வழிமுறை கிளைக்காலைசிஸின் ட்ரையோஸ் பாஸ்பேட் நிலையை இணைக்கிறது. உருவான டைஹைட்ராக்ஸி அசிட்டோன் பாஸ்பேட் குளுக்கோநியோஜெனிஸிஸ் வழிமுறையில் ஈடுபட்டு குளுக்கோஸாக மாற்றப்படுகிறது. கல்லீரல் மற்றும் சிறுநீரகம் மேற்கண்ட நொதிகளை பயன்படுத்தி கிளிசெராலை குளுக்கோஸாக மாற்றும் திறனை பெற்றுள்ளன.

3.5.3.6 லாக்டிக் அமிலத்தின் குளுக்கோநியோஜெனிஸிஸ் (Cori cycle)

கார்போஹைட்ரேட்டுகள் வளர்சிதை மாற்றம் கல்லீரல் மற்றும் தசையில் சிறப்பு வாய்ந்த முறையில் நடைபெறுகிறது அதாவது கார்போஹைட்ரேட்டுகள் கல்லீரல் மற்றும் தசை பகுதிகளில் மாற்றமடைவது கோரி சுழற்சி (Cori cycle) என்று அழைக்கப்படுகிறது.



படம் 3.6 கோரி சுழற்சி

இந்த சுழற்சியில் கல்லீரலில் உள்ள கிளைக்கோஜன் தசை கிளைக்கோஜனாகவும் தசையில் உள்ள கிளைக்கோஜன் கல்லீரல் கிளைக்கோஜனாகவும் மாற்றப்படலாம். இச்சுழற்சியில் உருவாக்கப்படும் பொருள் லாக்டேட் ஆகும். லாக்டேட் சதைப் பகுதியில் உருவாக்கப்படுகிறது.

அதிக அளவு உடல் வேலை செய்யும் போது, தீவிர உடற்பயிற்சி செய்யும் போதும் சதைகளில் உள்ள ஆக்ஸிஜன் தேவையான அளவு இல்லை. ஆனால் தசை அதிக பட்சமாக நீண்ட நேரம் சுருக்கத்திற்கு (Muscle contraction) உட்பட வேண்டும். அதனால் சதையில் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ள கிளைக்கோஜன் கிளைக்கோஜீனோலைஸிஸ் மூலம் லாக்டேட்டாக மாற்றப்படுகிறது. மேலும் காற்றில்லாத நிலைமையில் நடைபெறும் கிளைக்காலைசிஸ் மூலம் உருவாகும் லாக்டேட் சதையில் திரளப்படுகிறது (Accumulation) தசை திசுக்களில் குளுக்கோஸ் 6-பாஸ்படேஸ் என்ற நொதி காணப்படாததால் லாக்டிக் அமிலத்தில் இருந்து குளுக்கோஸ் தொகுக்கப்படுவதில்லை. இச்செயல் கல்லீரலில் மட்டுமே லாக்டிக் அமிலம் குளுக்கோஸாக மாற்றப்படுகிறது.

லாக்டேட் தசைப் பகுதியிலிருந்து வெளியேற்றப்பட்டு இரத்தத்தின் மூலம் கல்லீரலை சென்றடைகிறது. கல்லீரலில் லாக்டேட் பைருவேட்டாக ஆக்ஸிஜனேற்றம் செய்யப்படுகிறது. பின் பைருவேட் குளுக்கோநியோஜெனிஸிஸ் செயலில் ஈடுபடுவதால் முடிவில் குளுக்கோஸ் மீண்டும் தொகுக்கப்படுகிறது. கிளைக்கோஜன், குளுக்கோஜினோலைசிஸ் மூலம் குளுக்கோஸாக மாற்றப்படலாம். மேலும் இரத்தத்தின் மூலம் மீண்டும் சுழற்சியில் தசைகளுக்கு விடுவிக்கப்படலாம். குளுக்கோநியோஜெனிஸிஸ் செயலால், குளுக்கோஸ் மீண்டும் தசை கிளைக்கோஜனாக மாற்றப்படுவதன் மூலம் கோரி சுழற்சி முடிவடைகிறது.

3.6 நீரிழிவு நோய் (Diabetes Mellitus)

நீரிழிவு நோய் கார்போஹைட்ரேட்டுகளின் வளர்சிதை மாற்றத்தில் ஏற்படும் குறைபாட்டால் உருவாகும் முக்கிய நோயாகும். இருப்பினும் கொழுப்பு மற்றும் புரதம் இவற்றின் வளர்சிதை மாற்றங்களும் பாதிக்கப்படுகின்றன. டையபெடீஸ் (Diabetes) என்றால் அதிகளவு சிறுநீரை வெளியேற்றுதல், மெல்லிடஸ் (Mellitus) என்றால் இனிப்பு என்றும் பொருள்படும். எனவே டையபெடீஸ் மெல்லிடஸ் என்ற வார்த்தைக்கு குளுக்கோஸை கொண்டுள்ள சிறுநீர் அதிகளவு வெளியேற்றப்படுதல் என்று பொருள்படும்.

இன்சுலின் சுரத்தல் அல்லது அதன் செயலில் ஏற்படும் குறைப்பாட்டால் நீரிழிவு நோய் உண்டாகிறது. இன்சுலின் நாளமில்லா சுரப்பிகளால் சுரக்கப்படும் ஒரு ஹார்மோனாகும். கணையத்தில் உள்ள β-செல்களில் லாங்கர்ஹான் திட்டுக்களால் இன்சுலின் சுரக்கப்படுகிறது. குளுக்கோஸ் வளர்சிதை மாற்றத்தில் ஏற்படும் அசாரணத்தன்மை நீரிழிவு நோயை அல்லது நோய் உண்டாவதற்கான நிலையை காட்டும் தன்மையாக உள்ளது. உண்மையில் இன்சுலின் கட்டுப்பாடு செயலில் உள்ள குறைப்பாட்டால் நீரிழிவு நோய், நோய்களின் தொகுப்பாகும்.

இரண்டு முக்கிய வகையான நீரிழிவு நோய்கள் உள்ளன.

1. **வகை - I அல்லது இன்சுலினை பொருத்த நீரிழிவு நோய்**

இந்த நோய் இளம் வயதில் வரும் பின் விரைவாக தீவிரமடையும்.

2. **வகை - II அல்லது இன்சுலின் பொருத்தமையாத நீரிழிவு நோய்**

இந்நோய் மெதுவாக உருவாகும். மிதமானது. மேலும் அடிக்கடி கண்காணிக்க முடியாமல் செல்லும்.

முதல் வகை நோய்க்கு இன்சுலின் தெரபி (Insulin therapy), வாழ்முழுவதும் உட்கொள்ளும் குளுக்கோஸ் மற்றும் எடுத்துக் கொள்ளும் இன்சுலின் அளவு இவற்றிற்கிடையேயான சதவிகித கட்டுப்பாடு தேவை. கீழ்க்கண்ட அறிகுறிகளின் மூலம் இன்சுலின் உருவாக்கத்தில் உள்ள குறைபாட்டை அறியலாம்.

1. இரத்தத்தில் உள்ள குளுக்கோஸ் பிளாஸ்மா சவ்வின் வழியே ஊடுருவி செல்லுக்குள் செல்லும் தன்மை குறைவதால் இரத்தத்தில் குளுக்கோஸ் அளவு அதிகரிக்கிறது. இந்த நிலை ஹைபர்கிளைசீமியா (Hyperglycemia) என அழைக்கப்படுகிறது. குளுக்கோஸ் அளவு 500 மிகி / 100மிலி இரத்தம் வரை அதிகரிக்கிறது.

2. **பாலியூரியா (Polyuria)**

அதிகளவு சிறுநீர் உடலிலிருந்து வெளியேறுதல் என்பது இதன் பொருளாகும். இது அதிகளவு குளுக்கோஸை சிறுநீரில் வெளியேற்றுவது (குளுக்கேஸுரியா) ஆகும்.

3. **பாலிடிப்ஸியா (Polydipsia)**

தாகம் அதிகமாக ஏற்படுவதால் அதிகளவு நீர் உட்கொள்ளப்படுகிறது. இந்நிலைக்கு பாலிடிப்ஸியா என்று அழைக்கப்படுகிறது. எடுத்துக் கொண்ட அதிகளவு நீரை வெளியேற்றுதல் பாலியூரியா மூலம் நடைபெறுகிறது.

4. **பாலிபேஜியா** (Polyphagia)

இந்நிலையில் அதிகமான பசியால் அதிகளவு உணவு உட்கொள்ளப்படுகிறது. வளர்ச்சி தடைபடுவதை நிவர்த்தி செய்ய இது மேற்கொள்ளப்படுகிறது. நீரிழிவு நோயால் மிகுதியான பசி ஏற்படுவதால் அதிகளவு உணவு உட்கொள்ளப்பட்டாலும் உடல் எடை குறைந்து உடல் நலிவுறுகிறது.

5. ஆற்றல் உருவாக்கத்திற்கு குளுக்கோஸ் கிடைக்காததால் அடிப்போஸ் திசுவில் உள்ள கொழுப்பு அதிகளவு நகர்வு பெற்று வளர்சிதை மாற்றத்திற்கு உட்படுகிறது. ஆனால் வளர்சிதை மாற்றம் முழுமையாக நடைபெறாததால் முடிவில் அதிகளவு கொழுப்பு வளர்சிதை மாற்ற இடைநிலை பொருட்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. அவை கீட்டோன் உடலங்கள் (Ketone bodies) என அழைக்கப்படுகின்றன. உதாரணம் அசிட்டோ அசிடேட் மற்றும் β -ஹைட்ராக்ஸி பியூட்டரேட் இந்த நிலை கீட்டோஸிஸ் (Ketosis) என அழைக்கப்படுகிறது. கீட்டோன் உடலங்கள் தீவிர அசிடோஸிஸை (Acidosis) உருவாக்குகிறது. இறுதியில் "கோமா" (Coma) உடல் செயலற்ற நிலையை உண்டாக்குகிறது.

6. லிப்பிடுகள் இரத்த குழாய் சுவர்களில் படிவதால் 'அதிரோஸ்கெலிரோசிஸ்' (Atherosclerosis) என்ற நோய் உண்டாகிறது.

இரத்தம் மற்றும் சிறுநீரின் உயிர் வேதியியல் அளவீடுகள் நீரழிவு நோய்க்கு சிகிச்சை அளிக்க இன்றியமையாதது. இது துல்லியமாக குளுக்கோஸ் தாங்கும் சோதனை (GTT) மூலம் நிகழ்த்தப்படுகிறது.

3.6.1 குளுக்கோஸ் தாங்கும் சோதனை (Glucose Tolerance Test)

இரவில் உணவு உட்கொள்ளாமல் மறுநாள் நோயாளிக்கு சோதனை அளவாக 100 கி குளுக்கோஸ் ஒரு டம்ளர் நீரில் கரைக்கப்பட்டு வழங்கப்படுகிறது. குளுக்கோஸ் கொடுப்பதற்கு முன்பும் கொடுத்த பின்பும் 30 நிமிட நேர இடைவெளியில் இரத்தத்தின் குளுக்கோஸ் அளவு அளவிடப்படுகிறது. சாதாரணமானவர் உடலில் குளுக்கோஸ் உடனே இரத்ததிற்கு உறிஞ்சப்பட்டு 80 முதல் 120 மி.கி/100 மிலி இரத்தம் அளவிற்கு உயரும் அதன்பின் உயராது. சிறுநீரில் குளுக்கோஸ் இல்லாமலும் அல்லது சிறிதளவு காணப்படும். நீரழிவு நோய் உள்ளவர்களின் உடலில் மிக குறைந்த அளவே குளுக்கோஸ் உறிஞ்சப்படுகிறது. இதனால் இரத்தத்தில் குளுக்கோஸ் அளவு மிகவும் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்கிறது. சிறுநீரகத்தின் செயல் அளவு (Threshold) (180 மி.கி / 100 மி.லி) விட அதிகரிக்கிறது. இதனால் அவர்களின் சிறுநீரில் குளுக்கோஸ் காணப்படுகிறது.

பயிற்சிகள்

I. கீழ்கண்ட நான்கு விடைகளுள் சரியான விடையை தேர்ந்தெடு.

1. இரத்த சர்க்கரை என்பது

அ. சுக்ரோஸ்   ஆ. லாக்டோஸ்

இ. குளுக்கோஸ்   ஈ. ஃப்ரக்டோஸ்

2. கிளைக்காலைசிஸ் இங்கு நடைபெறுகிறது

அ. மைட்டோகாண்டிரியா   ஆ. சைட்டோபிளாசம்

இ. உட்கரு   ஈ. ரிபோசோம்

3. கிளைக்காலைசிஸில் எத்தனை மூலக்கூறுகள் ATP உருவாக்கப்படுகிறது
அ. 2 ஆ. 10 இ. 6 ஈ. 8

4. எந்த நொதி கிளைக்காலைசிஸ் மற்றும் TCA சுழற்சியை இணைக்கிறது.
அ. குளுக்கோகைனேஸ் ஆ. PFK இ. LDH
ஈ. பைருவேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ்

5. வினைப்படு பொருளின் அளவில் பாஸ்பாரிலேற்றம் செய்தலில் கீழ்கண்டவற்றுள் எந்நொதி ஈடுபடுகிறது.
அ. சிட்ரேட் சிந்தேஸ்
ஆ. ஐசோசிட்ரேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ்
இ. சக்சினைல் CoA சிந்தடேஸ்
ஈ. ப்யூமரேஸ்

6. கிளைக்காலைசிஸில் எத்தனை மீளா படிகள் உள்ளன?
அ. 2 ஆ. 4 இ. 3 ஈ. 5

7. கிளைக்காலைசிஸில் இறுதிப் பொருளாக உள்ளது?
அ. பைருவேட் ஆ. சிட்ரேட்
இ. அசிடைல் CoA ஈ. லாக்டேட்

8. HMP ஷன்ட் வழிமுறையில் உருவாக்கப்படும் முக்கியமான ஒடுக்கும் ஆற்றல்
அ. NADH ஆ. NADPH இ. FAD ஈ. $FADH_2$

9. பைருவேட்டை ஆக்ஸலோ அசிட்டேட்டாக மாற்றுவது
அ. பைருவேட் கார்பாக்ஸிலேஸ் ஆ. பைருவேட் கைனேஸ்
இ. PFK ஈ. பாஸ்போ ஈனால் பைருவேட் கைனேஸ்

10. இங்கு லாக்டேட் குளுக்கோஸாக மாற்றப்படுகிறது.
அ. தசை ஆ. கல்லீரல் இ. சிறுநீரகம் ஈ. நுரையீரல்

11. இன்சுலினை சுரப்பது
அ. கல்லீரல் ஆ. சிறுநீரகம் இ. கணையம் ஈ. தைராய்டு

II. கோடிட்ட இடத்தை நிரப்புக.

1. குளுக்கோகைனேஸ் செயலால் குளுக்கோஸ் --------- ஆக மாற்றப்படுகிறது.
2. ஈனலேஸ் நொதியால் 2, பாஸ்போ கிளிசெரேட் -------- ஆக மாற்றப்படுகிறது.
3. காற்றில்லாத நிலைமையில் ஒரு மூலக்கூறு குளுக்கோஸ் --------------- மூலக்கூறுகள் ATPயை உருவாக்குகிறது.
4. ட்ரைகார்பாக்ஸிலிக் அமில சுழற்சி ---------- பகுதியில் நடைபெறுகிறது.
5. ---------------- நியூக்ளியோசைடு தொகுத்தலில் முதல் நிலை சேர்மமாக உள்ளது.
6. கிளைக்கோஜன் உயிர் தொகுத்தல் ------------ எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.
7. அசைபோடும் உயிரினங்களில் ----------- கார்போஹைட்ரேட்களின் முக்கிய மூலமாகும்.

III. சரியா? தவறா?

1. 1,3 - பிஸ்பாஸ்போகிளிசெரேட்டை, பாஸ்போகிளிசெரேட் கைனேஸ் 3, பாஸ்போகிளிசெரட்டாக மாற்றுகிறது.
2. பைருவேட் கைனேஸ் மீள் முறையில் செயல்படுகிறது.
3. ட்ரைகார்பாக்ஸிலிக் அமில சுழற்சியில் 24 ATP மூலக்கூறுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன.
4. கிளைக்கோஜன் தொகுத்தலில் UDP குளுக்கோஸ் பைரோபாஸ்பாரிலேஸ் ஈடுபடுகிறது.
5. குளுக்கோஸ் சிதைவடைதல் கிளைக்காலைசிஸ் என அழைக்கப்படுகிறது.
6. கிளைக்காலைசிஸில் இறுதிப் பொருள் பைருவேட் ஆகும்.

பாடம் - 4

புரதங்களின் வளர்சிதை மாற்றம்

முன்னுரை

செல்களில் அமினோ அமிலங்கள் சீராக ஒன்றுடன் மற்றொன்று பெப்டைடு பிணைப்பால் இணைக்கப்பட்டு உருவாவதே புரதம் ஆகும். இச்செயல் புரத உயிர்தொகுப்பு (Protein biosynthesis)எனப்படுகிறது. நீள் பாலிபெப்டைடு சங்கிலியை உருவாக்குவதற்கு அமினோ அமிலங்கள் இணைக்கப்படுகின்றன. பாலிபெப்டைடு சங்கிலி புரதம் ஒன்றின் ஓரலகாகும்.

4.1 புரத உயிர் தொகுப்பு

புரத மூலக்கூறில் அமினோ அமிலங்கள் பெப்டைடு பிணைப்பால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. புரத உயிர் தொகுப்பு செயல் mRNAவை மொழிப்பெயர்த்தல் எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. இங்கு அமினோ அமிலங்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கையில் ஒன்றுடன் ஒன்று சேர்க்கப்படுகின்றன.

புரத உயிர்தொகுத்தல் வழிமுறை கீழ்கண்ட படிகளில் நடைபெறுகிறது.

$$\text{DNA} \xrightarrow{\text{படியெடுத்தல்}} \text{RNA} \xrightarrow{\text{மொழிப்பெயர்த்தல்}} \text{புரதம்}$$

4.1 படியெடுத்தல் (Transcription)

DNA இழைக்கு இணையான RNA இழையை உருவாக்குவதே படியெடுத்தல் எனப்படுகிறது. இங்கு புரதம்

தொகுத்தலுக்கு தேவையான RNAக்கள் DNA இழைகளிலிருந்து தொகுக்கப்படுகின்றன. RNA பாலிமெரேஸ் என்ற நொதியால் இவ்வினை நடைபெறுகிறது.

யூகேரியோட்டுகளில் மூன்று வகையான RNA பாலிமெரேஸ் நொதிகள் காணப்படுகின்றன.

நொதிகள்	**உருவாக்கும் RNA**
RNA பாலிமெரேஸ் I	ரிபோசோமல் RNA
RNA பாலிமெரேஸ் II	தூதுவர் RNA
RNA பாலிமெரேஸ் III	இடமாற்ற RNA

புரேகேரியோட்டுகளில் ஒரே வகையான RNA பாலிமெரேஸ் மேற்கண்ட மூன்று வகையான RNAக்களை தொகுக்கிறது. DNA இரட்டை திருகு சுருளில் உள்ள ஒரு இழை RNA உருவாக்கத்திற்கு டெம்பிளேட் (Template) இழையாக செயல்படுகிறது. படியெடுத்தலில் உருவாகும் RNA செயல்திறனற்றது. எனவே இது செயலற்ற RNA (Pre RNA) என அழைக்கப்படுகிறது. இச்செயலற்ற RNA பல மாற்றங்களுக்கு பின் செயலுள்ள RNAவாக மாற்றப்படுகிறது. வேதிவினைகள் மற்றும் அமைப்பில் செய்யப்படும் மாற்றங்களால் இந்த செயலுள்ள RNA உருவாக்கப்படுகிறது.

4.2 மொழிப்பெயர்த்தல் (Translation)

DNAவில் உள்ள காரங்களின் வரிசைக்கேற்ப mRNAபடியெடுக்கப்படுகிறது. mRNAவில் உள்ள கார வரிசைகளின் படி அமினோ அமிலங்கள் சீராக இணைக்கப்பட்டு பாலிபெப்டைடு சங்கிலி உருவாக்கப்படுகிறது. இச்செயலே மொழிப்பெயர்த்தல் எனப்படுகிறது.

மொழிப்பெயர்த்தல் கீழ்கண்ட படிகளில் நடைபெறுகின்றன.

1. அமினோ அமிலம் கிளர்வுறப்படுதல்
2. கிளர்வுற்ற அமினோ அமிலம் tRNAவிற்கு மாற்றப்படுதல்
3. பாலிபெப்டைடு சங்கிலி உருவாக்கத்தின் துவக்கம்
4. பாலிபெப்டைடு சங்கிலி நீளும் செயல்
5. பாலிபெப்டைடு சங்கிலி முடியும் செயல்

4.2.1 அமினோ அமிலம் கிளர்வுறப்படுதல் (Activation of amino acid)

புரதங்களின் உருவாக்க அலகுகளான அமினோ அமிலங்கள் சைட்டோபிளாசத்தில் காணப்படுகின்றன. அமினோ அமிலங்கள் tRNAவிற்கு மாற்றப்படுவதற்கு முன் கிளர்வுற செய்யப்படுகின்றன. அமினோ அசைல் சிந்தடேஸ் (E) என்ற நொதியின் உதவி கொண்டு ATPயால் அமினோ அமிலங்கள் கிளர்வுற செய்யப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு அமினோ அமிலத்தின் கிளர்வுறுதலுக்கும் ஒரு குறிப்பிட்ட அமினோ அசைல் சிந்தடேஸ் நொதி செயல்படுகிறது.

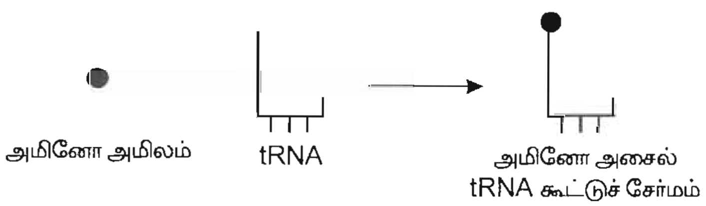
கிளர்வுற்ற அமினோ அமிலம் அமினோ அசைல் அடினைலேட் அல்லது அமினோ அசைல் AMP என அழைக்கப்படுகிறது. பைரோபாஸ்பேட் இங்கு வெளியிடப் படுகிறது.

$$\underset{\text{அமினோ அமிலம்}}{AA} + ATP \xrightarrow[\text{சிந்தடேஸ் (E)}]{\text{அமினோ அசைல்}} \underset{\text{அமினோ அசைல் AMP}}{E\text{-}AA\text{-}AMP} + PPi$$

4.2.2 கிளர்வுற்ற அமினோ அமிலம் tRNAவிற்கு மாற்றப்படுதல் (Transfer of activated amino acid to tRNA)

மேற்கண்ட படியில் ஈடுபட்ட அதே நொதி இங்கு செயல்பட்டு அமினோ அமிலத்தை tRNAவின் 3' முனையில் உள்ள ரிபோஸின் OHதொகுதிக்கு மாற்றுகிறது. தொகுதி மாற்றத்திற்கு அதிக ஆற்றலை கொண்டுள்ள எஸ்டர் பிணைப்பு உருவாகிறது. இந்த வினையில் AMP மற்றும் அமினோ அசைல் சிந்தடேஸ் (E) நொதி வெளியிடப்படுகின்றன.

$$E\text{-}AA\text{-}AMP + tRNA \xrightarrow[\text{tRNA சிந்தடேஸ்}]{\text{அமினோ அசைல்}} AA\text{-}tRNA + AMP + E$$

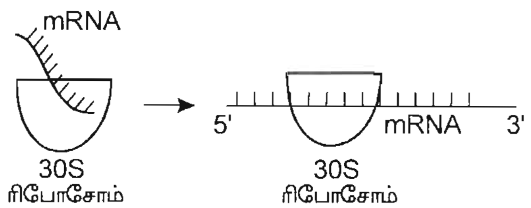


4.2.3 பாலிபெப்டைடு சங்கிலி உருவாக்கத்தின் துவக்கம் (Initiation of poly peptide chain)

முதல் அமினோ அமிலத்தை தேர்ந்தெடுத்து ரிபோசோமிற்கு மாற்றுவதன் மூலம் புரத தொகுப்பு துவங்கப்படுகிறது. இச்செயலுக்கு ரிபோசோம் துணை அலகுகள், அமினோ அசைல் tRNA கூட்டுச் சேர்மம், mRNA மற்றும் துவக்க காரணிகள் If (Initiation factors) போன்றவை தேவைப்படுகின்றன. பாலி பெப்டைடு சங்கிலி உருவாக்கத்தின் துவக்கம் கீழ்கண்ட படிகளில் நடைபெறுகிறது.

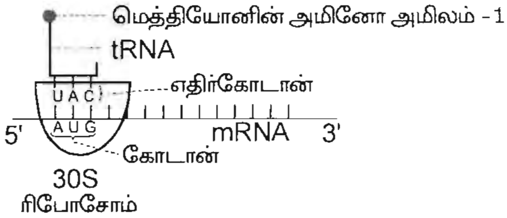
1. 30S ரிபோசோமல் துணை அலகு mRNAவின் 5' முனையில் ஒட்டிக் கொண்டு mRNA 30S கூட்டுச் சேர்மத்தை உண்டாக்குகிறது.

2. mRNAவில் உள்ள முதல் கோடான் எப்பொழுதும் AUG ஆகும். இக்கோடன் மெத்தியோனின் அமினோ அமிலத்தை குறியீடு செய்கிறது. அதனால் தொகுக்கப்படும் எல்லா பாலிபெப்டைடு சங்கிலியிலும் மெத்தியோனின் முதல் அமினோ அமிலமாக உள்ளது.



படம் 4.1 30 S ரிபோசோமல் துணை அலகு mRNAவின் 5' முனையில் ஒட்டிக் கொள்ளுதல்

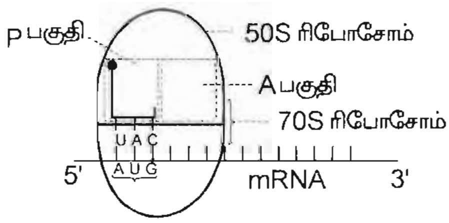
3. எதிர்கோடான் UACயை கொண்டுள்ள (AUGக்கு இணையான) tRNA மெத்தியோனை 30S ரிபோசோம் துணை அலகிற்கு மாற்றுகிறது. மேலும் mRNAவில் உள்ள துவக்க கோடானுடன் ஒட்டிக் கொள்கிறது. tRNA மற்றும் mRNA 30S ரிபோசோம் துணை அலகு இணைந்து ஒரு கூட்டுச் சேர்மத்தை உண்டாக்குகின்றன (Preinitiation complex) அது 30S துவக்கத்திற்கு முற்பட்ட கூட்டுச் சேர்மம் எனப்படுகிறது. இச்செயலுக்கு துவக்க காரணிகள் மற்றும் GTP தேவைப்படுகின்றன.



படம் 4.2 துவக்கத்திற்கு முற்பட்ட கூட்டுச் சேர்மம் உருவாதல்

4. 30S துவக்கத்திற்கு முற்பட்ட கூட்டுச் சேர்மம் 50S ரிபோசோமல் துணை அலகுடன் இணைந்து துவக்க கூட்டு சேர்மத்தை உண்டாக்குகிறது (Initiation complex). துவக்க கூட்டுச் சேர்மம் 70S ரிபோசோம், mRNA மற்றும் met - RNA (மெத்தியோனைன் RNA) ஆகியவற்றை பெற்றுள்ளது.

5. 70S ரிபோசோம் அமினோ அசைல் tRNA நுழைவதற்காக இரண்டு பகுதிகளை முறையே P பகுதி (பெப்டிடைல் பகுதி) மற்றும் A பகுதி (அமினோ அமில பகுதி) கொண்டுள்ளது. முதல் tRNA அதாவது met RNA 70S ரிபோசோமின் P பகுதியில் ஒட்டிக் கொள்கிறது.

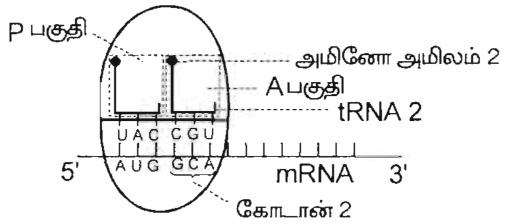


படம் 4.3 துவக்க கூட்டுச் சேர்மம் உருவாதல்

4.2.4 பாலிபெப்டைடு சங்கிலி நீளும் செயல் (Elongation of poly peptide chain)

mRNAவில் உள்ள கோடான்களுக்கு ஏற்ப அமினோ அமிலங்கள் மெத்தியோனினுடன் சீராக சேர்க்கப்படுவது நீளும் செயல் எனப்படுகிறது. இது கீழ்க்கண்ட படிகளில் நடைபெறுகிறது.

1. mRNA வின் இரண்டாவது கோடான் அங்கீகரிக்கப்படுகிறது. இக்கோடானுக்கு இணையான எதிர்கோடானை கொண்டுள்ள அமினோ அசைல் tRNA, 70S ரிபோசோமின் A பகுதியில் இணைகிறது. இங்கு எதிர்கோடானில் உள்ள காரங்கள் mRNAவில் உள்ள இரண்டாவது கோடானுடன் பிணைப்பை ஏற்படுத்துகின்றன.



படம் 4.4 70S ரைபோசோமின் A பகுதியில் இரண்டாவது tRNA இணைதல்

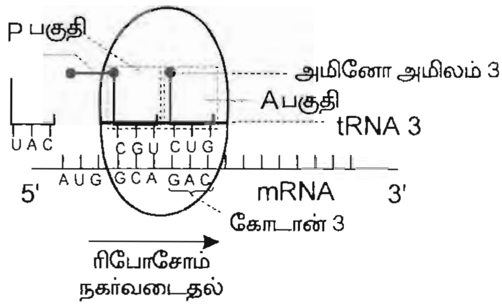
2. P பகுதியில் உள்ள முதல் அமினோ அமிலத்தின் கார்பாக்ஸில் தொகுதிக்கும் (- COOH) A பகுதியில் உள்ள இரண்டாவது அமினோ அமிலத்தின் அமினோ தொகுதிக்கும் இடையே பெப்டைடு பிணைப்பு உண்டாகிறது. இப்பிணைப்பு இரண்டு அமினோ அமிலங்களை இணைத்து டைபெப்டைடை உருவாக்குகிறது. 50S ரைபோசோமல் துணை அலகில் உள்ள பெப்டிடைல் டிரான்ஸ்பெரேஸ் (Peptidyl Transferase) என்ற நொதியால் இப்பிணைப்பு உண்டாகிறது.

3. பெப்டைடு பிணைப்பு உருவான பிறகு tRNA டிஅசைலேஸ் என்ற நொதியால் மெத்தியோனைன் மற்றும் tRNA பிரிக்கப்படுகின்றன.

4. பிரிக்கப்பட்ட tRNA, 70S ரிபோசோமின் P-பகுதியில் இருந்து சைட்டோபிளாசத்திற்கு விடுவிக்கப்படுகிறது. இது மீண்டும் அமினோ அசைலேற்ற வினைக்கு பயன்படுத்தப்படுகிறது.

5. இப்போது ரிபோசோம் mRNAவின் மீது 5' ⟶ 3' என்ற திசையில் நகர்கிறது. அதனால் முதல் கோடான ரிபோசோமிலிருந்து வெளிப்படுகிறது. இரண்டாவது கோடான் A பகுதியிலிருந்து P பகுதிக்கு வருகிறது. மேலும் மூன்றாவது கோடான் A பகுதியை அடைகிறது. இதைப் போலவே இரண்டாவது tRNA A பகுதியிலிருந்து P பகுதிக்கு நகர்வடைதல் போன்ற அனைத்து செயல்களும் ''டிரான்ஸ்லொகேஷன்'' எனப்படுகின்றன. இச்செயல் **டிரான்ஸ்லொகேஸ்** என்ற நொதியால் நடைபெறுகிறது.

6. மூன்றாவது கோடான் அங்கீகரிக்கப்படுகிறது. இக்கோடானிற்கு இணையான எதிர்கோடானை கொண்டுள்ள அமினோ அசைல் tRNA 70S ரிபோசோம் பகுதிக்கு நகர்வு பெற்று A பகுதியில் இணைகிறது. எதிர்கோடான் கோடானுடன் பிணைப்பை ஏற்படுத்துகிறது. A பகுதியில் உள்ள மூன்றாவது அமினோ அமிலத்திற்கும், P பகுதியில் உள்ள டை பெப்டைடின் இரண்டாவது அமினோ அமிலத்திற்கும் இடையே பெப்டைடு பிணைப்பு உண்டாகிறது. இதன் மூலம் ட்ரைபெப்டைடு உருவாகிறது.



படம் 4.5 ரிபோசோம் 5' ⟶ 3' என்ற திசையில் நகர்வடைதல்

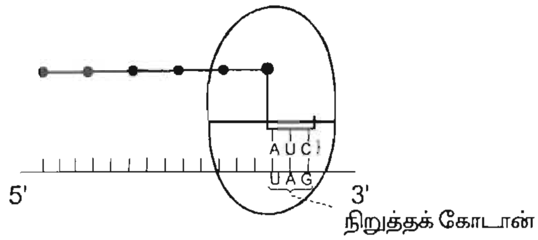
7. mRNAவில் உள்ள கோடான்களுக்கு ஏற்ப அமினோ அமிலங்கள் ஒன்றன் பின் ஒன்றாக சேர்க்கப்படுகின்றன. இதனால் ட்ரைபெப்டைடு பாலி பெப்டைடு சங்கிலியாக மாற்றப்படுகிறது. அமினோ அமிலங்கள் மேலும் மேலும் சேர்க்கப்படுவதால் பாலி பெப்பைடு சங்கிலி நீளமாக்கப்படுகிறது.

8. நீளமாக்கும் காரணிகள் (Elongation factors) என்ற புரத காரணிகளால் பாலிபெப்டைடு சங்கிலி நீளமாக்கப்படுதல் நடைபெறுகிறது.

4.2.5 பாலிபெப்டைடு சங்கிலி முடியும் செயல் (Termination of polypeptide chain)

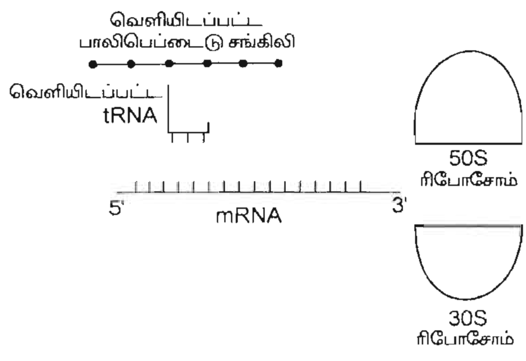
பாலிபெப்டைடு சங்கிலி உருவாதல் முடிவடைதலே பாலி பெப்டைடு சங்கிலி முடியும் செயல் எனப்படுகிறது. இச்செயலால் பாலி பெப்டைடு சங்கிலி முடிவடையச் செய்யப்பட்டு வெளியிடப்படுகிறது. ரிபோசோம் mRNAவின் 3' முனையை அடையும் போது பாலிபெப்டைடு சங்கிலி உருவாதல் முடிவடைகிறது.

mRNAவின் 3' முனை நிறுத்த கோடான்கள் அல்லது முடிக்கும் (Stop or Termination) கோடான்களை பெற்றுள்ளது. அவை UAG அல்லது UAA அல்லது UGA ஆகும். பாலி பெப்டைடு சங்கிலி முடியும் செயல், முடிக்கும் புரதக்காரணிகளால் (Terminating Protein factors) நடைபெறுகிறது. முடிக்கப்பட்ட பாலிபெப்டைடு சங்கிலி ரிபோசோமிலிருந்து வெளியிடப்படுகிறது.



படம் 4.6 ரிபோசோம் நிறுத்த அல்லது முடிக்கும் கோடானை அடைதல்

பாலிபெப்டைடு சங்கிலி வெளியிடப்பட்ட பின், 70S ரிபோசோமல் அலகு 50S மற்றும் 30S ரிபோசோம் துணை அலகுகளாக பிரிகையடைகிறது. இந்த துணை அலகுகள் துவக்க கூட்டுச் சேர்மம் உருவாக்கத்திற்கு மீண்டும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.



படம் 4.7 மொழிப்பெயர்த்தல் முடிவடைதல்

மொழிப்பெயர்த்தலுக்கு பின் வெளியிடப்பட்ட பாலிபெப்டைடு சங்கிலி செயல் திறனற்றது. இது செயல்திறனுள்ளதாக மாற்றப்படுகிறது. இந்த செயலில் துவக்க அமினோ அமிலமான மெத்தியேனைன் நீக்கப்படுகிறது. மெத்தியோனைனுடன் சில அமினோ அமிலங்கள் பாலிபெப்டைடு சங்கிலியின் N-முனையிலிருந்து நீக்கப்படுகின்றன. இச்செயல்கள் டிபார்மைலேஸ் (Deformylase) மற்றும் அமினோ பெப்டிடேஸ் (Aminopeptidase) என்ற நொதிகளால் நடைபெறுகிறது. மேற்கூறிய அனைத்து செயல்களும் மொழி பெயர்த்தலுக்கு பின் நடைபெறும் மாற்றங்கள் (Post translational modifications) என அழைக்கப்படுகின்றன.

4.3 புரதங்களின் வளர்சிதை மாற்றம்

உட்கொள்ளப்பட்ட புரதங்கள் புரோட்டினேஸ்கள் என்ற பெப்டைடு பிணைப்பை உடைக்கும் நொதிகளால் அமினோ அமிலங்களாக மாற்றப்படுகின்றன.

4.3.1 அமினோ அமிலங்களின் பொதுவான வினைகள்

அமினோ நீக்கம், அமினோ மாற்றம் (டிரான்ஸ் அமினேஷன்) மற்றும் கார்பாக்ஸில் நீக்கம் போன்றவை அமினோ அமிலங்களின் பொதுவான வினைகள் ஆகும். அமினோ தொகுதி நீக்கம் மற்றும் அமினோ தொகுதி மாற்றம் போன்ற வினைகள் மூலம் கீட்டோ அமிலங்கள் உருவாகின்றன. இவை மேலும் மாற்றத்திற்கு உட்படுகின்றன. கீட்டோ அமிலங்கள் மற்றும் அமினோ அமிலங்களுக்கிடையே ஏற்படும் மாற்றத்தால் பல இன்றியமையாத அமினோ அமிலங்கள் தொகுக்கப்படுகின்றன. இவை புரத தொகுப்பிற்கும் முக்கியமான புரதமற்ற நைட்ரஜன் பொருட்களை தொகுப்பதற்கும் அமினோ அமிலங்களை வழங்குகின்றன. கல்லீரலில் அமினோ அமிலங்கள் சேமித்து வைக்க முடியாததால்

புரத தொகுத்தலின் போது அமினோ அமிலங்கள் இரத்தத்தில் இருந்து உறிஞ்சப்படுகின்றன.

4.3.2 அமினோ அமிலங்கள் சிதைவடைதல் (Catabolism of amino acids)

ஒவ்வொரு அமினோ அமிலமும் அதற்கே உரிய வளர்சிதை மாற்ற பாதையை பெற்றிருப்பினும், சில பொதுவான வேதி வினைகள் அனைத்து அமினோ அமிலங்களின் வளர்சிதை மாற்ற பாதைகளில் காணப்படுகின்றன. பெரும்பாலான அமினோ அமிலங்கள் அவற்றிலுள்ள நைட்ரஜன் அம்மோனியாவாக மாற்றி நீக்கப்பட்டு α-கீட்டோ அமிலங்களாக மாற்றப்படுகின்றன. உருவான அம்மோனியா உடனடியாக யூரியாவாக மாற்றப்படுகிறது. அல்லது மற்ற அமினோ அமிலங்களுக்கு மாற்றப்படுகிறது.

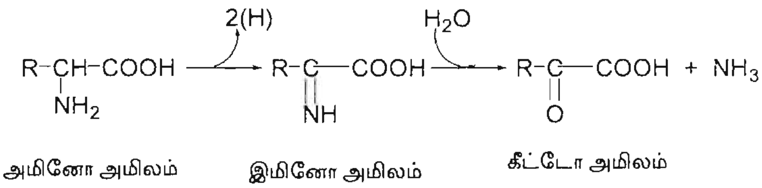
1. ஆக்ஸிஜனேற்ற அமினோ நீக்கம் (Oxidative deamination)

அமினோ நீக்கம் என்றால் அமினோ தொகுதியை அமினோ அமிலத்திலிருந்து நீக்குவதாகும். இந்த வழிமுறையில் அமினோ அமிலங்கள் இரண்டு ஹைட்ரஜன் அணுக்களை இழந்து (ஹைட்ரஜன் நீக்கம்) கீட்டோ அமிலங்கள் மற்றும் அம்மோனியாவை தருகின்றன.

ஆக்ஸிஜனேற்ற அமினோ நீக்கம் ஆக்ஸிஜனேற்றத்துடன் இணைந்தே நடைபெறுகிறது. கல்லீரல் மற்றும் சிறுநீரகம் பெற்றுள்ள தெரிவுத் தன்மைகொண்ட அமினோ அமில ஆக்ஸிஜனேற்ற நொதிகள் அல்லது குறிப்பாக டீஹைட்ரோஜினேஸ்கள் மூலம் ஆக்ஸிஜனேற்றம் நடைபெறுகிறது. ஆக்ஸிஜனேற்ற அமினோநீக்கம் இருபடிகளில் நடைபெறுகிறது.

முதல் படியில் அமினோ அமிலங்கள் ஆக்ஸிஜனேற்றமடைந்து (ஹைட்ரஜன் நீக்கம்) இமினோ

அமிலங்களாக மாற்றப்படுகின்றன. உருவாகும் இமினோ அமிலங்கள் இரண்டாவது படியில் நீராற் பகுப்பிற்கு உட்பட்டு கீட்டோ அமிலங்களாகவும் அம்மோனியாகவும் மாற்றப்படுகின்றன.



முதல் வினை அமினோ அமில ஆக்ஸிஜனேற்றி (டி ஹைட்ரோஜினேஸ்) நொதியால் நடைபெறுகிறது. துணைநொதி FAD அல்லது FMN ஹைட்ரஜனை ஏற்றுக் கொள்கிறது. அமினோ அமில ஆக்ஸிஜனேற்றிகள் தாம் செயல்படும் வினைபடு பொருள்களுக்கேற்ப (substrate) இரு வகைப்படும்.

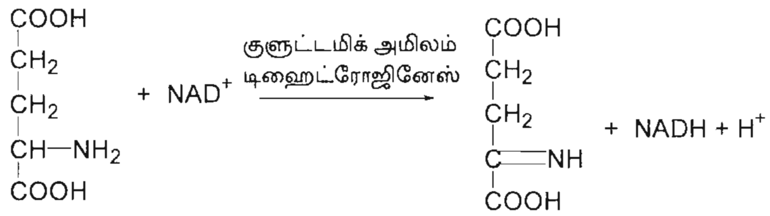
1. L-அமினோ அமில ஆக்ஸிஜனேற்றி இது L-அமினோ அமிலங்கள் மீது செயல்படுகிறது. (FMN துணை நொதியாக செயல்படுகிறது).

2. D-அமினோ அமில ஆக்ஸிஜனேற்றி இது D-அமினோ அமிலங்கள் மீது செயல்படுகிறது. (FAD துணை நொதியாக செயல்படுகிறது).

FMN துணைநொதி கல்லீரல் மற்றும் சிறுநீரகத்தில் மட்டும் காணப்படுகிறது. ஆனால் FAD துணைநொதி அனைத்து விலங்கு திசுக்களிலும் காணப்படுகிறது. ஆக்ஸிஜனேற்ற அமினோ நீக்கம் முக்கியமாக கல்லீரலில் நடைபெறுகிறது. ஆனால் சிறுநீரகம் மற்றும் மற்ற திசுக்களும் ஈடுபடுகின்றன.

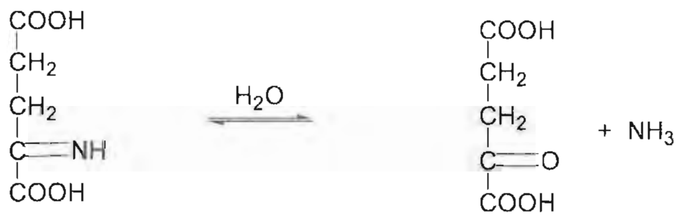
L- குளுட்டமிக் அமிலத்தின் ஆக்ஸிஜனேற்ற அமினோ நீக்கம் விதி விலக்கு. இங்கு Zn கொண்டுள்ள நொதி L- குளுட்டமிக்

அமில டீ ஹைட்ரோஜினேஸ் மட்டுமல்லாமல் துணை NAD^+ நொதி அல்லது $NADP^+$ தேவைப்படுகிறது.



L- குளுட்டமிக் அமிலம் α- இமினோ குளுட்டமிக் அமிலம்

NADH, NAD^+ ஆக எலக்ட்ரான் நகர்வு சங்கிலியில் ஆக்ஸிஜனேற்றமடைகிறது.



α- இமினோ குளுட்டமிக் அமிலம் α- கீட்டோ குளுட்டாரிக் அமிலம்

மேற்கண்ட வினை மீள் வினையாக இருப்பதால் அமினோ அமிலங்களின் சிதைவு (catabolism) மற்றும் உயிர் தொகுப்பு (bio-synthesis) ஆகிய இரண்டு செயல்களிலும் இவ்வினை நடைபெறுகிறது.

2. **அமினோ மாற்றம்** (Transamination)

ஒரு அமினோ அமிலத்தின் அமினோ தொகுதியை ஒரு கீட்டோ அமிலத்திற்கு மாற்றுவதால் புதிய அமினோ அமிலம் மற்றும் கீட்டோ அமிலம் உருவாகிறது. இச்செயல் அமினோ மாற்றம் எனப்படுகிறது. வேறுவகையில் ஒரு அமினோ அமிலத்தின் அமினோ நீக்கம் ஒரு கீட்டோ அமிலத்தின் அமினோ ஏற்றத்துடன் இணைந்தது.

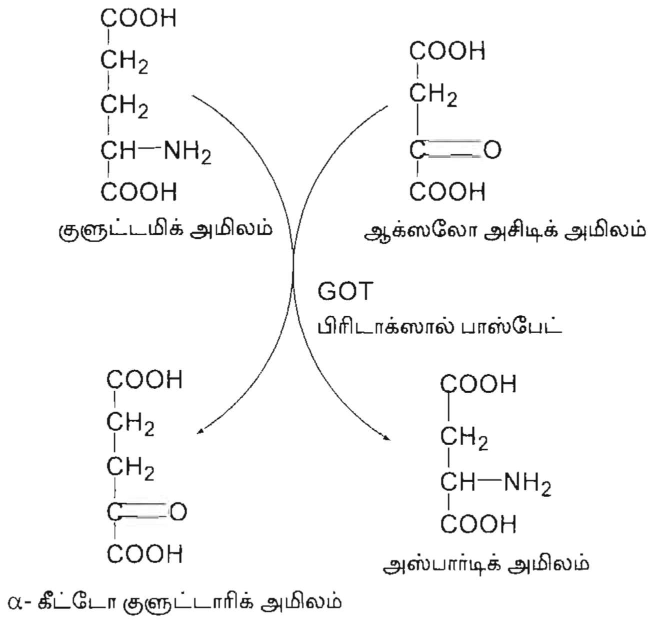
அமினோ மாற்ற நொதிகள் (Transaminases) அல்லது அமினோ டிரனான்ஸ்பெரேஸ்கள் என்ற நொதிகளின் செயல்களால் அமினோ மாற்ற வினை நடைபெறுகிறது. பிரிடாக்ஸால் பாஸ்பேட் (Pyridoxal phosphate)துணை நொதியாக செயல்படுகிறது. அமினோ மாற்ற வினைகளில் ஈடுபடும் இரண்டு செயல்திறன் மிக்க நொதிகள் திசுக்களில் உள்ளன. அவை

1. அஸ்பார்டேட் அமினோ டிரான்ஸ் பெரேஸ் (AST - Asparate aminotransferase). இது குளுட்டமேட் - ஆக்ஸலோ அசிடேட் அமினோ மாற்றி (GOT) எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

2. அலனின் அமினோடிரான்ஸ்பெரேஸ் (ALT - Alanine amino transferase) இது குளுட்டமேட் - பைருவேட் அமினோ மாற்றி (GPT) எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

1. AST

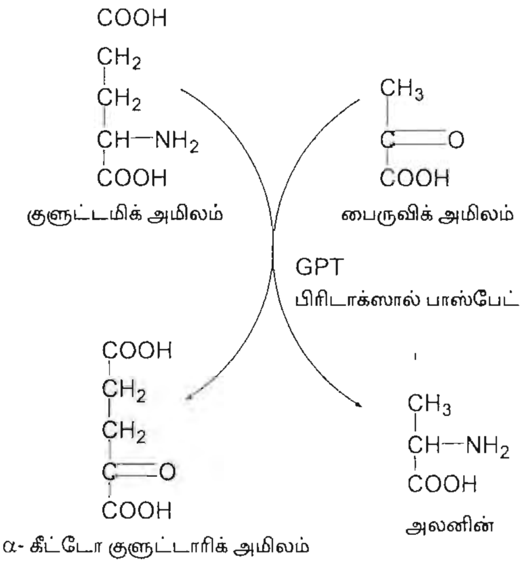
L - குளுட்டமேட் + ஆக்ஸலோ அசிடேட் $\xrightleftharpoons{\text{AST}}$ α-கீட்டோகுளுட்டரேட் + L - அஸ்பார்டேட்



2. ALT

இந்த நொதியின் மூலம் அமினோ தொகுதி குளுட்டமேட்டில் இருந்து பைருவேட்டிற்கு மாற்றப்படுகிறது. முடிவில் α-கீட்டோகுளுட்டாரிக் அமிலமும் அலனின் உருவாகிறது.

$$\text{L - குளுட்டமேட் + பைருவேட்} \underset{}{\overset{\text{ALT}}{\rightleftharpoons}} \text{α-கீட்டோகுளுட்டரேட் + L - அலனின்}$$

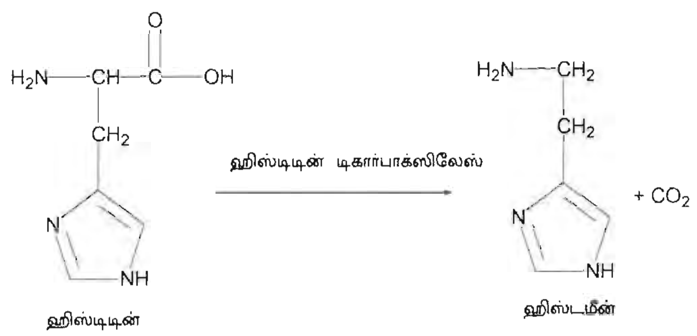


3. கார்பாக்ஸில் நீக்கம் (Decarboxylation)

அமினோ அமிலத்தின் கார்பாக்ஸில் தொகுதியில் இருந்து CO_2 நீக்கப்படுவது கார்பாக்ஸில் நீக்கம் எனப்படுகிறது. CO_2 நீக்குவதற்கு வினைவேக மாற்ற செயல்கொண்ட நொதிகளான கார்பாக்ஸில் நீக்கிகள் (டிகார்பாக்ஸிலேஸ்) மற்றும் பிரிடாக்ஸால் பாஸ்பேட் துணை நொதியும் தேவைப்படுகிறது. இந்த நொதிகள் அமினோ அமிலங்களின் மீது செயல்படும் போது அவற்றிற்கிணையான அமீன்கள் உண்டாகிறது உடன் CO_2 வெளியிடப்படுகிறது.

$$\underset{\text{அமினோ அமிலம்}}{R-\underset{NH_2}{\underset{|}{CH}}-COOH} \xrightarrow{\text{அமினோ அமில டிகார்பாக்ஸிலேஸ்}} \underset{\text{அமீன்}}{R-CH_2-NH_2} + CO_2$$

பல அமினோ அமில டிகார்பாக்ஸிலேஸ் நொதிகள் உடலின் பல்வேறு திசுக்களில் கல்லீரல், சிறுநீரகம், குடல், கணையம், நுரையீரல் மற்றும் மூளையில் காணப்படுகிறது. இவை அமினோ அமிலங்களை அவற்றிற்கு இணையான அமீன்களாக மாற்றுகின்றன. உதாரணமாக ஹிஸ்டிடின் அமினோ அமிலம், ஹிஸ்டிடின் டிகார்பாக்ஸிலேஸ் என்ற நொதியின் செயலால் ஹிஸ்டமீனாக மாற்றப்படுகிறது.



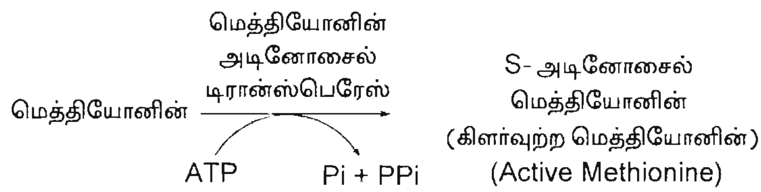
அமினோ அமிலம் டிரிப்டோபன் டிரிப்டமீனாகவும், தைரோஸின் தைரமீனாகவும் மாற்றப்படுகின்றன. இந்த அமீன்கள் உயிர் செயல் மிக்க அமீன்கள் (Biogenic amines) எனப்படுகின்றன. இவை உடற்கூறு முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவை.

4. **மெத்தில் மாற்றம்** (Transmethylation)

ஒரு சேர்மத்திலிருந்து மெத்தில் தொகுதி மற்றொரு சேர்மத்திற்கு மாற்றப்படுவது மெத்தில் மாற்றம் எனப்படும். இச்செயலில் ஈடுபடும் நொதிகள் மெத்தில் மாற்றிகள் (Transmethylases) எனப்படுகின்றன.

மெத்தில் தொகுதி மாற்றத்தில் பொதுவாக மெத்தியோனின் (மெத்தில் தொகுதியை கொண்டுள்ள அமினோ அமிலம்) ஈடுபடுகிறது. இந்த மெத்தில் தொகுதி மாற்றத்தின் மூலமாக பல்வேறு முக்கியமான உடலில் செயல்திறன் மிக்க சேர்மங்களான எபினெப்ரின், கிரியாடின், தையமின் மற்றும் கோலின் போன்ற சேர்மங்கள் தொகுக்கப்படுகின்றன. நச்சுத் தன்மையுள்ள சில சேர்மங்கள் இந்த மாற்றத்தின் மூலம் நச்சுத் தன்மையற்ற சேர்மங்களாக மாற்றப்படுகின்றன. உதாரணமாக நிக்கோடினிக் அமிலம் (நச்சுத்தன்மை கொண்டது) மெத்தியோனினால் நச்சுத் தன்மையற்ற மெத்தில் பெறுதியான N-மெத்தில் நிக்கோடினமைடாக மாற்றப்படுகிறது.

மெத்தியோனின் தான் முதன்மை மெத்தில் தொகுதி வழங்கியாக (Methyl group donor) உள்ளது. மெத்தியோனின் ATPயால் கிளர்வுற செய்யப்பட வேண்டும். இதற்கு கல்லீரலில் உள்ள மெத்தியோனினை கிளர்வுற செய்யும் நொதியான மெத்தியோனின் அடினோசைல் டிரான்ஸ்பெரேஸ் தேவைப்படுகிறது.



உருவான கிளர்வுற்ற மெத்தியோனின் S-அனோசைல் மெத்தியோனின் என அழைக்கப்படுகிறது. ATP-அதன் அடினோசைன் தொகுதியை மெத்தியோனினுக்கு மாற்றுகிறது மற்றும் மூன்று மூலக்கூறுகள் பாஸ்பேட் தொகுதிகளை ஒன்றை ஆர்த்தோ பாஸ்பேட்டாகவும் (Pi) மற்ற இரண்டை பைரோபாஸ்பேட்டாகவும் (PPi) இழக்கிறது.

கிளர்வுற்ற மெத்தியோனின் + நார் எபினெப்ரின் ⟶ எபினெப்ரின்
கிளர்வுற்ற மெத்தியோனின்+ நிக்கோடினமைடு ⟶ N -மெத்தில் நிக்கோடினமைடு
கிளர்வுற்ற மெத்தியோனின்+ யுராசில் ⟶ தையமின்
கிளர்வுற்ற மெத்தியோனின்+ குவானிடோ அசிடேட் ⟶ கிரியாடின்
(மெத்தில் தொகுதி வழங்கி) (மெத்தில் தொகுதி ஏற்பி)

கிளர்வுற்ற மெத்தியோனின் அதிக ஆற்றல் கொண்ட S-மெத்தில் பிணைப்பை பெற்றுள்ளது. அதனால் மெத்தில் தொகுதி எளிதில் இடம்பெயர்ந்து மெத்தில் தொகுதி ஏற்பிக்கு மாற்றப்படுகிறது.

5. அமினோ அமிலங்களின் கார்பன் பகுதி சிதைவடைதல் (Catabolism of the carbon skeleton of amino acids)

அமினோ அமிலங்கள் அமினோ நீக்கத்திற்கு பின் கிடைக்கும் கார்பன் பகுதி α-கீட்டோ அமிலங்கள் ஆகும். இவை கீழ்க்கண்ட பாதை ஏதேனும் ஒன்றில் ஈடுபடலாம்.

i. அமினோ அமிலங்கள் தொகுத்தல்

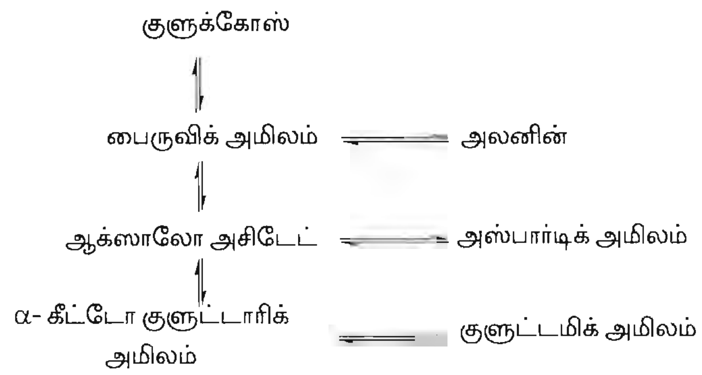
இவை டிரான்ஸ்டிஅமினேஷனுக்கு (Transdeamination) எதிராக ஒடுக்க முறையில் அமினோ ஏற்றம் செய்யப்படும் அல்லது அமினோ மாற்றவினைக்கு உட்பட்டு மீண்டும் பழைய அமினோ அமிலமாக மாற்றப்படலாம்.

ii. குளுக்கோஜெனிக் பாதை (Glucogenic pathway)

சில அமினோ அமிலங்களின் கீட்டோ அமிலங்கள் கார்போஹைட்ரேட் வளர்சிதை மாற்றத்தின் இடைநிலை பொருட்களான α-கீட்டோ குளுட்டரேட், ஆக்ஸலோ அசிடேட், பைருவேட் மற்றும் சக்சினைல் CoA அல்லது சக்சினைல் துணை

நொதி Aவாகவும் மாற்றப்படுகிறது. எனவே இவை குளுக்கோஸாகவும் கிளைக்கோஜனாகவும் மாற்ற முடியும். இத்தகைய அமினோ அமிலங்கள் குளுக்கோஜெனிக் அமினோ அமிலங்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன.

மூன்று முக்கிய குளுக்கோஜெனிக் அமினோ அமிலங்களின் பாதை கீழேகாட்டப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு அமினோ அமிலங்களின் வழி வேறுபட்டாலும் அவை பைருவேட்டாக மாறும் நிலையில் ஒன்று சேர்கின்றன.



விலங்கு புரதங்களில் 50 சதவீதத்திற்கும் மேலாக குளுக்கோஜெனிக் அமினோ அமிலங்கள் உள்ளன. குளுக்கோஜெனிக் அமினோ அமிலங்களின் கீட்டோ அமிலங்கள் கார்போஹைட்ரேட் வளர்சிதை மாற்ற இடைநிலை பொருட்களாக மாற்றமடைவது குளுக்கோநியோஜெனிஸிஸ் எனப்படுகிறது.

iii. கீட்டோஜெனிக் பாதை (Ketogenic pathway)

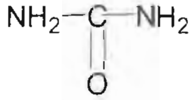
சில அமினோ அமிலங்கள் அமினோ நீக்கம் செய்யப்பட்டு கிடைக்கும் கீட்டோ அமிலங்கள் கார்போஹைட்ரேட்டுகளை விட கொழுப்புடன் நெருங்கிய தொடர்பை கொண்டுள்ளன. அவை

அசிடைல் துணை நொதி A (அசிடைல் CoA) அல்லது அசிடோ அசிடைல் துணை நொதி A (கீட்டோன் உடலங்கள் - Ketone bodies) போன்ற சேர்மங்களை உருவாக்குகின்றன. மேற்கண்ட சேர்மங்கள் கொழுப்பு அமில வளர்சிதை மாற்றத்தின் இடைநிலை பொருட்களாகும். குளுக்கோஸ் வளர்சிதை மாற்ற பொருட்கள் இல்லை. எனவே இத்தகைய அமினோ அமிலங்கள் கீட்டோஜெனிக் அமினோ அமிலங்கள் எனப்படுகின்றன.

கீட்டோஜெனிக் அமினோ அமிலங்கள் குறைந்தளவே காணப்படுகின்றன. இவை சிறப்பு வாய்ந்த கூட்டு பாதைகளில் ஈடுபடுகின்றன. உதாரணமாக லியூசின், ஐசோலியூசின், பினைல் அலனின் மற்றும் தைரோஸின் ஆகும். இவற்றில் லியூசின் தூய கீட்டோஜெனிக் அமினோ அமிலம் மாறாக மற்ற மூன்று அமினோ அமிலங்கள் குளுக்கோஜெனிக் மற்றும் கீட்டோஜெனிக் அமினோ அமிலங்களாக உள்ளன.

4.4 யூரியா சுழற்சி

உயிரினங்கள் அமினோ அமிலங்களின் வளர்சிதை மாற்றத்தால் உருவாகும் அதிகப்படியான நைட்ரஜனை கீழ்கண்ட மூன்று முறைகளில் ஏதேனும் ஒரு முறையில் வெளியேற்றுகிறது. நீரின் அளவு குறைவாக உள்ள இடத்தில் அம்மோனியா குறைந்த நச்சுத் தன்மை கொண்ட யூரியாவாக மாற்றப்பட்டு வெளியேற்றப்படுகிறது. இச்செயலுக்கு குறைந்தளவு நீரே போதுமானது. பெரும்பாலான முதுகெலும்புள்ளவைகள் யூரியாவை வெளியேற்றுகின்றன. பறவைகளும் பாலைவன விலங்குகள் யூரிக் அமிலத்தை வெளியேற்றுகின்றன.



யூரியா

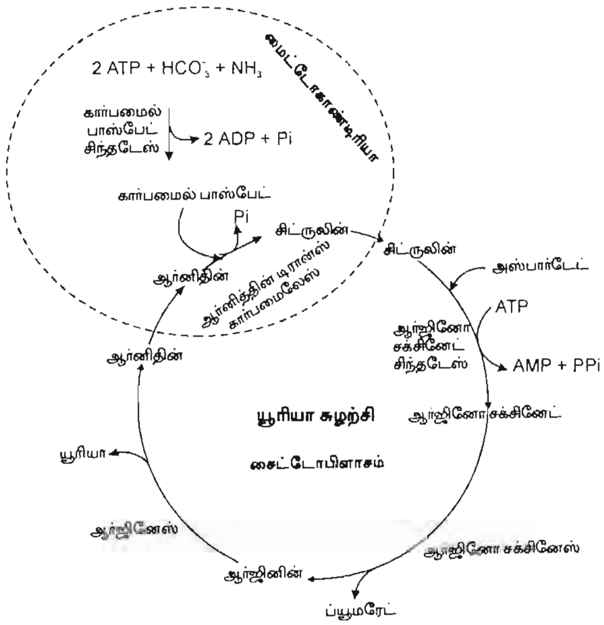
இதன் அடிப்படையில் உயிரனங்கள் கீழ்க்கண்டவாறு வகைப்படுத்தப்படுகின்றன.

உயிரினங்கள்	வெளியேற்றும் பொருட்கள்
அம்மோனோடெலிக் (ammonotelism)	அம்மோனியா
யூரோடெலிக் (urotelism)	யூரியா
யூரிகோடெலிக் (uricotelism)	யூரிக் அமிலம்

நீரின் அளவு குறையும் போது சில விலங்குகள் அம்மோனோடெலிசத்திலிருந்து யூரோடெலிசம் அல்லது யூரிகோடெலிசத்திற்கு மாற்றமடைகிறது.

யூரியா சுழற்சி நொதிகளால், யூரியா கல்லீரலில் தொகுக்கப்பட்டு பின்னர் இரத்தத்தில் கலக்கப்படுகிறது. இரத்தத்தில் இருந்து யூரியா சிறுநீரகத்தால் சிறுநீரில் வெளியேற்றப்படுகிறது.

ஹேன்ஸ் கிரெப் மற்றும் கர்ட் ஹென்ஸிலைட் (Hans Krebs and Kurt Henseleit) என்பவர்கள் தான் யூரியா சுழற்சி வினைகளை கண்டறிந்தார்கள். இந்த சுழற்சி ஆர்னிதின் என்ற அமினோ அமிலத்துடன் தொடங்குகிறது. கல்லீரல் செல்களில் மைட்டோகாண்டிரியா மற்றும் சைட்டோபிளாச பகுதிகளில் இச்சுழற்சி நடைபெறுகிறது. சுழற்சியின் இறுதிபடிக்கு தேவைப்படும் நொதி ஆர்ஜினேஸ் கல்லீரலில் மட்டும் காணப்படுகிறது. மற்ற அனைத்து திசுக்களிலும் காணப்படுவதில்லை.



படம் 4.8 யூரியா சுழற்சி

யூரியா சுழற்சி பகுதியளவு மைட்டோகாண்டிரியாவிலும் பகுதி அளவு சைட்டோபிளாசத்திலும் நடைபெறுகிறது. தெரிவுத்தன்மைக் கொண்ட அமைப்புகளால் ஆர்னிதின் மற்றும் சிட்ருலின் மைட்டோகாண்டிரியாவின் சவ்வின் வழியே நகர்த்தப்படுகிறது. யூரியா உருவாதலின் பல்வேறு வினைகள் பின்வருமாறு:

1. கார்பமைல் பாஸ்பேட் உருவாதல்

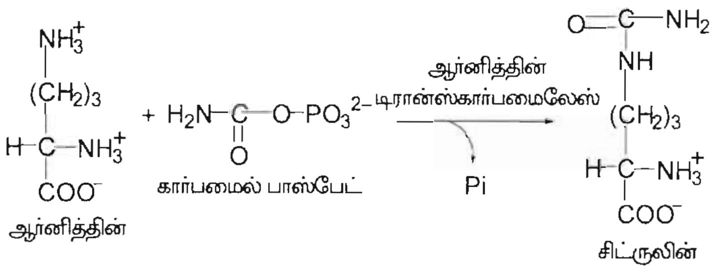
கார்பமைல் பாஸ்பேட் சிந்தடேஸ் என்ற நொதியினால் குறுக்கமடைதல் மற்றும் கிளர்வுறப்பட்டு NH_4^+ மற்றும் HCO_3^- இணைந்து கார்பமைல் பாஸ்பேட் உருவாகிறது.

$$2\,ATP + HCO_3^- + NH_3 \xrightarrow[\text{சிந்தடேஸ்}]{\text{கார்பமைல் பாஸ்பேட்}} H_2N{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}{-}O{-}PO_3^{2-} + 2ADP + Pi$$

கார்பமைல் பாஸ்பேட்

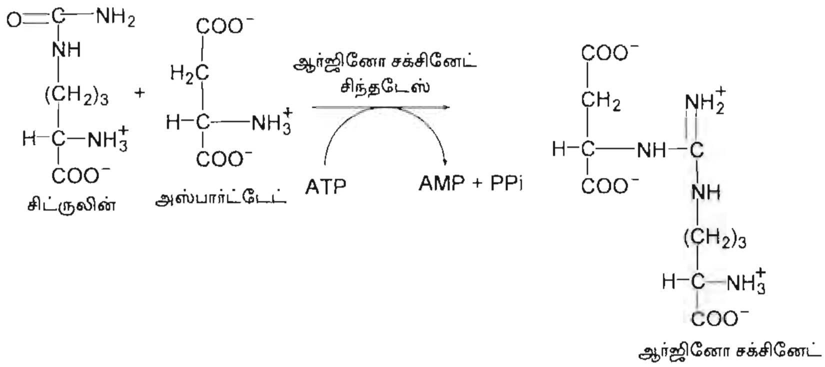
2. ஆர்னிதினிலிருந்து சிட்ருலின் உருவாதல்

ஆர்னிதின் டிரான்ஸ் கார்பமைலேஸ் என்ற நொதி கார்பமைல் தொகுதியை கார்பமைல் பாஸ்பேட்டில் இருந்து ஆர்னிதினுக்கு மாற்றுவதால் சிட்ருலின் உருவாகிறது.



இவ்வினை மைட்டோகாண்டிரியாவில் நடைபெறுகிறது. சைட்டோபிளாசத்தில் உருவாகும் ஆர்னிதின் தெரிவுத் தன்மை கொண்ட நகர்வு அமைப்புகளால் (Specific transport system) மைட்டோகாண்டிரியாவிற்குள் செல்ல வேண்டும். இது போலவே சுழற்சியில் மீதமுள்ள வினைகள் சைட்டோபிளாசத்தில் நடைபெறுவதால் மைட்டோகாண்டிரியாவில் உருவாகும் சிட்ருலின் சைட்டோபிளாசத்தை வந்தடைய வேண்டும்.

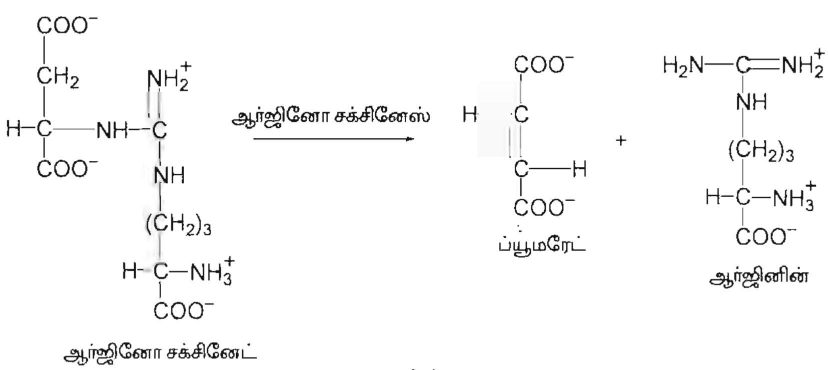
3. ஆர்ஜினோசக்சினேட் உருவாதல்



சிட்ருலின் அஸ்பர்டேட்டில் உள்ள அமினோ தொகுதியுடன் குறுக்கமடைந்து ஆர்ஜினோசக்சினேட்டாக மாறுகிறது. இவ்வினைக்கு ATP, Mg^{2+} மற்றும் ஆர்ஜினோ சக்சினேட் சிந்தேஸ் நொதி தேவைப்படுகிறது.

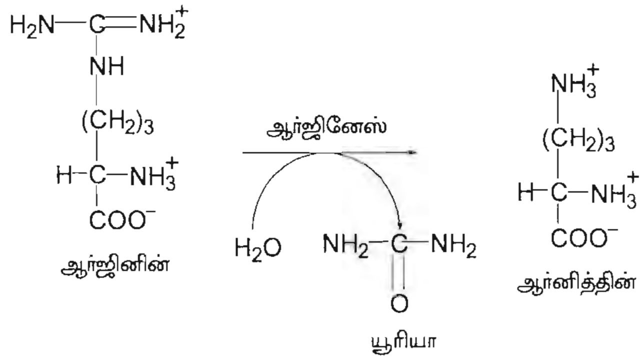
4. ஆர்ஜினின் மற்றும் ப்யூமரேட் உருவாதல்

ஆர்ஜினோசக்சினேஸ் என்ற நொதி ஆர்ஜினினை அஸ்பர்டேட் கார்பன் பகுதியில் இருந்து வெளியேற்றுகிறது. மேலும் ப்யூமரேட் உருவாகிறது.



5. யூரியா உருவாதல்

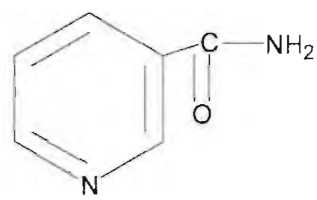
ஆர்ஜினேஸ் நொதி ஆர்ஜினின் மீது செயல்பட்டு யூரியாவை வெளியிடுகிறது. இந்த வினையில் ஆர்னிதின் மீண்டும் உருவாகிறது. இதுவே யூரியா சுழற்சியின் ஐந்தாவது மற்றும் இறுதி வினையாகும்.



உருவான ஆர்னிதின் மைட்டோகாண்டிரியாவிற்குள் சென்று யூரியா சுழற்சியில் மீண்டும் ஈடுபடுகிறது.

4.5 | ¯ õ] ß E ¸ Á õUP® (Formation of Niacin)

நியாசின் என்பது பிரிடின் 3-கார்பாக்ஸிலிக் அமிலம் ஆகும். நிக்கோடினமைடு அல்லது நியாசினமைடு என்பது நிக்கோனிடினிக் அமிலத்தின் அமைடாகும்.



நிக்கோடினமைடு

நிக்கோடினமைடு நிக்கோடினில் இருந்து ஆக்ஸிஜனேற்றம் மூலம் தயாரிக்கப்படுகிறது. திசுக்களில் நியாசின், நிக்கோடினமைடு என்ற செயல் மிக்க அமைப்பில் உள்ளது. NAD^+ மற்றும் $NADP^+$ இவை நிக்கோடினமைடின் செயல்மிக்க கூறுகளாகும்.

இன்றியமையாத அமினோ அமிலமான டிரிப்டோபனில் இருந்து நியாசின் தொகுக்கப்படுகிறது. டிரிப்டோபன் அல்லது டிரிப்டோபன் அதிகளவு கொண்டுள்ள புரதத்தை உட்கொள்ளும் போது அதிக அளவு நியாசின் வளர்சிதை மாற்ற பொருட்கள் வெளியேற்றப்படுகிறது. டிரிப்டோபன் குறைந்த அளவுள்ள உணவு உட்கொள்ளும் போது உடலில் நியாசின் குறைபாடு ஏற்படுகிறது.

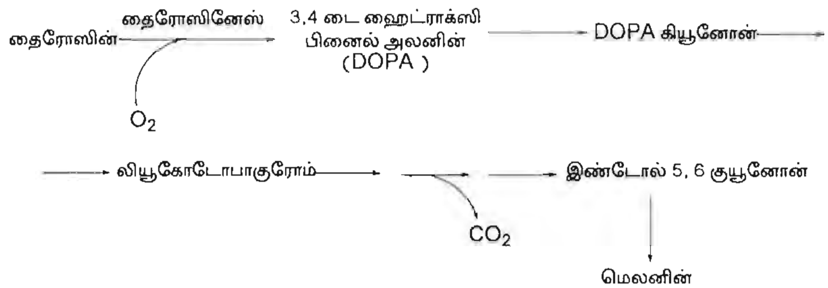
கல்லீரலில் டிரிப்டோபன் நியாசினாக மாறுவதை ஹயாய்ஷி மற்றும் மற்றவர்களால் கீழ்கண்டவாறு விளக்கப்பட்டது.

டிரிப்டோபன் → கைனுரைனின் → 3-ஹைட்ராக்ஸி கைனுரைனின்
→ 3-ஹைட்ராக்ஸி ஆந்தரனிலிக் அமிலம் → 2, அக்ரோலைல் 3-அமினோ ப்யூமாரிக் அமிலம்
↓
கியூனோலிக் அமிலம்
↓
↓
நிக்கோடினிக் அமிலம்
(நியாசின்)

4.6 மெலனின் உருவாக்கம் (Formation of Melanin)

சருமம் மற்றும் முடியில் உள்ள நிறமி மெலனின் ஆகும். தைரோஸினிலிருந்து டை ஹைட்ராக்ஸி பினைல் அலனின்

(DOPA) மூலம் மெலனின் உருவாகிறது. இது ஒரு கூட்டு சேர்மமாகும்.



விலங்குகள், தாவரங்கள் மற்றும் சில பாக்டீரியாக்களில் (B.நைகர்) தைரோஸினில் இருந்து மெலனின் உருவாதல் பாலிபீனால் ஆக்ஸிடேஸ்கள் அல்லது தைரோஸினேஸ் என்ற நொதிகளின் செயலால் நடைபெறுகிறது. தைரோஸினேஸ் காப்பரைக் கொண்டுள்ள கலப்பு செயல் ஆக்ஸிஜனேற்ற நொதியாகும். இந்நொதியே மேற்கண்ட செயலுக்குரிய முக்கிய நொதியாகும்.

தைரோஸினிலிருந்து மெலனின் டோபா (DOPA) மூலமாக உருவாகும் போது, ஆர்த்தோ மற்றும் பாரா தொகுதிகளைக் கொண்டுள்ள பாலி ஹைட்ராக்ஸி பினைல் மற்றும் அமினோ பினைல் சேர்மங்கள் ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடைந்து நிறமுள்ள பலபடிகளாக மாறுகின்றன. மெலனின் வகை, அது உருவான சேர்மங்களில் இருந்து காணப்படுகிறது. ஆகவே நம் உடலில் டோபா - மெலனின், அட்ரினலின் - மெலனின், ஹோமோஜென்டிஸிக் அமில-மெலனின், பாராபினைலீன் டை அமீன் - மெலனின் போன்றவற்றை பெற்றிருக்கலாம்.

மெலனின் ஆக்ஸிஜனேற்ற - ஆக்ஸிஜன் ஒடுக்க அமைப்புகளை பெற்றுள்ளது. ஆக்ஸிஜனேற்ற அமைப்பு செம்பழுப்பு (Tan) நிறத்தையும் ஒடுக்க அமைப்பு கருப்பு

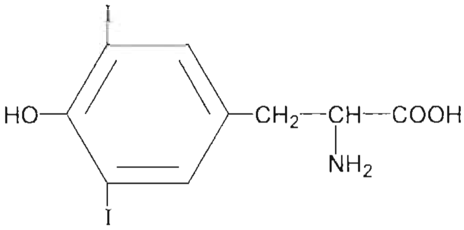
நிறத்தையும் பெற்றுள்ளது. மெலனின் திசுக்களில் படிவாக இல்லாமல் சீரான கோளங்களாக காணப்படுகிறது. நிறமிகளை உருவாக்கும் செல்களான மெலனோசைட்டில் மெலனின் உருவாகிறது. அட்ரீனல் கார்டிகல் ஹார்மோன் குறிப்பாக பிட்யூட்டரி ஹார்மோன்கள் மெலனின் உருவாக்கத்தை தூண்டுகிறது.

4.7 தைராய்டு ஹார்மோன் உருவாக்கம் (Formation of Thyroid hormone)

தைராய்டு சுரப்பி கழுத்தின் முற்பகுதியில் காணப்படும் இரு மடிப்புகளை கொண்ட உறுப்பாகும். பொதுவாக சாதாரண பெரியவர்களுக்கு 20-25 கிராம் எடையை பெற்றிருக்கும். தைராக்ஸின் ஹார்மோன் தைராய்டு சுரப்பியிலிருந்து சுரக்கப்படுகிறது. தைராக்ஸின், தைராய்டு பாலிக்களில் உள்ள கூழ்மங்களில் சேமித்து வைக்கப்படுகிறது. இது ஒரு வகையான கிளைகோ புரதம் ஆகும். இது தைரோகுளோபுலின் என அழைக்கப்படுகிறது.

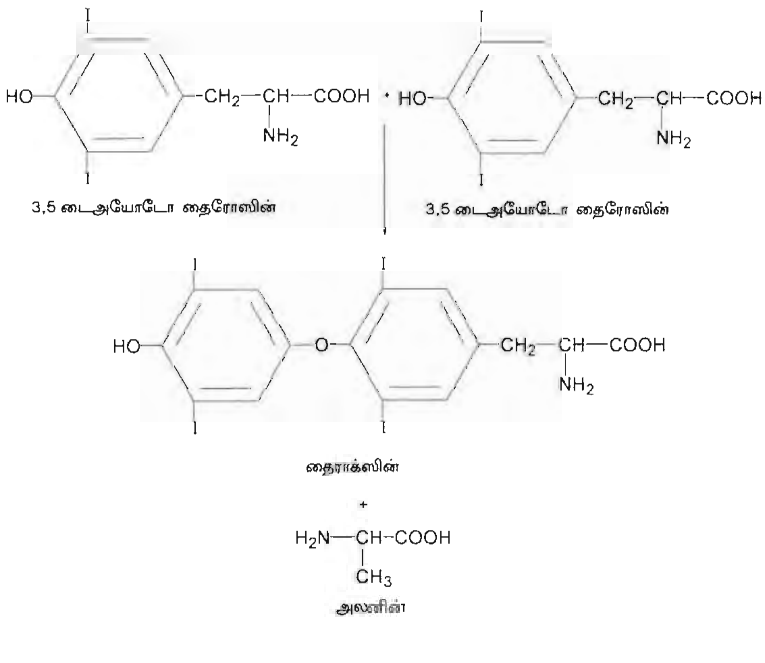
தைரோகுளோபுலினை நீராற் பகுப்படைந்து மோனோஅயோடோ தைரோஸின், டை அயோடோ தைரோஸின், ட்ரை அயோடோ தைரோஸின் மற்றும் தைராக்ஸின் கிடைக்கிறது. இவற்றில் ட்ரைஅயோடோ தைரோஸின் தைராக்ஸினை விட அதிக உயிரியல் செயல்திறனைப் பெற்றுள்ளது.

தைரோஸின் அமினோ அமிலத்தில் இருந்து தைராய்டு சுரப்பியால் தைராக்ஸின் சுரக்கப்படுகிறது. முதலில் கனிம அயோடைடு கரிம அயோடைடாக ஆக்ஸிஜனேற்றம் ($2I \longrightarrow I_2$) அடைகிறது. தைரோசிஸின் மூன்றாவது இடத்தில் அயோடினேற்றம் செய்யப்படுவதால் 3 - மோனோ அயோடோ தைரோஸின் கிடைக்கிறது. அடுத்த அயோடினேற்றம் 5 இடத்தில் செய்யப்பட்டு 3,5 டை அயோடோ தைராஸினாக மாற்றப்படுகிறது.



3,5 டைஅயோடோ தைரோஸின்

இரண்டு மூலக்கூறுகள் டைஅயோடோதைராஸின் இணைந்து டெட்ரா அயோடோ தைரோசினை தருகிறது. இதுவே தைராக்ஸின் எனப்படுகிறது. இவ்வினையில் அலனின் வெளியிடப்படுகிறது.



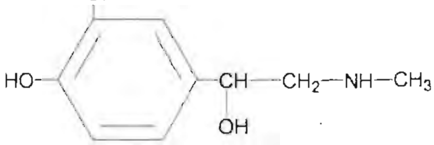
தைராக்ஸின் ஹார்மோன் உருவாக்கம் தைராய்டு தூண்டுவிக்கும் ஹார்மோனால் (TSH) ஊக்குவிக்கப்படுகிறது. எதிர் தைராய்டு மருந்துகளான தயோகர்பமைடு மற்றும் அமினோ பென்சீன் போன்றவற்றால் தைராக்ஸின் சுரத்தல் தடுக்கப்படுகிறது.

தைராய்டு சுரப்பி இரத்த சுற்றோட்டத்தில் உள்ள அயோடினை எடுத்துக் கொண்டு தேவையான போது தைராக்ஸின் மற்றும் அதன் முன்னோடி சேர்மங்களை உருவாக்கும் திறனை கொண்டுள்ளது. தைராய்டு தூண்டும் ஹார்மோனின் தூண்டுதலால், தேவைக்கேற்ப தைராக்ஸின் மற்றும் அதன் அயோடினேற்றம் பெற்ற பெறுதிகள் தைரோகுளோபுலினிலிருந்து புரோட்டியோலைடிக் நொதியின் செயலால் நீராற்பகுப்பின் மூலம் பெறப்படுகிறது.

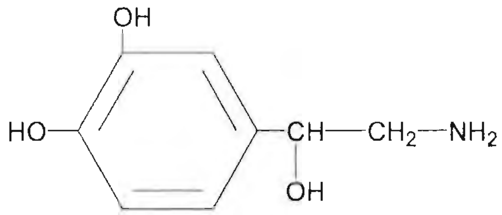
4.8 கேட்டகாலமீன்கள் உருவாக்கம் (Formation of catecholamines)

மனித உடலில் சிறுநீரகத்திற்கு மேற்பகுதியில் அட்ரீனல் சுரப்பிகள் அமைந்துள்ளன. இதன் அளவு சராசரியாக 45 x 26 x 6 மிமீ ஆகும். மேலும் ஒவ்வொன்றின் எடை சுமார் 10கி இருக்கும். அட்ரீனல் சுரப்பி இரண்டு பகுதிகளை கொண்டது. அவை முறையே மெடுல்லா மற்றும் கார்டெக்ஸ்.

கேட்டகாலமீன்கள் அட்ரீனல் சுரப்பியின் மெடுல்லா பகுதியில் இருந்து சுரக்கப்படுகின்றன.



எபினெப்ரின் (அட்ரீனலின்) Epinephrine

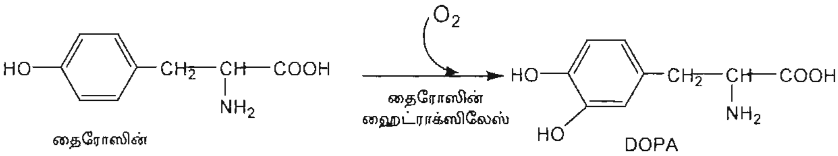


நார் எபினெப்ரின் (அர்டிரீனல்) Nor epinephrine

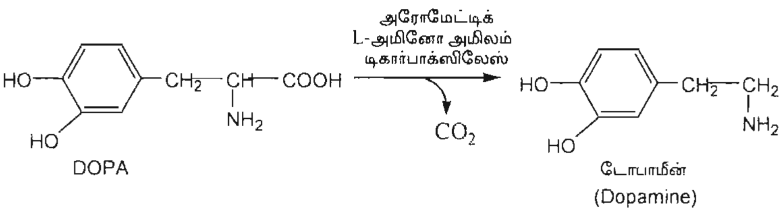
இந்த இரண்டு ஹார்மோன்களும் கேட்டகாலமீன் வகையை சார்ந்த கரிமச் சேர்மங்களாகும். இவை வளர்சிதை மாற்றம் மற்றும் உடற்கூறு செயல்களை கட்டுப்படுத்தும் தீவிர தன்மையை பெற்றுள்ளன. எபினெப்ரின் கார்போஹைட்ரேட் வளர்சிதை மாற்றத்தை கட்டுப்படுத்துகிறது. இது கல்லீரல் மற்றும் தசைப்பகுதியில் கிளைக்கோஜீனோலைஸிஸ், ஹைப்பர் கிளைஸிமியா, குளுக்கேஸுரியா போன்ற விளைவுகளை உண்டாக்குகிறது. இந்த ஹார்மோன் ஆக்ஸிஜன் உட்கொள்ளுதலை அதிகரிக்கிறது. தைராக்ஸின் செயலை விட இது அதிக செயல்திறன் மிக்கது. நார்எபினெப்ரின் இரத்த குழாய்களில் தடையை அதிகரிப்பதன் மூலம் இரத்த அழுத்தத்தை அதிகரிக்கிறது. கார்போஹைட்ரேட் வளர்சிதை மாற்றத்தின் மீது குறைந்த விளைவை பெற்றுள்ளது.

தைரோஸின் நார்எபிநெப்ரின் மற்றும் எபிநெப்ரினாக மாற்றப்படுகிறது.

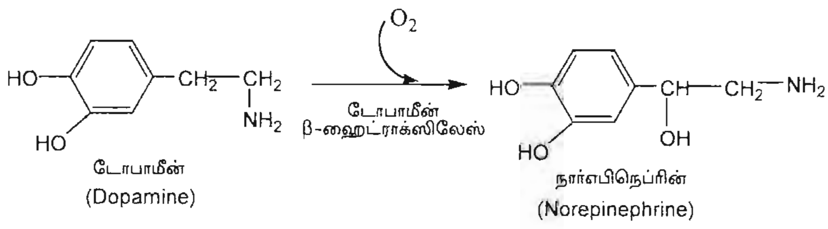
1. ஒரு தெரிவுத் தன்மை கொண்ட நொதியால் தைரோஸின் முதலில் ஹைட்ராக்ஸிலேற்றம் செய்யப்பட்டு 3, 4 டை ஹைட்ராக்ஸி பினைல் அலனைனாக (DOPA) மாற்றப்படுகிறது. DOPA மெலனின் மற்றும் எபினெப்ரின் தொகுத்தலில் ஒரு பொதுவான இடைநிலை பொருளாக உள்ளது.



2. டீகார்பாக்ஸிலேஸ் நொதியால் பிரிடாக்ஸால் பாஸ்பேட் முன்னிலையில் DOPA கார்பாக்ஸில் நீக்கம் செய்யப்பட்டு டோபமீனாக மாற்றப்படுகிறது.

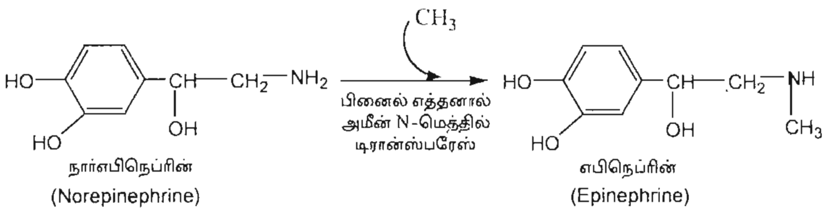


3. அடுத்து டோபமீன் ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடைவதால் நார் எபினெப்ரின் கிடைக்கிறது. இவ்வினை டோபமீன் ஹைட்ராக்ஸிலேஸ் என்ற நொதியால் அஸ்கார்பிக் அமிலத்தின் முன்னிலையில் நடைபெறுகிறது.



4. மெடுல்லா பகுதியில் நார் எபினைப்ரினை மெத்திலேற்றம் செய்வதால் எபினெப்ரின் கிடைக்கிறது. S-அடினோசைல்

மெத்தியோனில் இருந்து மெத்தில் தொகுதி பெறப்படுகிறது.



பயிற்சிகள்

I. சரியான விடையை தேர்ந்தெடு.

1. கீழ்கண்டவற்றில் மெத்தியோனினுக்கான கோடான்

   அ.GUC ஆ. AUG இ. CGA ஈ. CGU

2. புரத தொகுத்தலுக்கு அமினோ அமிலத்தை எடுத்து செல்வது

   அ. mRNA ஆ. rRNA

   இ. tRNA ஈ. mRNA மற்றும் tRNA இரண்டும்

3. இதிலிருந்து யூரிய உருவாக்கப்படுகிறது.

   அ. சிட்ருலின் ஆ. ஆர்ஜினோ சக்சினேட்

   இ. ஆர்ஜினின் ஈ. ஆர்னிதின்

4. கார்பமைல் பாஸ்பேட் சிந்தடேஸ் நொதியை பெற்றிருப்பது

   அ. மைட்டோகாண்டிரியா ஆ. சைட்டோபிளாசம்

   இ. உட்கரு ஈ. செல் சவ்வு

5. உடலில் கீழ்க்கண்டவற்றில் எதிலிருந்து நியாசின் தொகுக்கப்படுகிறது.

   அ. பினைல் அலனின் ஆ. தைரோஸின்

   இ. லைசின் ஈ. டிரிப்டோபன்

6. GPT க்கு தேவைபடும் துணை காரணி

அ. NADH ஆ. NADPH இ. பிரிடாக்ஸால் பாஸ்பேட்

ஈ. FAD

II. கோடிட்ட இடத்தை நிரப்புக.

1. படி எடுத்தல் (Transcription) -------------- நொதியால் நடைபெறுகிறது.
2. புரத தொகுப்பு ------------ எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.
3. 30S மற்றும் 50S ரிபோசோம் அலகுகள் இணைவதால் கிடைப்பது ------------------
4. டிரான்ஸ்லொகேஷன் ----------------- நொதியால் நடைபெறுகிறது.
5. நிறுத்த கோடான்கள் mRNA ----------- முனையில் பெற்றுள்ளது.
6. யுராசிலை டிரான்ஸ்மெத்திலேற்றம் செய்வதால் ------------ கிடைக்கிறது.
7. -------------- ஆல் தைராக்ஸின் தொகுத்தல் தூண்டப்படுகிறது.
8. சருமம் மற்றும் முடியில் உள்ள நிறமி ----------------.
9. அமினோ அமிலங்களை அமினோ நீக்கம் செய்வதால் கிடைப்பது -------------

III. சரியா? தவறா?

1. DNAவில் இருந்து RNAதொகுக்கப்படுவது படியெடுத்தல் எனப்படுகிறது.

2. mRNA எதிர்கோடானை கொண்டுள்ளது.

3. ரிபோசோம் 5'ல் இருந்து 3' முனையை நோக்கி நகருகிறது.

4. பாலி பெப்டைடு சங்கிலி நீட்டப்படுதல் நீளக் காரணிகளால் நடைபெறுகிறது.

5. ALT, GOT எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

6. பெப்டிடைல் டிரான்ஸ்பெரேஸ் நொதியை ரிபோசோம் 30S துணை அலகு பெற்றுள்ளது.

7. லியூசின் தூய கீட்டோஜெனிக் அமினோ அமிலமாகும்.

8. எபினெப்ரின் அட்ரீனலின் எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

IV. பொருத்துக.

1.	mRNA	-	யூரியா சுழற்சி
2.	tRNA	-	தொடக்க கூட்டுச் சேர்மம்
3.	ஹிஸ்டிடின்	-	எபினெப்ரின்
4.	ஆர்னிதின்	-	செயல்மிக்க மெத்தியோனின்
5.	டோபா (DOPA)	-	எதிர்கோடான்
6.	தைராய்டு சுரப்பி	-	mRNA வின் 3' முனை
7.	மெத்தில் மாற்றம்	-	ஹிஸ்டமின்
8.	நிறுத்தக் கோடான்	-	கோடான்
9.	GTP	-	தைராக்ஸின்

V. கீழ்கண்டவற்றிற்கு சுருக்கமாக விடையளி.

1. அமினோ அமிலத்தை கிளர்வுற செய்தலை விளக்குக.

2. பாலி பெப்டைடு சங்கிலி நீளப்படுதல் என்றால் என்ன?

3. மொழிப்பெயர்த்தலுக்கு பின் மாற்றங்கள் என்றால் என்ன?

4. சில உயிர் செயல்மிக்க அமீன்களின் பெயர்களை குறிப்பிடுக.

5. மெத்தியோனின் எவ்வாறு கிளர்வுற்ற மெத்தியோனினாக மாற்றப்படுகிறது?

6. தைரோஸிலிருந்து மெலனின் எவ்வாறு தொகுக்கப்படுகிறது.

7. தைராக்ஸின் அமைப்பை எழுதுக.

8. கீட்டோஜெனிக் அமினோ அமிலங்கள் என்றால் என்ன?

9. நியாசின் எவ்வாறு உருவாக்கப்படுகிறது?

VI. கீழ்கண்டவற்றிற்கு விடையளி.

1. மொழிப்பெயர்த்தலில் ஈடுபடும் படிகள் யாவை?

2. ஆக்ஸிஜனேற்ற அமினோ நீக்கம் பற்றி சிறு குறிப்பு வரைக.

3. டிரான்ஸ் அமினேற்ற வினைகளை விளக்குக.

4. குளுக்கோஜெனிக் மற்றும் கீட்டோஜெனிக் வழிமுறை பாதைகளை விவரி.

5. யூரியா சுழற்சி வினைகளை அமைப்புடன் எழுதுக.

6. தைராய்டு சுரப்பியில் இருந்து தைராக்ஸின் சுரக்கப்படுவதை விவரி.

7. தைரோஸினிலிருந்து எபினெப்ரின் உருவாவதை விளக்குக

பாடம் - 5

லிப்பிடுகளின் வளர்சிதை மாற்றம்

முன்னுரை

லிப்பிடுகள் என்பன கரிமச் சேர்மங்களாகும். கொழுப்பு, எண்ணெய் மற்றும் மெழுகு போன்றவை லிப்பிடுகள் ஆகும். நீரில் கரையாத தன்மை கொண்டவை. இவை முனைப்பற்ற கரைப்பான்களான ஈதர், குளோரோபார்ம், பென்சீன் போன்றவற்றில் கரையும் தன்மை கொண்டவை. எல்லா உயிரினங்களும் லிப்பிடுகளை எளிதில் பயன்படுத்துகின்றன.

பாலூட்டிகளின் உடல் எடையில் 10-20 சதவீதம்வரை லிப்பிடுகள் உள்ளன. அதிக கலோரி மதிப்பைப் பெற்றிருப்பதால் இவை உணவில் மிகுதியாக உள்ளன. மேலும் கொழுப்பில் கரையும் வைட்டமின்கள் (A,D,E,K) மற்றும் இன்றியமையாத கொழுப்பு அமிலங்களாக லிப்பிடுகள் உட்கொள்ளப்படுகின்றன. லிப்பிடுகள் உடலின் எல்லா உறுப்புகளிலும் மிகுதியாக காணப்படுகின்றன. குறிப்பாக அடிப்போஸ் திசுக்களின் சைட்டோபிளாசத்தில் 90 சதவீதம் வரை உள்ளன.

லிப்பிடுகளின் உயிரியல் செயல்கள் (Biological functions of lipids)

லிப்பிடுகள், கார்போஹைட்ரேட்டுகளை போல் அல்லாமல் நீரற்ற நிலையில் திசுக்களில் சேமித்து வைக்கப்படுவதால் அவற்றிற்கு பல செயல்களை செய்கின்றன.

1. உடலில் உள்ள லிப்பிடுகள் வேதி ஆற்றலை சேமிக்கும் பொருட்களாக திகழ்கின்றன. கார்போஹைட்ரேட்டுக்களை போல் இல்லாமல் லிப்பிடுகள் நமது உடலில் அபரிமிதமான அளவில் சேமித்து வைக்கப்படுகின்றன. மேலும் லிப்பிடுகள் கார்போஹைட்ரேட்டுக்களை காட்டிலும் இருமடங்கு கலோரி மதிப்பு கொண்டவை (9.3 கலோரி / கிராம்). லிப்பிடுகளில் கார்போஹைட்ரேட்டுக்களை விட அதிக அளவு ஆற்றல் சேமித்து வைக்கப்படுகிறது.

2. லிப்பிடுகள் செல் சவ்வுகளின் அமைப்பிற்கும், சவ்வூடு திறனிற்கும் முக்கிய பொருளாக திகழ்கின்றது.

3. சருமத்தின் அடிப்பகுதியில் உள்ள லிப்பிடுகள் அவற்றின் வெப்பக் கடத்தாத் தன்மையால் உள்உறுப்புகளை சுற்றுப்புற வெப்பம் மற்றும் குளிர்ச்சியில் இருந்து பாதுகாக்கின்றது.

4. கொழுப்பில் கரையும் வைட்டமின்கள் (A,D,E,K) மற்றும் இன்றியமையாத கொழுப்பு அமிலங்கள் உருவாக்கத்திற்கு அவை பயன்படுகின்றது (லினோலியிக் அமிலம், லினோலினிக் அமிலம், அரகிடோனிக் அமிலம்).

5. ஸ்டீராய்டு ஹார்மோன் மற்றும் புரோஸ்டோ கிளான்டின்கள் வளர்சிதை மாற்றத்தினை ஒழுங்குப்படுத்த உதவுகின்றன.

6. மைட்டோகாண்டிரியாவின் உள்சவ்வில் உள்ள லிப்பிடுகள் எலக்ட்ரான் நகர்வு சங்கிலியில் (Electron transport chain) பங்கேற்கின்றன.

7. பாலிநிறைவுறா கொழுப்பு அமிலங்கள் (PUFA - Poly Unsaturated Fatty Acids) இரத்தத்தில் உள்ள கொலஸ்டிரால் அளவை குறைக்க உதவுகின்றது.

8. ஸ்குவாலமைன் (Squalamine) என்னும் ஸ்டீராய்டு பூஞ்சை தடுப்பு மற்றும் நோய் தடுப்பு மருந்தாக பயன்படுகின்றது.

கொழுப்பு அமிலங்கள் (Fatty acids)

கொழுப்பு அமிலங்கள் லிப்பிடுகளின் அடிப்படை அலகுகளாகும் (Basic units). கொழுப்பு அமிலங்கள், கார்பாக்ஸில் தொகுதியைக் கொண்ட அலிஃபாட்டிக் ஹைட்ரோ கார்பன் சங்கிலிகளாகும். ஏறக்குறைய 200 கொழுப்பு அமிலங்கள் பல்வேறு லிப்பிடுகளில் இருந்து தனிமையாக்கப்பட்டுள்ளன. அவை ஹைட்ரோ கார்பன் சங்கிலி நீளத்தின் மூலமும், இரட்டை பிணைப்புகளின் எண்ணிக்கை மற்றும் இடம் மூலம் வேறுபடுகின்றன. மேலும் அவற்றின் அமைப்புகளின் அடிப்படையில் ஆக்ஸி, கீட்டோ, ஈப்பாக்ஸி மற்றும் வளைய அமைப்பு மூலமும் வேறுபடுகின்றன.

கொழுப்பு அமிலங்கள் இரட்டை பிணைப்பின் மூலம் இரண்டு வகையாக பிரிக்கலாம்.

1. நிறைவுற்ற கொழுப்பு அமிலங்கள்

இவை இரட்டை பிணைப்பு இல்லாத கொழுப்பு அமிலங்களாகும். இதில் உள்ள ஹைட்ரோ கார்பன் சங்கிலி தொடரில் 12 முதல் 18 கார்பன் அணுக்கள் உள்ளன.

(எ.கா) பால்மிடிக், ஸ்டியரிக் அமிலங்கள்.

$CH_3(CH_2)_{14}COOH$ - பால்மிடிக் அமிலம் (C_{16})

$CH_3(CH_2)_{16}COOH$ - ஸ்டியரிக் அமிலம் (C_{18})

2. நிறைவுறாக் கொழுப்பு அமிலங்கள்

இவை இரட்டை பிணைப்பை உடைய கொழுப்பு அமிலங்களாகும்.

(எ.கா). ஒலியிக் அமிலம்
லினோலியிக் அமிலம்
லினோலினியிக் அமிலம்

நிறைவுறாக் கொழுப்பு அமிலங்களில் உள்ள இரட்டை இணைப்புகளின் மூலம், பல்வேறு வகையாக இவற்றை பிரிக்கலாம். இவை தாவரங்களில் மிகுதியாக காணப்படுகின்றன.

அட்டவணை 5.1 நிறைவுறா கொழுப்பு அமிலங்கள்

கொழுப்பு அமிலத்தின் பெயர்	இரட்டை பிணைப்புகளின் எண்ணிக்கை
ஒலிக் அமிலம்	1
லினோலியிக் அமிலம்	2
லினோலினிக் அமிலம்	3
அரகிடோனிக் அமிலம்	4

இன்றியமையாத கொழுப்பு அமிலங்கள் (Essential Fatty Acids - EFA)

இந்த கொழுப்பு அமிலங்களை இயற்கையில் நமது உடலால் தயாரிக்க இயலாது. எனவே இவற்றை உணவின் மூலமே நாம் உட்கொள்ள வேண்டும். இவை பாலி நிறைவுறா கொழுப்பு அமிலங்களாகும். (Poly unsaturated fatty acids - PUFA)

(எ-கா) : லினோலியிக் அமிலம்
லினோலினிக் அமிலம்
அரகிடோனிக் அமிலம்

இன்றியமையாத கொழுப்பு அமிலங்களின் வேலைகள்

இன்றியமையாத கொழுப்பு அமிலங்கள் செல் சவ்வின் அமைப்பிற்கும், அவற்றின் வேலைகளுக்கும், கொலஸ்டிரால் எடுத்துச் செல்லவும், லிப்போ புரதங்கள் உருவாகத்திற்கும், கல்லீரலில் கொழுப்பு தன்மை அதிகரித்தலை தடுத்தலுக்கும் தேவைப்படுகின்றன.

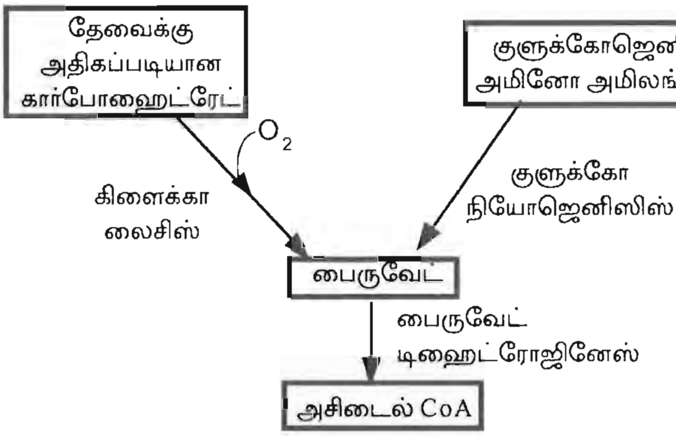
பற்றாக்குறை

கொழுப்பு அமிலங்களின் பற்றாக்குறையினால் பைரினோடெர்மா (Phrynoderma) அல்லது டோட்ஸ்கின் (Toad skin) என்னும் தோல் வியாதிகள் உருவாகின்றன.

5.1 கொழுப்பு அமிலங்களின் உயிர் தொகுப்பு (Biosynthesis of fatty acids)

1. கொழுப்பு அமிலங்களின் உயிர் தொகுப்பு எல்லா உயிரினத்திலும் நடைபெறும் மற்றும் பாலூட்டிகளின் அடிப்போஸ் திசு, பால் சுரப்பி மற்றும் கல்லீரலில் நடைபெறுகிறது.
2. சைட்டோபிளாசத்தில் கொழுப்பு அமிலத்தின் உயிர் தொகுப்பு இரு படிகளாக நடைபெறுகிறது.
   - அ. முதலில் 16 கார்பன் அணுக்கள் உள்ள ஒரு மிதமான கொழுப்பு அமிலம் உருவாகிறது. பின்னர்,
   - ஆ. கார்பன் சங்கிலியின் நீளம் மைக்ரோசோமில் அதிகரிக்கிறது.

3. நிறைவுற்ற கொழுப்பு அமிலங்கள் உருவாக்கத்திற்கும், நிறைவுறா கொழுப்பு அமிலங்கள் உருவாக்கத்திற்கும் அசிடைல் CoA உதவுகிறது (கார்பன் அணுக்களின் மூலமாக செயல்படுகிறது). நாம் உணவில் உட்கொள்ளும் அதிகப்படியான குளுக்கோஸ் மற்றும் குளுகோஜினிக் அமினோ அமிலங்களில் (குளுக்கோஸாக மாறும் தன்மைக் கொண்ட அமினோ அமிலங்கள்) இருந்து அசிடைல் CoA உருவாக்கப்படுகிறது. கார்போஹைட்ரேட் மற்றும் அமினோ அமிலங்கள் ஆக்ஸிஜன் உள்ள நிலைமையில் பைருவேட்டை தருகின்றன. பைருவேட், பின்பு அசிடைல் CoAவாக மாற்றப்படுகிறது.

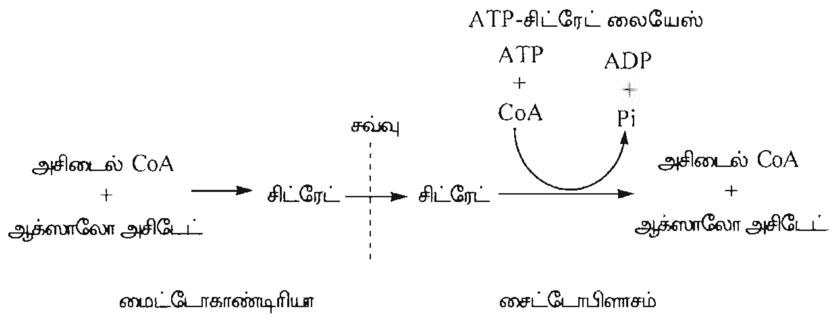


கொழுப்பு அமில சிந்தடேஸ் என்ற கூட்டு நொதியின் செயலால் அசிடைல் CoAவில் இருந்து கொழுப்பு அமிலங்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. கொழுப்பு அமில சிந்தடேஸ் நொதியின் செயலால் வெளிப்படும் விளைப் பொருட்களில் முதன்மையானது பால்மிடிக் அமிலமாகும். எனவே இந்நொதி பால்மிடேட் சிந்தடேஸ் எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

இதில் ஒரே மாதிரியான இரு துணை அலகுகள் உள்ளன. அவை துணை அலகு 1 மற்றும் துணை அலகு 2 என அழைக்கப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு துணை அலகிலும் 7 நொதிகள் உள்ளன. அவை ஒவ்வொன்றும் குறிப்பிட்ட பணியை செய்கின்றன.

கொழுப்பு அமிலத்தின் உயிர் தொகுப்பிற்காக அசிடைல் CoA நகர்வடைதல்

மைட்டோகாண்டிரியாவில் பைருவேட்டிலிருந்து அசிடைல் CoA உருவாகிறது. அசிடைல் CoAவினால் மைட்டோகாண்டிரியா சவ்வை ஊடுருவ இயலாது. எனவே அசிடைல் CoA ஆக்ஸாலோ அசிடேடுடன் இணைந்து சிட்ரேட்டைத் தருகிறது. சிட்ரேட் மைட்டோகாண்டிரியா சவ்வில் எளிதில் ஊடுருவுறும் தன்மை கொண்டது. சிட்ரேட் சைட்டோபிளாசத்தை வந்தடைகிறது. இங்கு சிட்ரேட், ATP மற்றும் துணை நொதி A (CoA) முன்னிலையில் ATP லையேஸ் என்ற நொதியால் அசிடைல் CoA மற்றும் ஆக்ஸாலோ அசிட்டேடாக சிதைக்கப்படுகிறது.

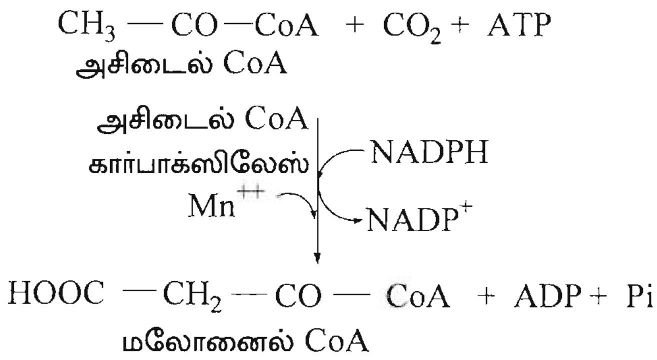


அசிடைல் CoA மைட்டோகாண்டிரியாவிலிருந்து சைட்டோபிளாசத்தை வந்தடைதல்

அசிடைல் CoA மலோனைல் CoAவாக மாற்றம் அடைதல்

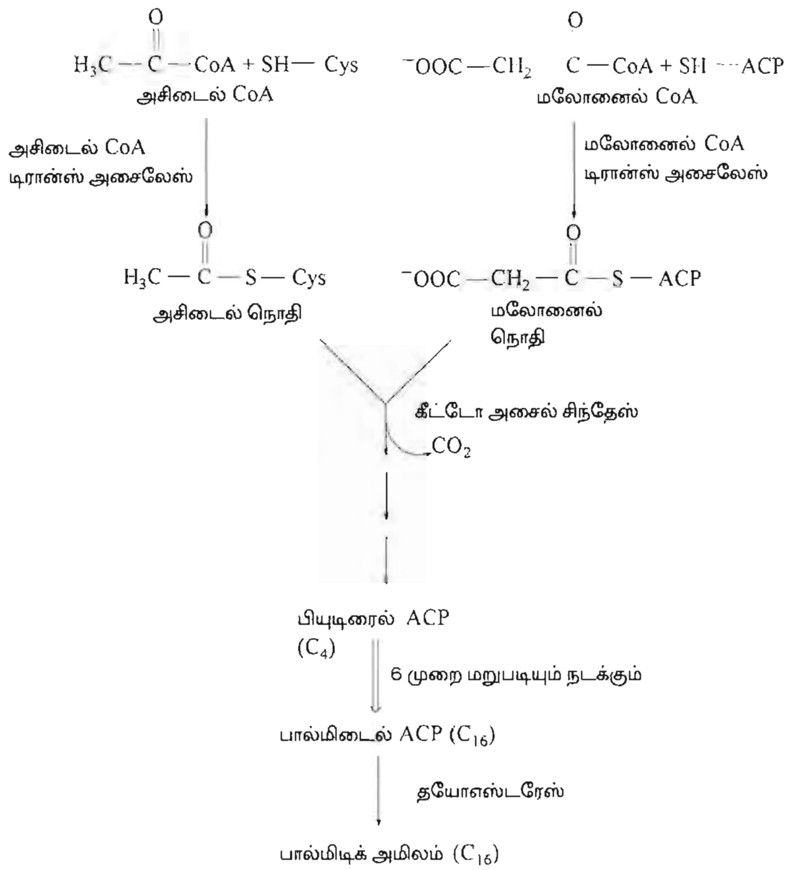
சைட்டோபிளாசத்தில் உள்ள அசிடைல் CoA, அசிடைல் CoA கார்பாக்ஸிலேஸ் என்ற நொதியின் மூலம் கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடுடன் வினைபுரிந்து மலோனைல் CoAவாக உருமாற்றம் அடைகிறது. இம்மாற்றத்தின் பொழுது கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடுஅசிடைல் CoA உடன் இணைகிறது. இதற்கு கார்பாக்ஸிலேற்றம் என்று பெயர். இது வைட்டமின் (பயோடின்) கொண்ட நொதியாகும்.

அசிடைல் CoA கார்பாக்ஸிலேஸ் என்னும் நொதி கொழுப்பு அமிலம் உருவாக்கத்தினை ஒழுங்குபடுத்தும் ஒரு மிகமுக்கியமான நொதியாகும்.



மலோனைல் CoA பால்மிடிக் அமிலமாக மாற்றமடைதல்

மலோனைல் CoA, பால்மிடிக் அமிலமாக பல படிகளில் மாற்றப்படுகிறது. இதற்கு கொழுப்பு அமில சிந்தடேஸ் என்ற கூட்டு நொதியில் உள்ள தனித்தனி நொதிகள் ஒவ்வொரு படியிலும் செயல்படுகிறது.



படம் 5.1. பால்மிடிக் அமிலத்தின் உருவாக்கம்

அசிடைல் CoA, மலோனைல் CoAவுடன் சேர்ந்து பியூட்ரைல் ACP-யை தருகிறது. இந்த சுழற்சி ஆறுமுறை நடைபெறுகிறது. ஒவ்வொரு சுழற்சியின் போதும் இரண்டு கார்பன் அணுக்கள் (மலோனைல் CoA), பியூட்ரைல் ACP உடன்

சேர்க்கப்படுகிறது. வினையின் இறுதியில் 16 கார்பன் அறுக்களை கொண்ட பால்மிடைல் CoA உருவாகிறது. தயோஎஸ்டரேஸ் என்ற நொதியின் செயலால் பால்மிடைல் CoAவிலிருந்து பால்மிடிக் அமிலம் உருவாகிறது.

5.2 கொழுப்பு அமிலங்களின் ஆக்ஸிஜனேற்றம்

கொழுப்பின் செரிமான வினை சிறுகுடலில் தொடங்குகிறது. கொழுப்புகள், பித்த உப்புகளின் மூலம் மற்றும் கணைய லைபேஸ்கள் மூலம் நீராற்பகுக்கப்பட்டு கொழுப்பு அமிலங்களை உருவாக்குகின்றன. கொழுப்பு அமிலங்கள் கிளிசராலுடன் (கிளைக்காலைசிஸ் மூலம் கிடைக்கும்) இணைந்து ட்ரைகிளிசரைடுகளை உருவாக்குகின்றன. இவை புரதங்களுடன் இணைந்து உருவாகும் லிப்போபுரதங்கள், இரத்த ஓட்டத்தில் கலந்து ஆக்ஸிஜனேற்றம், புதிய லிப்பிடு உருவாக்கம் மற்றும் சேமிப்பு போன்ற பணிகளைச் செய்கின்றன. வெவ்வேறு கொழுப்பு அமிலங்கள் இரத்தத்தில் தனியாகவும், ட்ரைகிளிசெரைடாகவும் காணப்படுகின்றன.

கொழுப்பு அமிலங்கள், கொழுப்பு ஆக்ஸிஜனேற்றத்தின் உடனடி மூலப்பொருளாக பல்வேறு திசுக்களில் (கல்லீரல், அடிப்போஸ்திசு, தசை, இதயம், சிறுநீரகம், மூளை, நுரையீரல் மற்றும் ஆண் இனப்பெருக்க உறுப்புகளில்) காணப்படுகின்றன.

5.2.1 β–ஆக்ஸிஜனேற்றம்

கொழுப்பு அமிலங்கள் ஆக்ஸிஜனேற்றமடைந்து CO_2 மற்றும் நீருடன், அதிக அளவுள்ள ஆற்றலை வெளிவிடுகின்றன. ஆக்ஸிஜனேற்றம் மைட்டோகாண்டிரியாவில் நடைபெறுகிறது.

ஏனெனில் ஆக்ஸிஜனேற்றத்திற்கு தேவையான நொதிகள் மைட்டோகாண்டிரியாவில் தான் உள்ளன. ஆக்ஸிஜனேற்றமடைய வேண்டிய கொழுப்பு அமிலங்களின் கார்பன் அணுவைப் பொறுத்து, ஆக்ஸிஜனேற்றம் மூன்று வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளது (α,β மற்றும் γ).

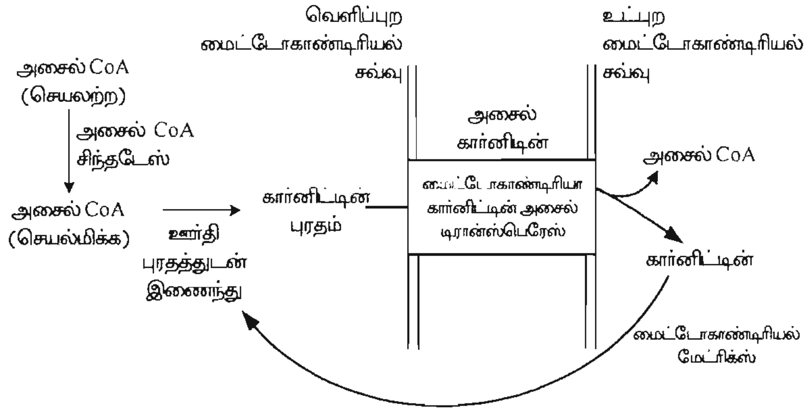
$$R - \underset{\gamma}{CH_2} - \underset{\beta}{CH_2} - \underset{\alpha}{CH_2} - COOH$$ கொழுப்பு அமிலம்

கொழுப்பு அமிலங்களில் β–ஆக்ஸிஜனேற்றம் அதிகம் நடைபெறும். அது α மற்றும் γ ஆக்ஸிஜனேற்றத்தை விட அதிக ஆற்றலைத் தருகிறது.

கொழுப்பு அமிலங்களின் β–ஆக்ஸிஜனேற்றம் பல்வேறு படிகளாக நடக்கின்றன.

1. கொழுப்பு அமிலங்களை ஊக்குவித்தல் (Activation of fatty acids)

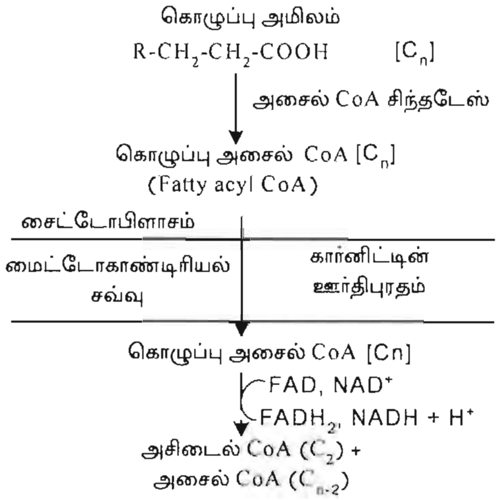
கொழுப்பு அமிலங்கள் செயலற்ற வேதியியல் மூலக்கூறுகள். ஆகையால் β ஆக்ஸிஜனேற்றத்தின் துவக்கத்திற்கு அவை செயல்மிக்க மூலக்கூறுகளாக மாற்றப்பட வேண்டும். கொழுப்பு அமிலங்களை ஊக்குவித்தல், சைட்டோபிளாசத்தில், அடினைன் டிரை பாஸ்பேட் (ATP), துணை நொதி A (Coenzyme A) மற்றும் அசைல் CoA சிந்தடேஸ் ஆகியவற்றின் உதவியுடன் நடைபெறுகிறது. செயல்மிக்க கொழுப்பு அமிலங்கள், கார்னிட்டின் அசைல் டிரான்ஸ்பெரேஸ் (Carnitine Acyl Transferase) என்ற நொதியின் முன்னிலையில் கார்னிட்டின் என்ற ஊர்திபுரதத்தின் உதவியுடன் மைட்டோகாண்டிரியாவிற்குள் நுழைகிறது.



அசைல் CoA மைட்டோகாண்டிரியாவுக்குள் செல்லுதல்

அசைல் CoA (கொழுப்பு அமிலம்) ஆக்ஸினேற்றம் பல படிகளில் நடைபெறுகிறது. இதன் மூலம் அசிடைல் CoA (C_2) மற்றும் β ஆக்ஸிஜனேற்றத்திற்குட்பட்ட கொழுப்பு அமிலத்தை விட 2 கார்பன் அணுக்கள் குறைவாக உடைய அசைல் CoA ஆகியவை பெறப்படுகின்றன. அனைத்து கார்பன் அணுக்களும் அசிடைல் CoA ஆக வெளியேறும் வரை அசைல் CoA ஆக்ஸிஜனேற்றத்திற்கு உட்படுகிறது.

இந்த வினைகளுக்கு ஃபிளேவின் அடினைன் டை நியூக்ளியோடைடு (FAD - Flavin Adenine Dinucleotide) மற்றும் நிக்கோடினமைடு அடினைன் டை நியூக்ளியோடைடு (NAD- Nicotinamide Adenine Dinucleotide) போன்ற துணைக் நொதிகள் தேவைப்படுகின்றன.



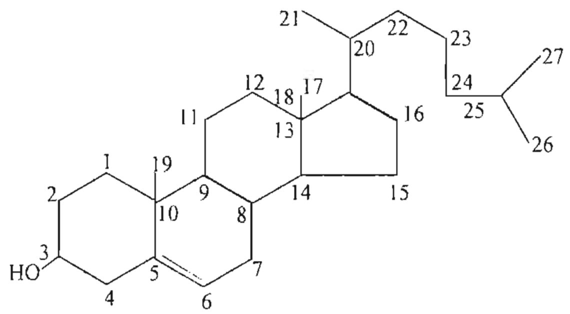
படம் 5.2 கொழுப்பு அமிலத்தின் β - ஆக்ஸிஜனேற்றம்

5.3 கொலஸ்டிரால் உயிர்தொகுப்பு (Cholesterol biosynthesis)

கொலஸ்டிரால் என்பது விலங்குகளில் உள்ள ஸ்டீராலாகும். இவை தனித்த நிலையில் அல்லது கொழுப்பு அமிலங்களின் எஸ்டராக உள்ளன. கொலஸ்டிரால் மனித பித்தக்கல் படிவங்களில் இருந்து முதன்முதலாக பிரித்தெடுக்கப்பட்டது. (இது கிரேக்க சொல்லில் கோல் என்றால் பித்தம், ஸ்டீரால் என்று பொருள்படும்) கொலஸ்டிராலில் 1,2, வளைய பெண்டனோ பெர்ஹைட்ரோ பினான்திரின் என்னும் வளைய அமைப்பு உள்ளது. கொலஸ்டிரால் தகுந்த சூழ்நிலையில் ஹார்மோன்கள், பித்த அமிலங்கள் மற்றும் வைட்டமின் D உருவாக்கத்திற்கு பயன்படுகின்றன. இருப்பினும் இதை உணவில் உட்கொள்ள வேண்டிய அவசியம் இல்லை. காரணம் செல்லில் கொலஸ்ட்ரால் அசிடைல் CoAவிலிருந்து தொகுக்கப்படுகிறது.

கார்போஹைட்ரேட், அமினோ அமிலங்கள், கொழுப்பு அமிலங்கள் மற்றும் கிளிசரால் அசிடைல் CoA உருவாக்கத்திற்கு மூலங்களாகப் பயன்படுகின்றன. அசிடைல் CoA கொலஸ்ட்டிரால் உருவாக்கத்திற்கு பயன்படுகிறது. கொலஸ்டிரால் வளர்சிதை மாற்றம் கல்லீரலில் நடைபெறுகிறது. இங்கு உட்கொள்ளப்பட்ட 90 சதவீத கொலஸ்டிரால் மற்றும் அதன் எஸ்டர்கள் வளர்சிதை மாற்றத்திற்கு உட்படுகின்றன.

70 கிலோ எடையுள்ள மனிதனில் 140 கிராம் கொலஸ்டிரால் உள்ளன. 100 மிலி இரத்தத்தில், 150 முதல் 250 மிகி வரை கொலஸ்டிரால் உள்ளன. கொலஸ்டிராலின் அரை ஆயுட்காலம் 8 முதல் 12 நாட்கள் ஆகும்.



கொலஸ்டிரால் அமைப்பு

5.3.1 கொலஸ்டிரால் உயிர்தொகுப்பு

கொலஸ்டிரால் உயிர் தொகுப்பில் முக்கியமான இடைநிலை பொருட்களும் நொதிகளும் ஈடுபடுகின்றன.

1. **அசிடைல் CoA உருவாக்கம்**

ஒரு அசிடிக் அமில மூலக்கூறு, துணை நொதி A (coenzyme A) உடன் சேரும் பொழுது அசிடைல் CoA உருவாகிறது. இதற்கு அசிடைல் CoA சிந்தடேஸ் என்ற நொதி உதவுகிறது.

2. **அசிடோ அசிடைல் CoA உருவாக்கம்**

இரண்டு அசிடைல்CoA மூலக்கூறுகள் குறுக்கமடைந்து அசிடோஅசிடைல் CoA உருவாகிறது. இதற்கு தயோலேஸ் என்ற நொதி உதவுகிறது.

3. **HMG CoA உருவாக்கம்**

அசிடோ அசிடைல் CoA, ஒரு அசிடைல் CoA மூலக்கூறுடன் குறுக்கமடைந்து HMGCoA (3-ஹைட்ராக்சி, 3-மெத்தில் குளுட்டரைல் CoA) உருவாகிறது. இந்த வினையில் HMG CoA சிந்தடேஸ் என்ற நொதி பயன்படுகிறது.

4. HMG COA, NADPH +H^+ பொருத்த ரிடக்டேஸ் (Reductase) என்ற நொதியின் செயலால் மெவலோனேட்டாக ஒடுக்கப்படுகிறது. இது கொலஸ்டிரால் உருவாக்கத்தினை கட்டுபடுத்தும் ஒரு முக்கிய நொதியாகும்.

5. மெவலோனேட், பல படிகளில் ஸ்குவாலினாக மாற்றப்படுகிறது.

6. ஸ்குவாலின், பல இடைநிலைப்பொருட்களாக மாற்றப்பட்டு இறுதியில் கொலஸ்டிராலாக மாற்றப்படுகிறது.

அசிடிக் அமிலம் + CoA

↓ அசிடைல் CoA சிந்தடேஸ்

2 அசிடைல் CoA

↓ தையோலேஸ்

அசிடோஅசிடைல் CoA

↓ HMG CoA சிந்தடேஸ்

HMG CoA

(3-ஹைட்ராக்ஸி 3-மெத்தில் குளுட்டரைல்CoA)

↓ HMG CoA ரிடக்டேஸ்

மெவலோனேட்

↓

↓

ஸ்குவாலின்

↓

↓

கொலஸ்டிரால்

படம் 5.3 கொலஸ்டிரால் உயிர் தொகுப்பு

5.3.2 கொலஸ்டிராலில் இருந்து உருவாகும் முக்கியப் பொருட்கள்

நமது உடலில் கொலஸ்டிரால் உயிரியல் முக்கியத்துவம் வாய்ந்த ஸ்டீரால்களான பித்த அமிலங்கள், பித்த உப்புக்கள் மற்றும் வைட்டமின் Dயாக மாற்றப்படுகிறது.

5.3.2.1 பித்த அமிலங்களிலிருந்து பித்த உப்புக்கள் தொகுத்தல்

பித்தஅமிலங்கள் முதல்நிலை மற்றும் இரண்டாம் நிலை பித்த அமிலங்கள் என இருவகைப்படும். கோலிக் அமிலம், கீனோ டிஆக்ஸிக் கோலிக் அமிலம் என்பன முதல்நிலை பித்த அமிலங்களாகும். டிஆக்ஸிகோலிக் அமிலம் மற்றும் லித்தோகோலிக் அமிலம் என்பன இரண்டாம் நிலை பித்த அமிலங்களாகும்.

முக்கியத்துவம்

பித்தநீர் அமிலம் என்பன C_{24} உள்ள ஸ்டீராய்டுகள் ஆகும். இவை சோப்பாதல் தன்மையுடையதால் இது எமல்ஸிபிகேஷன் மற்றும் லிப்பிடுகளை குடலில் இருந்து உறிஞ்சுவதற்குப் பயன்படுகிறது.

பித்த உப்புகள்

கல்லீரலில் பெப்டைடு பிணைப்புகள் மூலம் கோலிக் அமிலம், கிளைசின் மற்றும் டாரின் (Glycine and Taurine) போன்றவற்றுடன் பிணைக்கப்பட்டு கிளைகோகோலிக் அமிலம் மற்றும் டாரோகோலிக் அமிலம் என்ற பித்த உப்புகளை கொடுக்கின்றன. இவை பித்தநீரில் உள்ள சோடியம், பொட்டாசியம் போன்றவற்றுடன் இணைந்து சோடியம் கிளைகோ கோலேட், சோடியம் டாரோகோலேட் எனும் நீரில் கரையும் தன்மை கொண்ட கார பித்த உப்புக்களாக மாற்றப்படுகின்றன.

முக்கியத்துவம்

1. பித்தநீரில் உள்ள பித்த உப்புகள் உணவு செரிமானத்திற்கு பயன்படுகின்றன.

2. இவை பரப்பு இழுவிசையைக் குறைத்து, கொழுப்புகளை எமல்சிபிகேஷன் (emulsification) செய்யவும் உதவுகின்றன.

3. லிப்பேஸ் என்ற நொதியை ஊக்குவிக்கின்றன.

வைட்டமின் D

வைட்டமின் D, 7-டிஹைட்ரோகொலஸ்டிரால் என்னும் முன்னோடி பொருளில் இருந்து சூரிய ஒளியின் துணையுடன் தோல் மற்றும் சிறுநீரகத்தில் உருவாக்கப்படுகிறது.

முக்கியத்துவம்

இது கொலஸ்டிராலின் பெறுதியாகும். கால்சியம் மற்றும் பாஸ்பேட் வளர்சிதை மாற்றத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் பாரா தைராய்டு ஹார்மோன் உருவாக்கத்திற்கு முதல்நிலைப் பொருளாக (Precursor) உள்ளது.

பாஸ்போலிப்பிடுகள்

பாஸ்பாரிக் அமிலத்தை கொண்டுள்ளதால் இவை பாஸ்போலிப்பிடுகள் என அழைக்கப்படுகின்றன. இவை எல்லா தாவரம் மற்றும் விலங்கு செல்களின் சைட்டோபிளாசத்திலும், செல் சவ்வுகளிலும் காணப்படுகின்றன. செல் சவ்வுகளில் உள்ள பாஸ்போலிப்பிடுகள் செல்லின் செயல்கள் மற்றும் அவற்றின் ஊடுருவல் தன்மைக்கும் உதவுகின்றன. பாஸ்போலிப்பிடுகள் கொழுப்பு அமிலம், நைட்ரஜன் கொண்ட காரங்கள், பாஸ்பாரிக் அமிலம் மற்றும் கிளசெரால் அல்லது மற்ற ஆல்கஹால்களால் உருவாக்கப்பட்டவை. இதில் இருக்கும் ஆல்கஹாலை பொருத்து பாஸ்போலிப்பிடுகள் வகைப்படுத்தப்படுகின்றன.

1. கிளிசெரோபாஸ்போடைடுகள் (Glycero phosphatides)

இதில் உள்ள ஆல்கஹால் கிளிசரால் ஆகும். லெசிதின், செபாலின், பாஸ்பாடிடைல் சிரைன், பிளாஸ்மலோஜன் மற்றும் டைபாஸ்பாடிடைல் கிளிசரால் போன்றவை கிளிசெரோ பாஸ்படைடுகள் ஆகும்.

2. பாஸ்போ இனோசிடைடுகள் (Phosphoinositides)

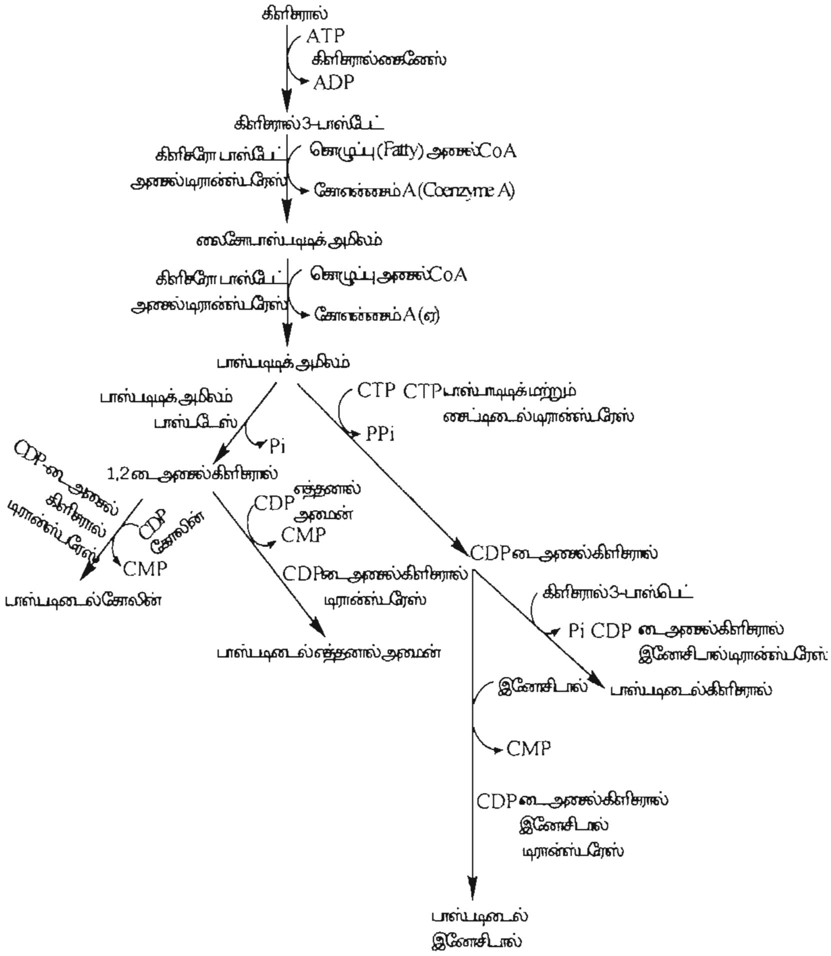
இவை நைட்ரஜன் காரத்திற்கு பதிலாக வளைய ஹெக்ஸா ஹைட்ரிக் ஆல்கஹாலான இனோசிடாலை பெற்றுள்ளன.

3. ஸ்பிங்கோலிப்பிடுகள் (Sphingolipids)

இவ்வகைச் சேர்மங்கள் கிளிசராலுக்கு பதிலாக ஸ்பிங்கோசின் என்ற அமினோ ஆல்கஹாலைப் பெற்றுள்ளன. ஸ்பிங்கோலிப்பிடுகள் மருத்துவ ரீதியில் முக்கியமான பாஸ்போ லிப்பிடுகளாகும்.

5.4 பாஸ்போலிப்பிடுகளின் உயிர்த் தொகுப்பு (Biosynthesis phospholipids)

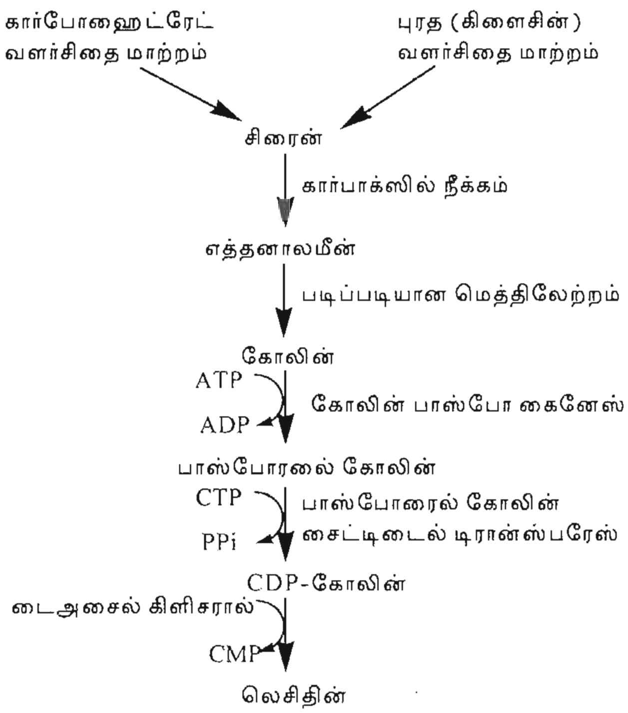
அனைத்து திசுக்களும் பாஸ்போலிப்பிடுகளை வெவ்வேறு வேகங்களுடன் தொகுக்கின்றன. கல்லீரலைத் தவிர, அனைத்துத் திசுக்களும் தொகுக்கும் பாஸ்போலிப்பிடுகளை தாமே பயன்படுத்திக் கொள்கின்றன. ஆனால் கல்லீரலில் தொகுக்கப்படும் பெரும்பாலான பாஸ்போலிப்பிடுகள் பிளாஸ்மாவிற்கு மாற்றப்படுகின்றன. எனவே பிளாஸ்மாவில் உள்ள பாஸ்போ லிப்பிடுகள் அனைத்தும் கல்லீரலில் இருந்துப் பெறப்பட்டவையாகும். பாஸ்போலிப்பிடுகள் கிளிசெராலில் இருந்து தொகுக்கப்படுகின்றன.



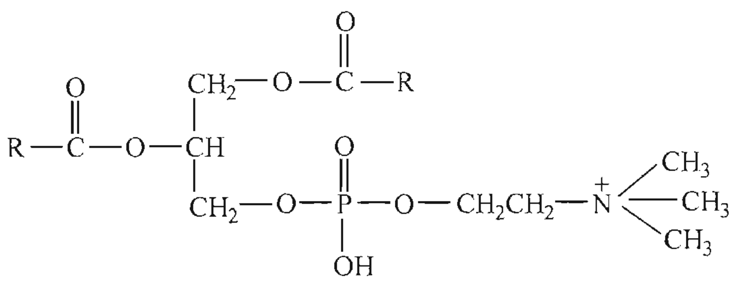
படம் 5.4 பாஸ்போலிப்பிடுகளின் உயிர்தொகுப்பு

5.4.1 லெசிதின் உயிர்தொகுப்பு

லெசிதின் என்பது பாஸ்படிடைல் கோலின் ஆகும். கோலின் என்பது லெசிதினின் ஒரு கூறாகும். இது எத்தாலமீனை படிப்படியாக மெத்திலேற்றம் செய்வதால் கிடைக்கிறது. மேலும் சிரைன் என்ற அமினோ அமிலத்தை கார்பாக்ஸில் நீக்கம் செய்வதால் எத்தனாலமீன் கிடைக்கிறது. சிரைன், கார்போஹைட்ரேட் மற்றும் புரத வளர்சிதை மாற்றத்தில் இருந்தும் உருவாகிறது.



படம் 5.5 லெசிதின் உயிர்தொகுப்பு



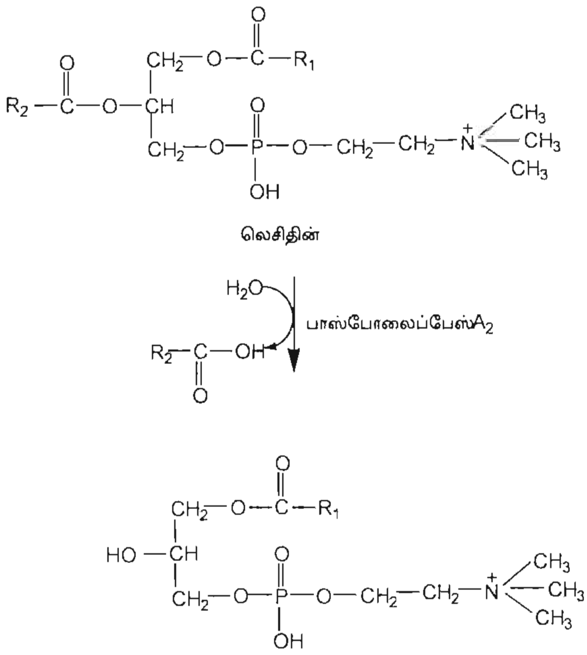
லெசிதின் அமைப்பு

5.4.2 பாஸ்போலிப்பிடுகள் நொதிகளினால் சிதைவடைதல்

பாஸ்போலிப்பேஸ்கள் என்ற நீராற்பகுப்பு நொதிகள் பாஸ்போலிப்பிடுகளை சிதைவடைக்கின்றன. பாஸ்போலைப்பேஸ்கள் செயல்படும் பிணைப்பின் தெரிவுத் தன்மையைப் பொருத்து நான்கு வகைகளாக முறையே A_1 , A_2 , C மற்றும் D என வகைப்படுத்துப்படுகின்றன.

5.4.3 லைசோலெசிதின் உருவாக்கம்

லெசிதின் மீது லெசிதினேஸ் என்ற நொதி செயல்படும் போது லைசோலெசிதின் உருவாகிறது. லெசிதினேஸ் என்ற நொதி பாஸ்போலைப்பேஸ் எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. லெசிதின் மீது பாஸ்போலைப்பேஸ் A_2 செயல்படும் போது லைசோலெசிதின் மற்றும் கொழுப்பு அமிலம் உருவாகிறது.



லைசோலெசிதின்

லைசோலெசிதின் மற்றொரு வழியிலும் உருவாகலாம். இதற்கு லெசிதின் கொலஸ்டிரால் அசைல் டிரான்ஸ்பரேஸ் என்ற நொதி உதவுகிறது. இந்நொதி கல்லீரலிலும் பிளாஸ்மாவிலும் மிகுதியாக உள்ளது. இந்த நொதி கொழுப்பு அமிலத்தை லெசிதினில் இருந்து கொலஸ்டிராலுக்கு மாற்றி கொலஸ்டிரால் எஸ்டரை உருவாக்குகிறது.

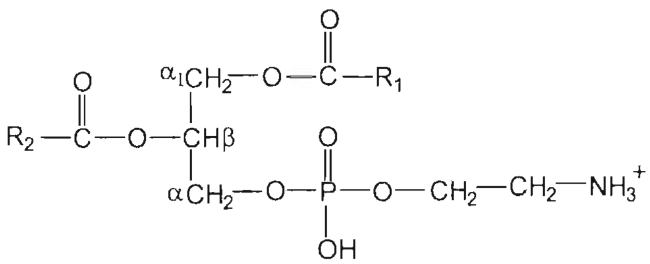
லெசிதின் + கொலஸ்டிரால் —(லெசிதின் கொலஸ்டிரால் அசைல் டிரான்ஸ்பரேஸ்)→ கொலஸ்டிரால் எஸ்டர் + லைசோலெசிதின்

5.4.4 லைசோலெசிதினால் ஏற்படும் விளைவுகள்

லைசோலெசிதினேஸ் என்ற நொதி லைசோலெசிதினை, கொழுப்பு அமிலம், கிளிசெரால், பாஸ்பாரிக் அமிலம் மற்றும் கோலின் ஆக நீராற்பகுக்கிறது. பாம்பின் விஷத்தில் உள்ள லெசிதினேஸ் நொதி லெசிதினில் உள்ள நிறைவுறாக் கொழுப்பு அமிலத்தை பிரித்து, லெசிதினை லைசோலெசிதினாக மாற்றுகிறது. லைசோலெசிதின் இரத்தத்தில் உள்ள சிவப்பணுக்களை சிதைவடையச் செய்கிறது (Hemolysis). இதுவே பாம்பு, சில தேனீக்கள் மற்றும் சிலந்திகளின் விஷத்தன்மைக்கு காரணமாகும்.

5.5 செபாலின்

லெசிதின் போன்ற உருவ அமைப்பில் செபாலினும் உள்ளது. ஆனால் இதில் கோலினிற்கு பதிலாக எத்தனாலாமீன் என்ற காரம் உள்ளது. செபாலின் பாஸ்படிடைல் எத்தனாலாமீன் என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.



செபாலினின்

செபாலினின் இயற்பண்புகள் லெசிதினை போன்றது ஆகும். செபாலின் உள்ள கொழுப்பு அமிலங்களை பொறுத்து வேறுபடுகிறது. பாம்பின் விஷத்தில் உள்ள லெசிதினேஸ் என்ற நொதி செபாலின்களை, லைசோசெபாலின்களாக மாற்றுகிறது. இது லெசிதின், லைசோலெசிதினாக மாறுவதை போன்று ஏற்படுகிறது.

5.6 அதிரோஸ்கிலிரோஸிஸ் (Atherosclerosis)

கொலஸ்டிரால் தொகுத்தல், நகர்வடைதல் மற்றும் சேமித்தல் போன்ற செயல்கள் பாலூட்டிகளில் பலவழி முறைகளில் கட்டுபடுத்தப்படுகிறது. இதில் ஏதேனும் ஒன்றில் குறைப்பாடு ஏற்பட்டால் அதிரோஸ்கிலிரோஸிஸ் உண்டாகிறது.

அதிரோஸ்கிலிரோஸிஸ் என்பது கொலஸ்டிரால் மற்றும் லிப்பிடுகள் இரத்தக் குழாயில் உட்புறத்தில் படிவதால் அடைப்பு ஏற்படுகிறது. இந்த அடைப்பு ஏற்படுவதால் இரத்தம், இருதயம் மற்றும் மூளைக்கு செல்வது தடைபடுகிறது. இதனால் இரத்த அழுத்தம், ஸ்ட்ரோக், மாரடைப்பு ஏற்படுகிறது. புகைபிடித்தல், உடல் பருமன் அதிகரிப்பு (Obesity), உடற்பயிற்சியின்மை, மனஉளைச்சல் (Stress) மற்றும் மிகுந்த கொழுப்பு உணவினால் எதிரோஸ்கிலிரோஸிஸ் உருவாகிறது.

அதிரோஸ்கிலிரோஸிஸ் உள்ளவர்களுக்கு VLDL - Very low density lipoprotein (மிகவும் அடர்த்திக் குறைந்த லிப்போ புரதம்), LDL - Low density lipoprotein (குறைந்த அடர்த்திக் கொண்ட லிப்போ புரதம்) அளவுகள் பிளாஸ்மாவில் அதிகமாக உள்ளன. ஹைபோலிபிடெமிக் மருந்துகளின் மூலம் இரத்தத்தில் உள்ள கொலஸ்டிரால் அளவை கட்டுப்படுத்தலாம். இந்த மருந்துகளை அதிகமாக எடுத்துக் கொள்ளும் பட்சத்தில் பக்க விளைவுகளை ஏற்படுகிறது. மேலும் உணவில் கட்டுப்பாடு மற்றும் உடற்பயிற்சி செய்தலை அதிரோஸ்கிளிரோஸிஸ் உள்ளவர்கள் கடைப்பிடித்தல் அவசியமானதாகும்.

பயிற்சிகள்

1. சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடு.

அ. கீழ்கண்டவற்றுள் நிறைவுற்ற கொழுப்பு அமிலம் எது?

i. ஒலியிக் அமிலம் ii. செரிபிரோனிக் அமிலம்

iii. நெர்வோனிக் அமிலம் iv. ஸ்டியரிக் அமிலம்

ஆ. கீழ்கண்டவற்றுள் இன்றியமையாத கொழுப்பு அமிலம் எது?

i. லினோலிக் அமிலம் ii. லினோலினிக் அமிலம்

iii. அரகிடோனிக் அமிலம் iv. ஒலியிக் அமிலம்

இ. அசிடைல் CoA கார்பாக்ஸிலேற்ற வினையில் பயன்படும் வைட்டமின்

i. TPP ii FAD.

iii. பயோட்டின் iv. வைட்டமின் சி

ஈ. --------- கொலஸ்டிராலில் இருந்து உருவாகிறது

i. வைட்டமின் A ii. வைட்டமின் C

iii. வைட்டமின் E iv. வைட்டமின் D

உ. லைசோலெசிதின் எதன் உதவியால் லெசிதினாக மாறுகிறது.

i. லெசிதினேஸ் A ii. லெசிதினேஸ் A_2

iii. லெசிதினேஸ் C iv. லெசிதினேஸ் D

II. கோடிட்ட இடத்தை நிரப்புக.

1. இன்றியமையாத கொழுப்பு அமிலங்களின் பற்றாக்குறையால் ----------- ஏற்படுகிறது.

2. β–ஆக்ஸிஜனேற்ற வினையில் ஈடுபடும் கொழுப்பு அமிலத்தின் செயல்மிக்க இடைநிலை பொருள் ------

3. ஸ்பிங்கோலிப்பிடுகளில் உள்ள அமினோ ஆல்கஹால் ---------

4. அராக்கிடோனிக் அமிலத்தில் உள்ள இரட்டைப் பிணைப்புகளின் எண்ணிக்கை ---------- .

5. அதிரோஸ்கிலிரோடிக் உள்ளவர்களின் பிளாஸ்மாவில் -------- மற்றும் ----------- அளவு மிகுதியாக காணப்படுகிறது.

III. சரியா? தவறா?

1. லிப்பிடுகள் உடலில் கணக்கில் அடங்கா அளவு சேமிக்கப்படுகிறது.

2. அசைல்CoA டிஹைட்ரோஜினேஸ் என்ற நொதி கொழுப்பு அமில உயிர்தொகுப்பில் ஈடுபடுகிறது.

3. செபாலின் பாஸ்படிடைல் எத்தனாலாமீன் என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

4. ஏதிரோஸ்கிலிரோஸ்ஸில் உருவாக உடற்பருமன் அதிகரிப்பு (Obesity) ஒரு காரணமாகும்.

5. அசைல் ஊர்தி புரதம், கொழுப்பு அமிலம் சிதைவடைதலில் ஈடுபடுகிறது.

IV. பொருத்துக.

1.	லெசிதின்	-	கொலஸ்டிரால் உயிர்தொகுப்பு
2.	செபாலின்	-	பித்த உப்பு
3.	அசிடைல் CoA கார்பாக்ஸிலேஸ்	-	பாஸ்படிடைல் கோலின்
4.	கோலிக் அமிலம்	-	கொழுப்பு அமிலம் உயிர்தொகுப்பு
5.	HMG CoA ரிடக்டேஸ்	-	பாஸ்போடிடைல் எத்தனாலமீன்

V. கீழ்க்கண்டவற்றிற்குச் சுருக்கமாக விடையளி.

1. எந்த கொழுப்பு அமிலம் இரத்தத்தில் உள்ள கொலஸ்டிரால் அளவை குறைக்கும்?
2. எந்த ஸ்டீராய்டு பூஞ்சைகளுக்கு எதிராக செயல்படுகிறது?
3. எந்த நொதி அசிடைல் CoAவை, மேலோனைல் CoAவாக மாற்றுகிறது?
4. பால்மிடிக் அமிலத்தை, அசிடைல்CoAவாக மாற்ற எத்தனை β–ஆக்ஸிஜனேற்றம் தேவைப்படுகிறது.
5. பாஸ்போலிப்பிடுகளில் உள்ள வளைய ஹெக்ஸாஹைட்ரிக் ஆல்கஹால் எது?.

VI. கீழ்க்கண்டவற்றிற்கு விடையளி.

1. β-ஆக்ஸிஜனேற்றம் பற்றி விளக்குக.
2. கொலஸ்டிரால் உயிர்தொகுத்தலில் உள்ள படிகளை விவரி.
3. லிப்பிடுகளின் பயன்களை விளக்குக.
4. அத்திரோஸ்கிலிரோஸஸ் பற்றி குறிப்பு வரைக.
5. நமது உடலில் கொழுப்பு அமிலங்கள் எவ்வாறு தொகுக்கப்படுகின்றன?

பாடம் - 6

நியூக்ளிக் அமிலங்களின் வளர்சிதை மாற்றம்

முன்னுரை

நியூக்ளிக் அமிலங்கள், வாழ்க்கை மற்றும் மரபியல் பண்புகளுக்கு அடித்தளமான வேதிப்பொருளாகும். நியூக்ளிக் அமிலம், மரபணு தகவல்களைக் கடத்த உதவுகின்றது. இதன் பெயருக்கேற்ப, அவை செல்லின் உட்கருவில் அமைந்துள்ளன. ஆனால், அவை மற்ற நுண்ணுறுப்புகளிலும் கண்டறியப் பட்டுள்ளன. புரதங்களுக்கு அமினோ அமிலங்களைப் போல நியூக்ளிக் அமிலத்திற்கு அடிப்படை அலகு நியூக்ளியோடைடுகள் ஆகும்.

நியூக்ளிக் அமிலங்கள் இரண்டு வகைப்படும்.

அவை,

1. ரைபோ நியூக்ளிக் அமிலம்
2. டி ஆக்ஸி ரைபோ நியூக்ளிக் அமிலம்

நியூக்ளிக் அமிலத்தின் பகுதிப் பொருட்கள்

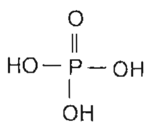
பகுதிப் பொருள்	ரைபோநியூக்ளிக் அமிலம்	D - ஆக்ஸி ரைபோ நியூக்ளிக் அமிலம்
அமிலம்	பாஸ்பாரிக் அமிலம்	பாஸ்பாரிக் அமிலம்
பென்டோஸ் சர்க்கரை	D - ரைபோஸ்	D-2 டி ஆக்ஸி ரைபோஸ்

நைட்ரஜன் காரங்கள்

1.	பியூரின்	அடினைன் குவானைன்	அடினைன் குவானைன்
2.	பிரிமிடின்	சைட்டோசின் யூராசில்	சைட்டோசின் தையமின்

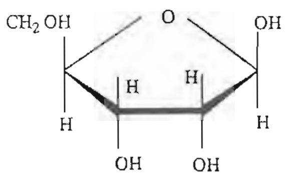
பாஸ்பாரிக் அமிலம்

பாஸ்பாரிக் அமிலத்தின் மூலக்கூறு வாய்பாடு H_3PO_4. இதில் மூன்று ஒற்றை இணைதிறன் கொண்ட ஹைடிராக்சைல் தொகுதிகளும், ஒரு இரட்டை இணைதிறன் கொண்ட ஆக்ஸிஜன் அணுவும், ஐந்து இணைதிறன் கொண்ட பாஸ்பரஸ் உடன் இணைந்துள்ளன.

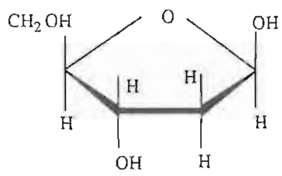

பாஸ்பாரிக் அமிலம்

பென்டோஸ் சர்க்கரை

முதனிலையில் நியூக்ளிக் அமிலம் 5 கார்பன் சர்க்கரையான பென்டோஸ் சர்க்கரையின் அடிப்படை முறையில் இரண்டு வகையாக வேறுபடுத்தப்படுகிறது. ஒன்று D-2 டி ஆக்ஸிரைபோசையும் (டிஆக்ஸிரைபோ நியூக்ளிக் அமிலம்), மற்றொன்று D-ரைபோசையும் (ரைபோ நியூக்ளிக் அமிலம்) கொண்டிருக்கும். இந்த இரண்டு சர்க்கரைகளும், நியூக்ளிக் அமிலத்தில், பியூரனோஸ் வளையம் மற்றும் β கான்பிகரேசனில் அமைந்திருக்கின்றன.



β-D-ரைபோஸ்



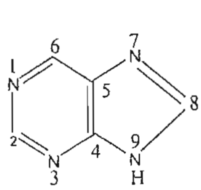
β-D-டி ஆக்ஸி ரைபோஸ்

நைட்ரஜன் காரங்கள்

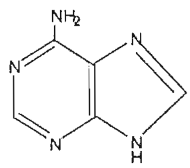
இரண்டு வகையான நைட்ரஜன் காரங்கள் நியூக்ளிக் அமிலத்தில் உள்ளன. அவை பியூரின் மற்றும் பிரிமிடினிலிருந்து பெறப்படுகின்றன.

i. பியூரின் காரங்கள்

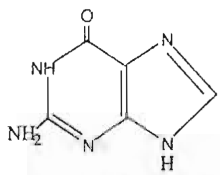
பியூரின் காரங்கள் அதன் தாய்ச் சேர்மமான பியூரினிலிருந்து பெறப்படுகிறது. ஆறு அணுக்களை உடைய பிரிமிடின் வளையம் 5 அணுக்களை உடைய இமிடசோலுடன் இணைந்து பியூரின் வளையத்தைத் தருகிறது. நியூக்ளிக் அமிலத்தில் அடினைன் மற்றும் குவானைன், பியூரின் மூலத்திலிருந்துப் பெறப்படுகின்றன.



பியூரின்



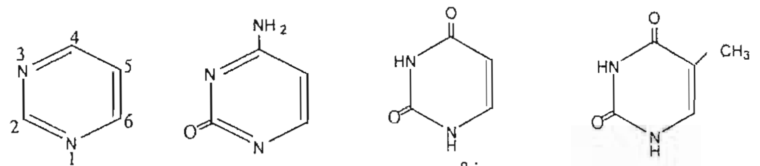
அடினைன்
(6 அமினோ பியூரின்)



குவானைன் (2- அமினோ- 6- ஆக்ஸோபியூரின்)

ii. **பிரிமிடின் காரங்கள்**

பிரிமிடின் காரங்கள், அதன் தாய்ச் சேர்மமான, பல்லின வளைய பிரிமிடினிலிருந்துப் பெறப்படுகின்றன. நியூக்ளிக் அமிலத்தில், யூராசில், தையமின் மற்றும் சைட்டோசின் பிரிமிடின் மூலத்திலிருந்துப் பெறப்படுகின்றன.



பிரிமிடின்; சைட்டோசின் (2 -ஆக்ஸோ- 4- அமினோ பிரிமிடின்); யூராசில் (2, 4- டை ஆக்ஸோ பிரிமிடின்); தையமின் (2,4- டை ஆக்ஸோ, 5 மெத்தில் பிரிமிடின்)

நியூக்ளிக் அமிலத்தில் உள்ள பிற காரங்கள்

DNA மற்றும் RNAவில், மேலே குறிப்பிட்ட நான்கு காரங்களைத் தவிர, பிற பொதுவாக காணப்படாத சில காரங்களும் காணப்படுகின்றன. அவை 5 மெத்தில் சைட்டோசின், N^4 அசிடைல் சைட்டோசின், N^6 மெத்தில் அடினைன், N^6N^6 டை மெத்தில் அடினைன், சுடோயூராசில் மற்றும் பல.

காரங்களின் இணைப்பு

காரங்கள் இணைப்பு, இரட்டைத் திருகுச் சுருள், DNA அமைப்பை நிர்வகிப்பது மட்டுமின்றி, DNA, RNA மற்றும் புரதம் உருவாக்குதலிலும் முக்கியப் பங்கு வகிக்கின்றது.

DNAவில்,

அடினைன் (A), தையமின் (T) உடனும்,

குவானைன் (G), சைட்டோசின் (C) உடனும் இணைகிறது.

RNAவில்,

அடினைன் (A), யூராசில் (U) உடனும்,

குவானைன் (G), சைட்டோசின் (C) உடனும் இணைகிறது.

→ இரண்டு ஹைட்ரஜன் பிணைப்பு

A = T (or) U

→ மூன்று ஹைட்ரஜன் பிணைப்பு

G ≡ C

DNAவின் அமைப்பில் சார்காஃப் விதி (DNA மூலப்பொருட்கள்)

அடினைன் - தையமின் மூலக்கூறுகளும், குவானைன் - சைட்டோசின் மூலக்கூறுகளும், DNAவில் சமமான அளவில் இருக்கின்றன. இப்படி பியூரின், பிரிமிடின் சரிவிகிதத்தில் DNAவில் இருப்பது சார்காஃப் விதியாகும்.

நியூக்ளியோடைடுகளின் அமைப்பு

நியூக்ளியோடைடுகள், நியூக்ளிக் அமிலத்தின் அடிப்படை அலகுகளாகும். ஒவ்வொரு நியூக்ளியோடைடும்,

1. பாஸ்பேட்
2. பென்டோஸ் சர்க்கரை
3. நைட்ரஜன் காரங்கள்

ஆகிய பகுதிப் பொருட்களைக் கொண்டது.

சர்க்கரை + காரம் ⟶ நியூக்ளியோசைடு

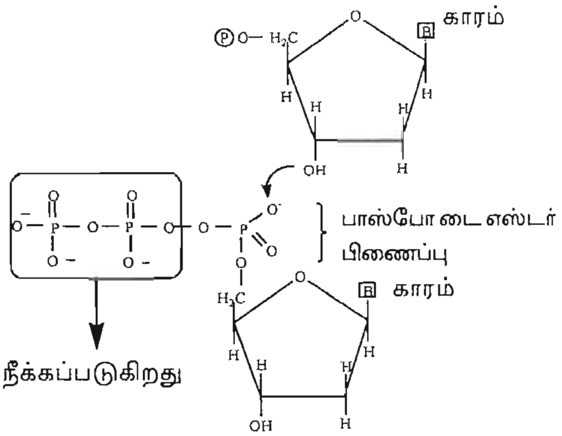
நியூக்ளியோசைடு + பாஸ்பேட் ⟶ நியூக்ளியோடைடு

6.1 DNA உருவாக்கம் (DNA Biosynthesis)

புதிய இரட்டை திருகுச் சுருள் DNA ஏற்கெனவே இருக்கும் DNAவிலிருந்து உருவாகும் செயல்முறை ரெப்ளிகேசன் எனப்படும். DNA பாலிமெரேஸ் (அ) DNA நியூக்ளியோடிடைல் டிரான்ஸ்பரேஸ் நொதியின் கண்டுபிடிப்பிற்கு பின்,DNA உருவாக்கத்தின் இயங்கமைப்பு தெளிவுப்படுத்தப்பட்டது. மோனோ நியூக்ளியோடைடுகளிலிருந்து பாலி நியூக்ளியோடைடுகளை பலபடியாக்கல் வினையின் மூலம் உருவாக்கும் இந்த நொதிக்கு கீழ்க்கண்டவை தேவைப்படுகின்றன,

1. புதிய இழை உருவாக, டெம்பிளேட் (template strand) இழை உதவுகிறது. டெம்பிளேட் இழையிலுள்ள வரிசை, எந்த நியூக்ளியோடைடு இணைய வேண்டுமென்பதை நிர்ணயிக்கிறது.
2. RNA ப்ரைமருடன் (Primer) புதிய நியூக்ளியோடைடுகள் இணைக்கப்படுகின்றன.
3. நான்கு நியூக்ளியோசைடு ட்ரை பாஸ்பேட்கள் முறையே, dGTP, dATP, dTTP, மற்றும் dCTP தேவைப்படுகின்றன.
4. துணை காரணியாக மெக்னீசியம் தேவைப்படுகிறது.

$$\begin{matrix} n\,d\,ATP \\ + \\ n\,d\,CTP \\ + \\ n\,d\,GTP \\ + \\ n\,d\,TTP \end{matrix} + \underset{(\text{ப்ரைமர்})}{RNA} \xrightarrow[Mg^{2+}]{\text{DNA பாலிமெரேஸ்}} \begin{pmatrix} dAMP \\ dCMP \\ dGMP \\ dTMP \end{pmatrix}_n + 4n\,(PPi)$$



படம் 6.1 பாஸ்போ டை எஸ்டர் பிணைப்பு உருவாக்கம்

இந்த வினைக்குத் தேவையான ஆற்றல், dATP, dCTP, dGTP மற்றும் dTTP ஆகிய ட்ரை பாஸ்பேட்களின் அதிக ஆற்றல் கொண்ட பிணைப்புகளின் நீராற்பகுத்தலின் மூலம் பெறப்படுகிறது. ஒவ்வொரு காரமும் புதிய தொடருடன் இணையும் போது அதன் இறுதியிலுள்ள பைரோ பாஸ்பேட்டை (PPi) இழக்கிறது (படம் 6.1).

6.1.1 ö µ" Î ÷P\ß A À»x C µmi "£ø huÀ (Replication)

ரெப்ளிகேசன் என்பது, DNA மாதிரியிலிருந்து ஒரே தன்மையுடைய புதிய சேய் DNA உருவாகுதல் ஆகும்.

ரெப்ளிகேசனின் மாதிரிகள்

ரெப்ளிகேசனை விளக்குவதற்கு மூன்று மாதிரிகள் எடுத்துரைக்கப்பட்டுள்ளன. அவை,

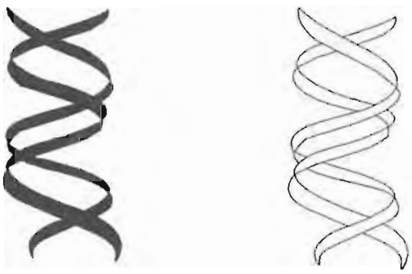
1. கன்சர்வேடிவ் ரெப்ளிகேசன் (Conservative)

2. டிஸ்பர்சிர்வ் ரெப்ளிகேசன் (Dispersive)

3. செமி கன்சர்வேடிவ் ரெப்ளிகேசன் (Semi conservative)

1. கன்சர்வேடிவ் ரெப்ளிகேசன்

இந்த முறையில் பெற்றோர் DNA ஒரு சேய் செல்லுக்கும், புதிதாக உருவாக்கப்பட்ட DNA மற்றொரு சேய் செல்லுக்கும் முழுவதுமாக அளிக்கப்படுகிறது (படம் 6.2).



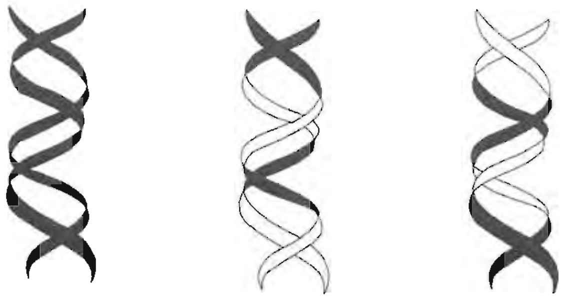
பெற்றோர் DNA

புதிதாக உருவாக்கப்பட்ட DNA (சேய் DNA)

படம் 6.2 கன்சர்வேடிவ் ரிப்ளிகேசன்

2. டிஸ்பர்சிவ் ரெப்ளிகேசன்

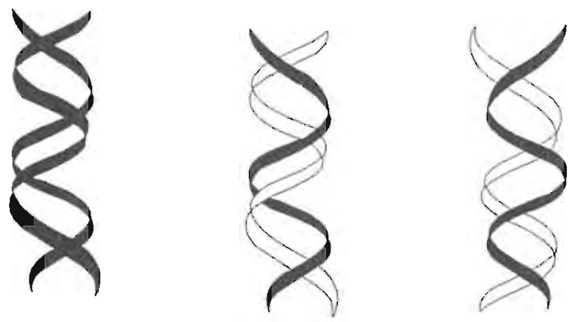
இந்த முறையில், பெற்றோர் DNA சமமற்ற விகிதத்தில், சேய் செல்களுக்கும் பகிர்ந்தளிக்கப்படுகிறது (படம் 6.3).



படம் 6.3 டிஸ்பர்சிவ் ரெப்ளிகேசன்

3. செமி கன்சர்வேடிவ் ரெப்ளிகேசன்

இம்மாதிரியின்படி, சேய் செல்லில் ஒரு பெற்றோர் இழையும், ஒரு புதிதாக உருவாக்கப்பட்ட சேய் இழையும் இருக்கும் (படம் 6.4).



படம் 6.4 செமிகன்சர்வேடிவ் ரெப்ளிகேசன்

இந்த முறையிலேயே இயல்பாக ரெப்ளிகேசன் நடைபெறுகிறது என்பதை ஆய்வின் மூலம் மெசல்சன் மற்றும்

ஸ்டால் 1957-ஆம் ஆண்டில் கண்டுபிடித்தனர். ஈகோலை செல்கள் $^{15}NH_4Cl$ மீடியத்தில் (Medium) பல தலைமுறைகள் வளர்க்கப்படுகின்றன. இதனால் DNAவில் உள்ள நைட்ரஜன் அணுக்கள் ^{15}N ஆக மாற்றப்படுகின்றன. சில செல்கள் இயல்பான NH_4Cl மீடியத்தில் வளர்க்கப்படுகின்றன. பின்பு ரெப்ளிகேசனின் மூலம் உருவான சேயிலிருந்து DNA பிரித்து எடுக்கப்பட்டு அதன் அடர்த்தி (Density gradient centrifugation)டென்சிடி கிரேடியன்ட் சென்டிரிபியூகேசன் மூலம் பகுத்தறியப்படுகிறது. ரெப்ளிகேசன் கன்சர்வேடிவ் முறையில் நடைபெற்றால், ^{15}N கொண்ட ஒரு கனத்த பட்டையும் (Band) மற்றொன்று ^{14}N கொண்ட சற்று மெல்லிய பட்டையும் கிடைக்கும். ஆனால் ரெப்ளிகேசன் செமி கன்சர்வேடிவ் முறையில் நடைபெற்றால், ^{15}N மற்றும் ^{14}N இரண்டும் கொண்ட, நடுத்தர அடர்த்தி உடைய ஒரே ஒரு இடைநிலை பட்டை மட்டும் கிடைக்கும்.

முதல் தலைமுறையில் கிடைக்கப்பெற்ற பட்டைகள், நடுத்தர அடர்த்தியைக் கொண்ட ஒரு இழையாக இருப்பதால், ரெப்ளிகேசன் செமிகன்சர்வேடிவ் முறையில் நடக்கிறது என்பதை உறுதிப்படுத்துகிறது.

6.1.2 ரெப்ளிகேசனின் படிநிலைகள் (Sequential process of Replication)

DNA ரெப்ளிகேசனின் தொடக்கம் (Initiation of DNA Replication)

DNA உருவாக்கம் ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியில் தொடங்குகிறது. இது ரெப்ளிகேசன் ஆரம்பப்புள்ளி (Origin) எனப்படும்.

புரோகேரியோட்டுகளில் ஒரு ஆரம்பப் புள்ளியும், யூகேரியோட்டுகளில் பல ஆரம்பப் புள்ளிகளும் உள்ளன. இந்தப் புள்ளி A = T கார இணைப்புகளாலான சிறிய தொடரைக் கொண்டது.

ரெப்ளிகேசன் குமிழிகள் (Replication Bubbles)

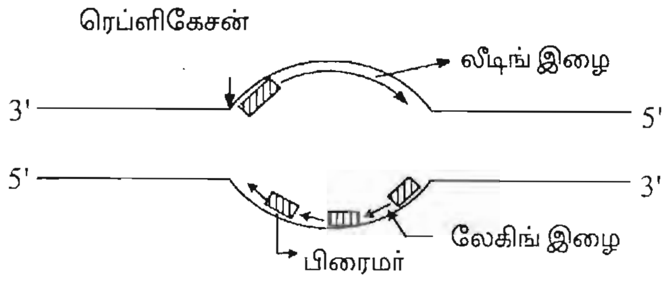
ரெப்ளிகேசன் ஆரம்பப்புள்ளியில் DNA வின் இரண்டு இணை இழைகளும் பிரிந்து ரெப்ளிகேசன் குமிழியை உருவாக்குகின்றன.

பெற்றோர் DNA சுற்று பிரிதல் (Unwinding of parental DNA)

ரெப்ளிகேசன் தொடங்கிய பிறகு, ஒவ்வொரு பத்து காரங்களும் சுற்று பிரிகிறது. இதுவே இரண்டு இழை பிரிதலுக்கும் ஏதுவாகின்றது.

புரோகேரியோட்டுகளில், இழைகள் பிரிவதற்கு ஹெலிகேஸ் (Helicase) என்ற நொதி உதவுகின்றது. ஒவ்வொரு கார இணைகள் பிரிவதற்கும் இரு ATP மூலக்கூறுகளின் நீராற்பகுப்பின் மூலம் பெறப்படும் ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது. மற்றொரு புரதமான ஒற்றை இழையில் இணையும் புரதம் (Single Stand Binding Protein) பிரிக்கப்பட்ட இழைகளுடன் இணைந்து, அவை மறுபடியும் இணைவதை தடுக்கின்றன.

DNA பாலிமெரேஸால், ப்ரைமரின் உதவியின்றி ரெப்ளிகேசனைத் தொடங்க இயலாது. ப்ரைமர் என்பது, ப்ரைமேஸ் என்ற நொதியின் மூலம் உருவாகும் RNAவை மூலப்பொருளாகக் கொண்ட சிறிய பாலி நியூக்ளியோடைடு ஆகும்.



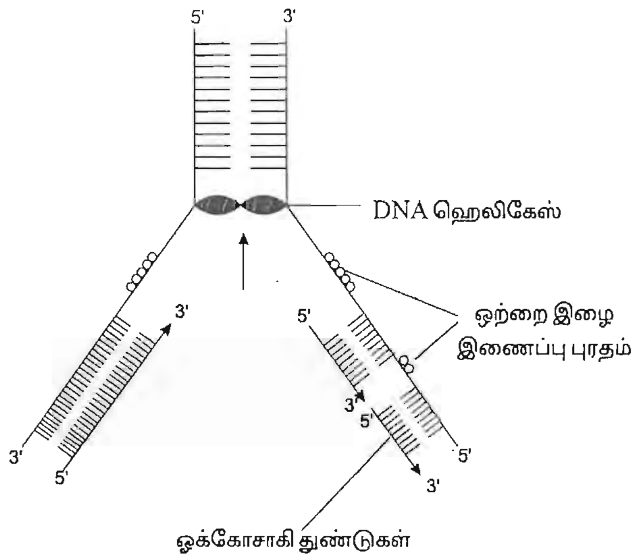
படம் 6.5 DNA ரெப்ளிகேசனின் தொடக்கம்

ஹைட்ரஜன் பிணைப்பு உடைவதன் மூலம், இரண்டு இழைகள் பிரிக்கப்படுகின்றன. இரட்டை திருகுச் சுருள் DNA, DNA பாலிமெரேஸ் என்ற நொதியின் உதவியோடு, Mg^{2+} முன்னிலையில் DNAவின் ஒரு இழை டெம்பிளேடாக செயல்பட, செல் திரவத்திலிருந்து நான்கு டி ஆக்ஸி ரைபோ நியூக்ளியோசைடு ட்ரை பாஸ்பேட்டுகள் ஈர்க்கப்பட்டு, டெம்பிளேட் இழைக்கு இணையான காரங்கள், ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகளால் பிரிந்த இழையில் சேர்க்கப்படுகின்றன. இந்த இணையான காரங்களை வரிசைப்படுத்த டெம்பிளேட் இழை உதவுகிறது.

பலபடியாக்கல் (Polymerisation)

இந்த வினையில் புதிதாகப் பிணைக்கப்படும் ஒவ்வொரு நியூக்ளியோடைடும் பைரோபாஸ்பேட்டை இழக்கிறது. இதன் விளைவாக மீதமுள்ள பாஸ்பேட் தொகுதி ஏற்கனவே உள்ள நியூக்ளியோடைடின் டி ஆக்ஸி ரைபோசின் 3' ஹைட்ராக்ஸில் தொகுதியுடன் இணைந்து, எஸ்டர் பிணைப்பை ஏற்படுத்துகிறது. இந்த இணைப்பு ''பாஸ்போ டை எஸ்டர் பிணைப்பு'' எனப்படும்.

பெற்றோர் இழைகள் எதிரெதிர் திசைகளில் ஓடுகின்றன. புதிய இழை உருவாகுதல், இரண்டு பெற்றோர் இழைகளிலிருந்தும் ஒரே நேரத்தில் ஆனால் வெவ்வேறு வேகத்தில் நடைபெறுகிறது. 3'⟶5' திசைகளில் இழைகளை உருவாக்க எந்த ஒரு நொதியும் இல்லை. ஒரே நொதி இரண்டு இழைகளை உருவாக்க முடியாது. ஒரு நொதி, 5'⟶ 3' திசையில் தொடர்ந்து ஒரு இழையை உருவாக்குகிறது. அந்த இழை லீடிங் இழை (Leading strand) எனப்படும். மற்றொரு இழையான, லேகிங் இழை (Lagging strand), தொடர்ச்சியற்ற முறையில் உருவாக்கப்படுகிறது. மேலும், இதில் குறைந்த அளவிலான (250) நியூக்ளியோடைடுகள், 5'⟶ 3' திசையில், லீடிங் இழைக்கு எதிராக உருவாக்கப்படும். இது அரை தொடர்ச்சி DNA உருவாக்கம் (Semi continuous DNA synthesis) என அழைக்கப்படுகிறது.



படம் 6.6 ரிப்ளிகேசன் ஃபோர்க் (Replication Fork)

தொடர்ச்சியற்ற முறையில் சிறிய சிறிய துண்டுகளாக புதிதாக உருவாக்கப்பட்ட DNA, ஓகாசாகி துண்டுகள் (Okazaki Fragments) எனப்படும். இது லைகேஸ் (Ligase) என்ற நொதியின் மூலம் இணைக்கப்படுகிறது (படம் 6.6).

புதிதாக உருவாக்கப்பட்ட ஒவ்வொரு சேய் இரட்டைத் திருகு சுருள் DNAவில், ஒரு பழைய இழையைக் கொண்ட பிரைமர் DNAவும், அதற்கு இணையான புதிய இழையும் இருக்கும். இறுதியில், உருவாக்கப்பட்ட புதிய சேய் இழையும், பெற்றோர் இழையும், ஒரே மூலக்கூறு சேர்க்கை மற்றும் வரிசையைக் கொண்டது. இதுவே ''ரெப்ளிகேசன்'' எனப்படும்.

6.2 டி ஆக்ஸி ரைபோ நியூக்ளியேஸ்கள் மூலம் DNA சிதைவடைதல்

நியூக்ளிக் அமிலங்கள், உட்கருவில் பெரும்பாலும் நியூக்ளியோ புரதங்களாகக் காணப்படுகின்றன. உணவில் உள்ள நியூக்ளிக் அமிலங்கள் HCl அமிலத்தின் மூலம் நியூக்ளிக் அமிலங்களாகவும் புரதங்களாகவும் பகுக்கப்படுகின்றன.

$$\text{நியூக்ளியோபுரதங்கள்} \xrightarrow{HCl} \text{நியூக்ளிக் அமிலங்கள் + புரதங்கள்}$$

நியூக்ளிக் அமிலங்கள், இரைப்பையில் எந்த வித மாற்றமும் அடையாமல் டியோடினத்தை அடைந்து, அங்குள்ள நொதிகளால் (நியூக்ளியேஸ் நியூக்ளியோடிடேஸ் மற்றும் நியூக்ளியோசிடேஸ்) பியூரின், பிரிமிடின் காரங்கள் மற்றும் பென்டோசுகளாகச் சிதைக்கப்படுகின்றன.

நியூக்ளிக் அமிலங்களைச் சிதைவடையச் செய்யும் மூன்று வகையான நொதிகள் கீழே விளக்கப்பட்டுள்ளன.

1. நியூக்ளியேசஸ் (Nucleases)

நியூக்ளிக் அமிலங்களைச் சிதைவடையச் செய்யும் நொதிகளுக்கு நியூக்ளியேசஸ் என்று பெயர். குறிப்பாக RNAக்களைச் சிதைவடையச் செய்யும் நொதிகள் ரைபோநியூக்ஸியேசஸ் என்றும், DNAக்களைச் சிதைவடையச் செய்யும் நொதிகள் டி ஆக்ஸி ரைபோ நியூக்ளியேசஸ் என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. சில நொதிகள் RNAக்களையும், DNAக்களையும் சிதைவடையச் செய்யும் தன்மை கொண்டவை.

டி ஆக்ஸி ரைபோ நியூக்ளியேஸ்கள், மேலும் இரு வகையாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன.

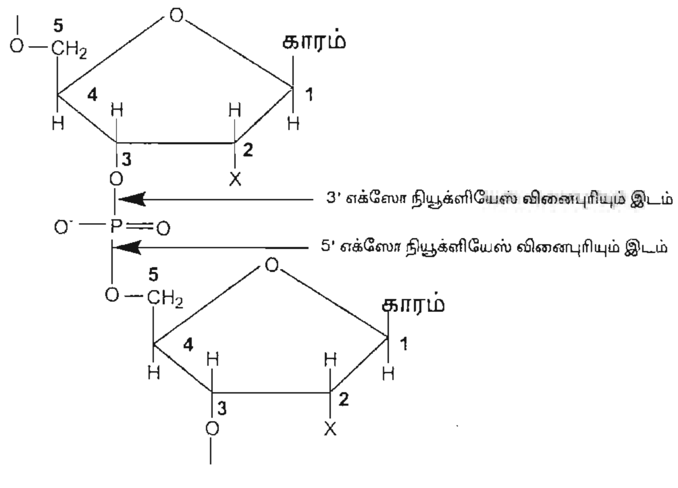
அ. **எக்ஸோ நியூக்ளியேசுகள்**, நியூக்ளிக் அமிலத் தொடரின் கடைசியிலுள்ள இரு நியூக்ளியோடைடுகளின் இடையே உள்ள பிணைப்பைத் துண்டிக்கும் நியூக்ளியேசுகள் ஆகும் (படம் 6.7).

ஆ. **எண்டோ நியூக்ளியேசுகள்**, நியூக்ளிக் அமிலத் தொடரின் மையத்திலுள்ள நியூக்ளியோடைடுகளின் இடையே உள்ள பிணைப்பைத் துண்டிக்கும் நியூக்ளியேசுகள் ஆகும்.

எக்ஸோ நியூக்ளியேசுகள், மேலும் இரண்டு வகையாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன. அவை,

1. ஒற்றை இழை DNAவின் 3' முனையில் வினைபுரியும்நொதிக்கு 3' எக்ஸோ நியூக்ளியேஸ்கள்.
2. ஒற்றை இழை DNAவின் 5' முனையில் வினைபுரியும் நொதிக்கு 5' எக்ஸோ நியூக்ளியேஸ்கள்.

பொதுவாக, இந்த இரு நொதிகளையும் பாஸ்போ டை எஸ்டரேஸ்கள் என்றும் அழைக்கலாம்.



படம் 6.7 எக்ஸோ நியூக்ளியேஸ்கள் வினைபுரியும் பகுதிகள்

நியூக்ளியோடிடேஸ்கள் (Nucleotidases) (பாஸ்படேஸ்கள்)

இந்த நொதி நியூக்ளியோடைடுகளை நீராற்பகுப்பின் மூலம் அதற்குரிய நியூக்ளியோசைடுகளாகவும், கனிம பாஸ்பேட் மூலக்கூறுகளாகவும் சிதைக்கிறது.

$$\text{நியூக்ளியோடைடுகள்} \xrightarrow{\text{பாஸ்படேஸ்}} \text{நியூக்ளியோசைடு} + \text{பாஸ்பேட்}$$

நியூக்ளியோசிடேஸ்கள் (நியூக்ளியோசைடு பாஸ்பாரிலேஸ்)

மேற்கூறிய முறையில் உருவான நியூக்ளியோசைடுகள், உட்கிரகிக்கப்படுகின்றன அல்லது காரங்களாகவும், சர்க்கரைகளாகவும் சிதைக்கப்படுகின்றன.

$$\text{நியூக்ளியோசைடு} \xrightarrow{\text{நியூக்ளியோசிடேஸ்}} \text{சர்க்கரை} + \text{காரம்}$$

6.3 RNA உருவாக்கம் (டிரான்ஸ்கிரிப்சன்) (படியெடுத்தல்)

RNA உருவாக்கம், DNA உருவாக்கத்தைப் போன்றது. ஆனால் RNA மூன்று வகைகளை (தூது RNA, இடமாற்ற RNA, ரிபோசோமல் RNA) உடையது. இதில் பிரிமிடின் காரம் தையமினிற்குப் பதில் யூராசில் உள்ளது. இந்த வகையில் இது DNAவிலிருந்து வேறுபடுகிறது. DNAவின் ஒரு இழையை டெம்பிளேட்டாகக் கொண்டு, அதற்கு இணையான காரங்கள் ஹைட்ரஜன் பிணைப்பின் மூலம் இணைக்கப்பட்டு RNA உருவாக்கப்படுகிறது. இதனைச் செயல்படுத்த RNA பாலிமெரேஸ் என்னும் நொதிக்கு DNA பாலிமெரேஸ்க்குத் தேவைப்படுவது போல நான்கு நியூக்ளியோடைடு டிரை பாஸ்பேட்களும், Mg^{2+}(அ)Mn^{2+} துணைக்காரணிகளும் தேவைப்படுகின்றன.

$$DNA \xrightarrow{\text{டிரான்ஸ்கிரிப்சன்}} RNA$$

$$\begin{matrix} n\,ATP \\ + \\ n\,CTP \\ + \\ n\,GTP \\ + \\ n\,UTP \end{matrix} \quad + \; DNA \; \xrightarrow[Mg^{2+}]{\text{RNA பாலிமெரேஸ்}} \begin{pmatrix} AMP \\ CMP \\ GMP \\ UMP \end{pmatrix}_n + DNA + 4n\,(PPi)$$

செயல்பாடு (Mechanism)

டிரான்ஸ்கிரிப்சனில் மூன்று நிலைகள் உள்ளன.

1. தொடக்க நிலை 2. தொடர் நிலை 3. முடிவு நிலை

தொடக்க நிலை (Initiation)

ஈ.கோலையில் (E.coli) எல்லா மரபணுக்களும், RNA பாலிமெரேஸ் என்ற ஒற்றை நொதியின் மூலம் டிரான்ஸ்கிரைப் செய்யப்படுகின்றது. இந்த ஹோலோ நொதி ட்ரான்ஸ்கிரிப்சனைத் தொடங்குவதற்குத் தேவைப்படுகிறது.

மேலும், இதிலுள்ள σ காரணி ப்ரோமோட்டர் (Promotor) பகுதியை கண்டறிந்து, டிரான்ஸ்கிரிப்சன் தொடங்க இன்றியமையாத பங்கு வகிக்கிறது. புரோகேரியோட்டில், பல்வேறு σ காரணிகள், வெவ்வேறு ப்ரோமோட்டர் பகுதிகளை கண்டறிய உதவுகின்றன. (ஈ. கோலையில், பொதுவான σ காரணி σ70).

நாற்பது முதல் அறுபது இணை காரங்கள் வரையிலான அளவினை உடைய ப்ரோமோட்டர் பகுதியில் ஹோலோ நொதி இணைந்து, அதற்குக் கீழ்திசையில் (Down stream)

ட்ரான்ஸ்கிரிப்சனைத் தொடங்குகிறது. இரண்டு ஆறு இணை காரங்கள் கொண்ட வரிசை ப்ரோமோட்டரில் உள்ளது. இந்த வரிசை ப்ரோமோட்டார் பணியை செய்ய முக்கியமானதாகும். இது ஒவ்வொரு உயிரினங்களிலும் கன்சர்வ்ட் (Conserved) ஆக உள்ளது. வழக்கமாக டிரான்ஸ்கிரைபாகும் நியூக்ளியோடைடு +1 என்று அழைக்கப்படும். -10 மற்றும் -35 இடங்களில், அதாவது 10 மற்றும் 35 இணைகாரங்கள் அடங்கிய மேல் திசையில் 2 ப்ரோமோட்டார் மூலகங்கள் (Promotor elements) உள்ளன (படம் 6.8).

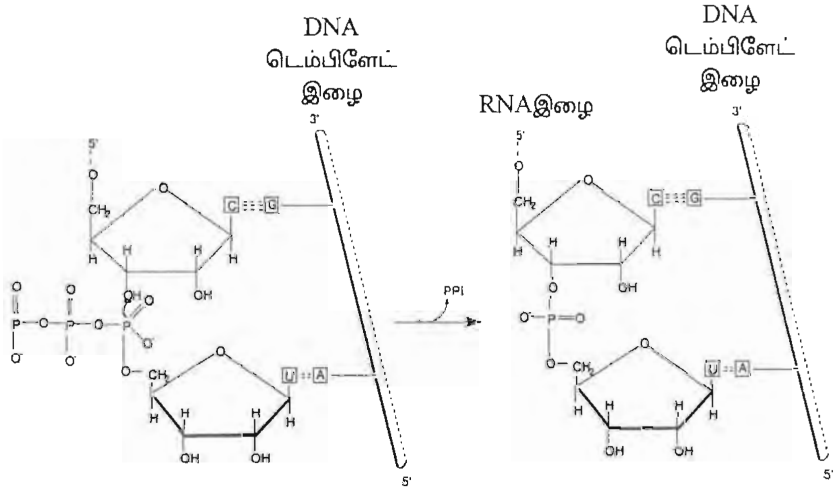
தொடர்நிலை (Elongation)

டிரான்ஸ்கிரிப்சன் தொடங்கிய பிறகு, σ காரணி ஹோலோ நொதியிலிருந்து விடுபட்டு, கோர் நொதியாக (core enzyme) (α,β,β',ω) மாற்றமடைந்து தொடர்நிலைக்குள் செல்கிறது. இந்த கோர் நொதியின் மூலம் பலபடியாக்கல் நடைபெறுகிறது. அநேகமாக, α காரணியில் இந்தத் திறன் உள்ளது. முதலில் டிரான்ஸ்கிரைப் செய்யப்படும் நியூக்ளியோடைடு பொதுவாக PPP G (அ) PPP A ஆகும். இந்த RNA பாலிமெரேஸ் RNAவை 5'⟶ 3' திசையில், நான்கு ரிபோநியூக்ளியோடைடு 5 ட்ரை பாஸ்பேட்கள் (ATP, GTP, CTP மற்றும் UTP) மூலக் காரணிகளைக் (Precursor) கொண்டு உருவாக்குகிறது.

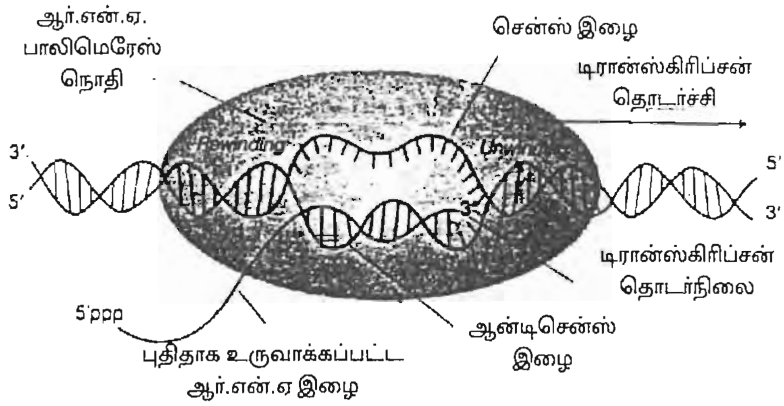
உருவாகும் RNA வின் 3'-OH முனை, அடுத்து வரும் ரிபோநியூக்ளியோடைடு 5' ட்ரை பாஸ்பேட்டின் 5' பாஸ்பேட்டுடன் சேர்ந்து 3' 5' பாஸ்போ டை எஸ்டர் பிணைப்பை ஏற்படுத்துகிறது. (படம் 6.8) RNA பாலிமெரேஸ், RNA டெம்பிளேட் மற்றும் புதிய RNA ஆகியவை சேர்ந்து முக்கூட்டுப் பொருள் (ternary complex) ஆகிறது. இழைகள் பிரிந்து டிரான்ஸ்கிரிப்சன் நடக்கும் DNA பகுதி, டிரான்ஸ்கிரிப்சன் குமிழி (Transcription bubble) எனப்படும். (படம்6.9). புதிய RNA டெம்பிளேட் DNAஇழையுடன் இணைந்து நிலையற்ற இடைநிலையான RNA-DNA கலப்புச் சுருளை உருவாக்குகிறது. பிறகு டிரான்ஸ்கிரிப்சன் தொடரும் போது RNA-DNA கலப்பிலிருந்து RNA தனியே பிரிகிறது. டிரான்ஸ்கிரிப்சன்

குமிழிக்கு முன்பு DNA இழைகள் பிரிந்தும், டிரான்ஸ்கிரிப்சன் முக்கூட்டுப்பொருள் நகர்ந்தபிறகு, DNA இழைகள் இணைந்தும் காணப்படுகின்றன.

DNA டெம்பிளேட்டிலுள்ள அடுத்த காரத்திற்கு இணையான நியூக்ளியோடைடு உள்வருகின்ற ரிபோநியூக்ளியோடைடாக தேர்ந்தெடுக்கப்படுகிறது. இந்தப் படத்தில் உள்வருகின்ற நியூக்ளியோடைடான UTP, அதற்கு இணையான, டெம்பிளேட் DNAவில் உள்ள காரத்துடன் இணைகிறது. 3'-5' பாஸ்போ டைஎஸ்டர் பிணைப்பு, நியூக்ளியோடைடுகளின் இடையே ஏற்பட்டு, RNA சங்கிலி 5'⟶ 3' திசையில் தொடரப்படுகிறது. இதில் PPi விலக்கப்படுகிறது (படம் 6.9).



படம் 6.8 RNA பாலிமெரேஸ் மூலம் டிரான்ஸ்கிரிப்சன் நடைபெறுதல்

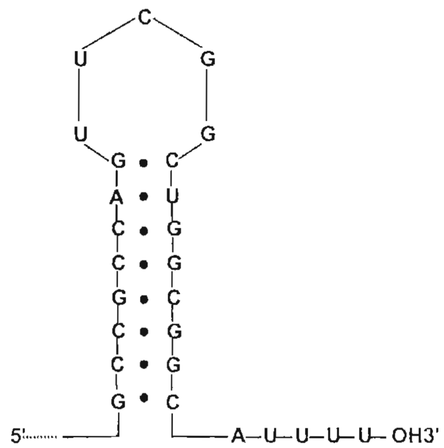


படம் 6.9 டிரான்ஸ்கிரிப்சன் குமிழி

இரட்டை திருகுச்சுருள் DNA, இழைகள் பிரிந்து DNA பாலிமெரேஸ் நொதி மற்றும் DNA டெம்பிளேட் இழையின் மூலம் RNA பிரதியை உருவாக்குகிறது. உருவான RNA, நிலையற்ற RNA-DNAகலப்புச் சுருளாக இருக்கும். பின் DNA இழைகள் இணைந்த பின், RNA தனியே பிரிந்து விடும்.

முடிவு நிலை (Termination)

முடிவு நிலை வரிசையை (Termination sequence) அடையும் வரை டிரான்ஸ்கிரிப்சன் தொடர்கிறது. பொதுவாக, முடிவுநிலை வரிசையின் அடையாளம் G≡C அதிகமுள்ள பகுதியாகும் இதனை பாலின்ரோம் என்பர். இதைத் தொடர்ந்து A=T அதிகமுள்ள வரிசை இருக்கும். DNA பாலின்ரோலிருந்து உருவான RNA சுய இணையாகும் (Self complementary). அதனால் உட்புறம் ஒரு G≡ C மற்றும் 4(அ) அதற்கு மேற்பட்ட U காரங்கள் கொண்ட கொண்டை ஊசி வளைவுப் பகுதியை ஏற்படுத்துகிறது. எல்லா டிரான்ஸ்கிரிப்சனும் வளைவு பகுதியை ஏற்படுத்தி முடிவதில்லை, அதற்குப் பதிலாக மற்றொரு புரதமான ''ரோ'' (Rho) புரதத்தின் உதவியுடன், முடிவுநிலை வரிசையைக் கண்டறிந்து டிரான்ஸ்கிரிப்சனை முடிவுறச் செய்கிறது (படம் 6.10).



படம் 6.10 முடிவுநிலையில் RNAவில் உருவாகும் கொண்டை ஊசி வளைவின் அமைப்பு

டிரான்ஸ்கிரிப்சனுக்குப் பின் நடைபெறும் மாற்றங்கள் (Post transcriptional modifications)

புரோகேரியோட்டுகளில் நடைபெறும் டிரான்ஸ்கிரிப்சனுக்குப் பின் நடைபெறும் மாற்றங்களுக்கு புரோகேரியோடிக் தூது RNA தேவைப்படுவதில்லை. புரோகேரியோட்டு தூது RNA முழுமைபெற டிரான்ஸ்கிரிப்சனுக்கு பிறகு ஏற்படும் மாற்றங்கள் நிகழ்ந்த பிறகே தூது RNA, இடமாற்ற RNA முழுமையாக உருவாக்கப்படுகின்றன. யூகோரியோட் செல்களில் டிரான்ஸ்கிரிப்சனுக்குப் பின் தோன்றும் விளைபொருளை முதன்மை டிரான்ஸ்கிரிப்ட் என்றும் பின் அவை பல மாற்றங்களுக்கு உட்பட்டு முழுமை நிலையை அடைகின்றன. இந்த மாற்றத்திற்கு தான் டிரான்ஸ்கிரிப்சனுக்கு பின் ஏற்படும் மாற்றம் என்று பெயர்.

6.3.1 தூது RNA தயார்நிலைப் படுத்துதல் (Processing of mRNA molecules)

மொழிபெயர்த்தலுக்கு (Translation) முன்பு தூது RNA கீழ்க்கண்ட மாற்றங்களுக்குள்ளாகிறது. அவை,

1. உட்கருவில், 200 (அ) அதற்கு மேற்பட்ட அடினோசைன்கள், தூது RNAவின் 3' முனையில் இணைக்கப்படுகின்றன. இது பாலி A வால் (Poly A tail) எனப்படும்.

2. மெத்திலேற்றம் செய்யப்பட்ட குவானைன் நியூக்ளியோடைடு 5' முனையில் இணைக்கப்படுகிறது. இது 5' தொப்பி (5' cap) எனப்படும்.

3. அடினைனில் N^6 இடத்தில் மெத்திலேற்றம் செய்யப்படுகிறது. ஆனால் இதன் பணி கண்டறியப்படவில்லை. இப்படியாக தூது RNA தயார் நிலைப்படுத்தப்படுகிறது.

5' ———————————————— 3'

மெத்தில் தொப்பி பாலி A வால்

தயார்படுத்தப்பட்ட mRNA

6.3.2 இடமாற்ற RNA மூலக்கூறுகள் தயார்நிலைப் படுத்துதல் (Processing of tRNA molecules)

பெரும்பாலான செல்கள், 40 முதல் 50 தனித்தன்மை உடைய இடமாற்ற RNAக்களைக் கொண்டுள்ளன. இந்த இடமாற்ற RNAக்கள், பொதுவாக நீளமான முன்னோடி (Precursor) RNAக்களிலிருந்து, நொதிகளின் உதவியுடன் 5' மற்றும் 3' முனைகளில் உள்ள சில நியூக்ளியோடைடுகள் நீக்கப்படுவதால் உண்டாகின்றன.

3'OH முனை உருவாக்கம்

இதில் ரிபோநியூக்ளியேஸ் D (RNase D)என்னும் நொதி, RNA வின் 3' முனையில் உள்ள கொண்டை ஊசி வளைவைக் கண்டறிந்து, CCA முனையை விட இரு காரங்களுக்குப் பிறகு, தனது செயல்பாட்டை நிறுத்துகிறது. 5' முனை தயார் செய்யப்பட்ட பிறகு, இவ்விரு காரங்களையும் இந்நொதி சிதைக்கிறது. இவ்வாறாக உருவாகும் RNA வுக்கு Pre tRNA என்று பெயர்.

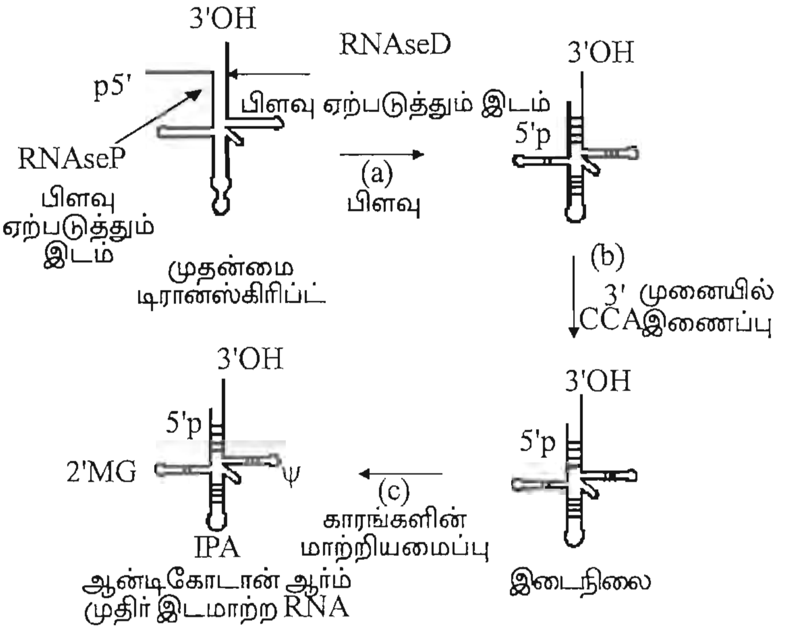
5'P முனை உருவாக்கம்

ரிபோநியூக்ளியேஸ் P (RNase P) என்ற நொதி, 5' முனையிலுள்ள, தேவைக்கதிகமான நியூக்ளியோடைடுகளை, எண்டோ நியூக்ளியோலைடிக் பிளவின் மூலம் உடைத்து, சரியான அளவுடைய 5' முனையை நிலைநிறுத்துகிறது.

உருமாறிய காரங்கள் உருவாதல்

உருமாறிய காரங்களை உருவாக்குவதே இடமாற்ற RNA தயார்படுத்துதலின் இறுதிநிலையாகும். இடமாற்ற RNA மூலக்கூறில், இரண்டு யூரிடின் காரங்கள் சுடோ யூரிடின்களாகவும் (ψ), ஒரு குவானோசின் -2' O-மெத்தில் குவானோசினாகவும் (2MG), ஒரு அடினைன் - ஐசோபெண்டைல் (IPA) அடினைனாகவும் மாற்றப்படுகின்றன. இதுவே கடைசி மாற்றமாகும்.

புரதம் உருவாக்குதலில் இடமாற்ற RNAவின் பங்கு (Role of tRNA in protein synthesis)



படம்.6.11 முதிர் இடமாற்ற RNA உருவாக்கம்

RNA க்களில் இடமாற்ற RNAவே மிகச் சிறியது. முன்னோடி மூலக்கூறுகளைத் தயார்நிலைப்படுத்துதலின் மூலம் சிறிய பலபடி இடமாற்ற RNAக்கள் உருவாகின்றன. இந்த இடமாற்ற RNA க்கள் பல பணிகளைச் செய்கின்றன. அவற்றில் முக்கியமானது, இடமாற்ற RNAக்கள் குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலத்துடன் இணைந்து, அவற்றை கிளர்ச்சியடையச் செய்து புரதத் தயாரிப்பில் ஈடுபடுத்துகின்றன. 20 அமினோ அமிலங்கள் இருப்பதால், 20 இடமாற்ற RNAக்கள் இருக்கும் எனக் கருதலாம். ஆனால் கோடான் டிஜெனரேட்டாக இருப்பதால், ஒரு அமினோ அமிலத்திற்குப் பல இடமாற்ற RNAக்கள் உள்ளன. இவை ஐசோ அக்சப்டார் இடமாற்ற

RNA (Isoacceptor) எனப்படும். ஒரு அமினோ அமிலத்துடன் இணையும் பல்வேறு இடமாற்ற RNAக்கள் தங்கள் நியூக்ளியோடைடு வரிசையில் வேறுபடுகின்றன. அவை, ஒரே ஆன்டிகோடானைக் கொண்டு, ஒரே கோடானைக் கண்டறிகின்றன அல்லது வெவ்வேறு ஆன்டிகோடான்களைக் கொண்டு, வெவ்வேறு கோடான்களைக் கண்டறிந்து, ஒரே அமினோ அமிலத்தைப் புரதத்தில் இணைக்கின்றன. மேற்கூறியவாறு ஒவ்வொரு இடமாற்ற RNAவும் ஒரே ஒரு அமினோ அமிலத்திற்குத் தெரிவுத்தன்மை கொண்டுள்ளதால், அந்த அமினோ அமிலத்துடன் இணைகின்றது. அதனால் $tRNA^{Ala}$ என்று குறிப்பிட்டால், அந்த இடமாற்ற RNA அலைனைனுக்குத் தெரிவுத்தன்மை கொண்டதாகும்.

கோடான் என்பது மூன்று காரங்கள் சேர்ந்தது தூது RNAவில் இருந்தால் இது கோடான் என்றும், இடமாற்றம் RNAவில் இருந்தால் ஆன்டிகோடான் என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. ஆன்டிகோடான் கோடானின் இணையாக இருக்கும்.

ரெப்ளிகேசனுக்கும், டிரான்ஸ்கிரிப்சனுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடுகள்

வரிசை எண்.	ரெப்ளிகேசன்	டிரான்ஸ்கிரிப்சன்
1.	மோனோமர் டி ஆக்ஸி ரைபோஸ் கொண்டது.	மோனோமர் ரைபோஸ் கொண்டது.
2.	விளைபொருள் RNA இரட்டை இழையுடையது.	விளைபொருள் RNA ஒற்றை இழை உடையது.
3.	RNA ப்ரைமர் தேவை.	RNA ப்ரைமர் தேவையில்லை.

4.	இரண்டு இழைகளும் டெம்பிளேட்டாக செயல்படுகின்றன.	ஒரு இழை மட்டும் டெம்பிளேட்டாக செயல்படுகிறது.
5.	DNA பாலிமெரேஸ் என்னும்நொதி ஈடுபடுகிறது.	RNA பாலிமெரேஸ் என்னும் நொதி ஈடுபடுகிறது
6.	DNA டெம்பிளேட் மாறுதலடையும்	DNA டெம்பிளேட் மாறுதலடையாது.

பயிற்சிகள்

I. சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடு.

a. DNA உருவாக்கத்தில் ஈடுபடும் இரட்டை இணை திறன் கொண்ட நேர்மின் அயனி.

i. கால்சியம் ii. மெக்னீசியம்

iii. பாஸ்பேட் iv. குளோரைடு

b. ஒகாசாகி துண்டுகள் இருப்பது

i. இரண்டு பெற்றோர் இழைகளிலும்

ii. இரண்டு சேய் இழைகளில்

iii. லீடிங் இழையில்

iv. லேகிங் இழையில்

c. G ≡ C மிகுந்த வரிசையைத் தொடர்ந்து, A=T மிகுந்த பகுதி காணப்படுவதின் அடையாளம்

i. தொடக்க நிலை ii. தொடர்நிலை

iii. முடிவுநிலை iv. ப்ரைமர் உருவாகுதல்

d. கீழ்க்கண்டவற்றில் எது மாற்றியமைக்கப்படாத காரம்

i. சுடோ யூராசில் ii. ஐசோ பென்டைல் அடினைன்

iii. மெத்தில் குவானைன் iv. டி ஆக்ஸி தையமின்

e. மெத்தில் தொப்பி மற்றும் பாலி A வால் காணப்படுவது

i. தூது RNA

ii. இடமாற்ற RNA

iii. ரைபோசோமல் RNA

iv. ஹெடிரோ நியூக்ளியஸ் RNA

II. கோடிட்ட இடத்தை நிரப்புக.

1. டெம்பிளேட்டிலிருந்து DNA உருவாக ------- தேவை.
2. டிரான்ஸ்கிரிப்சனுக்குப் பின் நடைபெறும் மாற்றங்களில், மாற்றியமைக்கப்படும் காரங்கள் ------------
3. RNA வில் அடினைனின் இணை ----------
4. DNA, RNA உருவாகத் தேவைப்படும் நான்கு நியூக்ளியோடைடுகள் -----------
5. RNA பிரைமர் உருவாகத் துணை புரிவது ----------

III. சரியா? தவறா?

1. RNA உருவாக TTP தேவை.
2. ஒகாசாகி துண்டுகள், ஹெலிகேசின் மூலம் இணைக்கப்படுகின்றன.
3. ஒற்றை இழையில் இணையும் புரதம் (SSB) இரட்டை இழையில் இணைந்திருக்கும்.
4. RNA பாலிமெரேஸில் உள்ள (α), σ காரணி பலவித ப்ரோமோட்டர்களைக் கண்டறிய உதவுகிறது.
5. இடமாற்ற RNAக்கள் தயார்நிலைப்படுத்தபடுவதில்லை.

IV. பொருத்துக.

1.	DNA	-	தூது RNA
2.	ரெப்ளிகேசன்	-	டி ஆக்ஸி ரைபோஸ்
3.	டிரான்ஸ்கிரிப்சன்	-	இடமாற்ற RNA
4.	ஆன்டி கோடான்	-	DNA உருவாக்கம்
5.	கோடான்	-	RNA உருவாக்கம்

V. கீழ்க்கண்டவற்றிற்குச் சுருக்கமாக விடையளி.

1. ஒகாசாகி துண்டுகளை இணைக்க எந்த நொதி பயன்படுகின்றது.
2. RNAவில் மாற்றியமைக்கப்படும் காரங்கள் யாவை?
3. RNA ப்ரைமரை எந்த நொதி உருவாக்குகிறது?
4. DNA விற்கு மட்டும் உரிய காரம் எது?
5. டிரான்ஸ்கிரிப்சன் முடிவு நிலையில் பங்கு பெறும் புரதம் எது?

VI. கீழ்க்கண்டவற்றிற்கு விடையளி.

1. நியூக்ளிக் அமிலங்கள் எவ்வாறு சிதைவுறுகின்றன என்பதை கூறுக.
2. DNA உருவாக்கத்தில் உள்ள பலபடி நிலைகளை விவரி?
3. RNAவின் டிரான்ஸ்கிரிப்சனுக்குப் பின் நடைபெறும் மாற்றங்களை வரிசைப்படுத்து.
4. டிரான்ஸ்கிரிப்சனின் செயல்முறையை விவரி?
5. புரதம் உருவாகுதலில் இடமாற்ற RNAவின் பங்கு என்ன?

பாடம் - 7

வளர்சிதை மாற்றங்களின் மரபுவழி கோளாறுகள்

முன்னுரை

முதன் முதலாக 1908ம் ஆண்டு கேராட் என்பவர் அல்பினிசம், அல்காப்டோனூரியா, சிஸ்டினூரியா மற்றும் பென்டோஸூரியா ஆகிய நான்கு அரிய நோய்கள் வளர்சிதை மாற்றங்களின் மரபு வழி கோளாறுகளினால் உண்டாகிறது என்பதனை கண்டுபிடித்தார். இந்த நோய்கள் குழந்தை பிறக்கும் போதே அதன் உடலில் இருப்பதால் மரபுவழி வந்ததாக கருதப்படுகிறது. வளர்சிதை மாற்றங்களில் மரபுவழி கோளாறுகள் ஏற்பட்டால் மரபுவழி நோய்கள் உண்டாகின்றன.

நமது உடலில் வளர்சிதை மாற்றம் இரண்டு சமநிலையுடைய செயல்களை கொண்டுள்ளது. வளர் மாற்றம் (உருவாக்கம்), சிதைமாற்றம் (அழிதல் அல்லது சிதைத்தல்). ஆற்றலை வெளியிடும் அல்லது உள்ளிழுக்கும் வளர்சிதை மாற்றங்கள் நொதிகளினால் துரிதப்படுத்தப்படுகின்றன. இவ்வாறு செயல்படும் நொதிகளில் ஏதேனும் ஒரு குறிப்பிட்ட நொதி இல்லையென்றாலோ அல்லது நொதி குறைப்பட்டாலோ உயிர்வேதி வினைகள் நடைபெறும்பாதையில் தடை ஏற்படுகிறது. இதன் மூலம் வளர்சிதை குறைபாடுகள் ஒரு மனிதனின் வாழ்நாள் முழுவதும் அவன் உடலில் காணப்படுவதோடு மட்டுமின்றி அவன் சந்ததிக்கும் சென்று சேருகிறது.

ஒரு நொதி இல்லையென்றாலோ அல்லது குறைப்பாட்டினால் வளர்சிதை மாற்றத்தின் இடைநிலைப் பொருட்கள் அசாதாரண முறையில் உடலில் சேர்ந்து விடுகிறது. மற்றும் அவை சிறுநீரில் அப்படியே அல்லது சிதைக்கப்பட்ட பொருளாக வெளியேற்றப்படுகிறது. அவ்வாறு உருவாகும் ஒருசில பொருட்கள் நச்சுத்தன்மை கொண்டவைகளாகவும் இருக்கின்றன. உதாரணமாக கீழ்க்கண்ட வினையில்

$$R \xrightarrow{a} B \xrightarrow{b} C \xrightarrow{c} D \xrightarrow{d} P$$

R என்பது ஆரம்பவினை பொருள், B,C,D என்பவை இடையில் உருவாகும் பொருட்கள். P என்பது விளைபொருள் மற்றும் a, b, c, d என்பவை கிரியா ஊக்கிகளாகச் செயல்படும் நொதிகள். மேற்குறிப்பிட்டுள்ள வேதிவினை பாதையில் ஈடுபடும் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட நொதிகள் அளவில் குறைந்து காணப்பட்டாலோ அல்லது நொதி இல்லை என்றாலோ, வேதிவினையின் இடைப்பட்ட வேதிப்பொருட்கள் அளவுக்கு அதிகமாக சேர்ந்து விடுகிறது. இதனால் வேதிவினையில் இறுதியில் கிடைக்கும் வினைவிளைப் பொருட்களின் அளவு குறைகிறது. இடைப்பட்ட வேதிப்பொருட்கள் அளவுக்கு அதிகமாக சேர்ந்து விடுகிறது. இதனால் நச்சுத்தன்மை உடலில் சேருவதோடு உடல் வளர்ச்சிக்கு மிகவும் முக்கியமான வினைவிளை பொருள் (P) அளவில் குறைவதால், நோய்கள் வரவும் வாய்ப்பு உள்ளது.

ஒரு நொதி என்பது ஒரு குறிப்பிட்ட வினைக்கு மட்டுமே கிரியா ஊக்கியாக செயல்பட முடியும். பீடல் மற்றும் டாட்டம் என்ற இரண்டு விஞ்ஞானிகள் ‘ஒரு மரபு அணு - ஒரு நொதி’ என்ற தங்களுடைய நான்காவது கோட்பாட்டை விளக்கி உள்ளனர். இதன்படி ஒரு நொதியின் உருவாக்கத்தில் ஒரு மரபு அணு மட்டுமே ஈடுபடுகிறது. நொதிகள் அனைத்தும் புரதங்களாக இருப்பதாலும், புரதங்கள் நியூக்ளிக் அமிலங்களின் செயல்பாடுகளினால் உருவாவதாலும் DNAவில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் அவை

உருவாக்கும் புரதங்களிலும் காணப்படுகின்றன. ஆகவே நொதிகளின் குறைபாட்டினால் உருவாகும் நோய்கள் டி.என்.ஏ. வின் மூலக்கூறு மாறுபாட்டினால் உண்டாகின்றது. பொதுவாக இவ்வாறு உண்டாகும் மரபியல் நோய்களை குணப்படுத்த முடிவதில்லை. இந்த மரபு வழி நோய்களால் பாதிக்கப்படுபவர்கள் எட்டிரோசை கோட்டுகளாகவோ (மரபு அணுவின் ஒரு அல்லில் மட்டுமே பாதிக்கப்பட்டவர்) அல்லது ஓமோசைகோட்டுகளாகவோ (மரபு அணுவின் இரண்டு அல்லில்களும் பாதிக்கப்பட்டவர்) இருக்கின்றனர். பாதிக்கப்பட்ட மரபு அணு ஆட்டோசோமல் (autosomal) குரோமோசோம்களிலோ அல்லது இனப்பெருக்க குரோமோசோம்களிலோ காணப்படலாம்.

கேலக்டோசீமியா, வான்-கீர்க் நோய், ஈமோபீலியா, அல்பினிசம், ஆல்காப்டோனூர்யா மற்றும் டே-சாக்ஸ் நோய் ஆகிய முக்கியமான நோய்கள் சில வளர்சிதை மாற்றங்களின் மரபு வழி கோளாறுகளினால் உண்டாகின்றன.

7.1 கேலக்டோசிமியா (Galactosemia)

இது ஒரு மரபு வழி கோளாறு ஆகும். இந்நோயில் கேலக்டோஸ் குளுக்கோஸாக மாற்றம் அடைய முடிவதில்லை. இந்த நோய் கருத்துக் கணிப்பின் படி பிறக்கும் குழந்தைகள் 18,000 பேரில் ஒருவருக்கு மட்டும் உள்ளதாக கருதப்படுகிறது.

காரணங்கள்

கேலக்டோசில் இருந்து குளுக்கோஸ் உருவாகும் உயிர் வேதியில் மாற்றத்தில் ஈடுபடும் நொதிகளின் குறைபாட்டினால் இந்த நோய் ஏற்படுகிறது. இந்த வேதிவினை வழிமுறை கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது (படம் 7.1).

கேலக்டோஸ் $\xrightarrow{a}$ கேலக்டோஸ்-1-பாஸ்பேட்

$\xrightarrow{b}$ UDP கேலக்டோஸ் $\xrightarrow{c}$ UDP குளுக்கோஸ்

a =கேலக்டோகைனேஸ், b = UDP கேலக்டோஸ்-

-1- பாஸ்பேட் யூரிடைல் டிரான்ஸ்பரேஸ், c = எபிமரேஸ்

படம் 7.1 கேலக்டோஸின் வளர்சிதை மாற்றம்

கேலக்டோசீமியா என்ற நோயில் கீழ்காணும் நொதிகளின் செயல்திறன் குறைபாட்டினால் கேலக்டோஸ் குளுக்கோஸாக மாற்றம் அடைவதில்லை.

அ. கேலக்டோகைனேஸ்,

ஆ. கேலக்டோஸ்-1-பாஸ்பேட் யூரிடைல் டிரான்ஸ்பரேஸ்

அறிகுறிகள்

கேலக்டோஸ்-1 -ாஸ்பேட் யூரிடைல் டிரான்ஸ்பரேஸ் என்ற நொதியின் குறைபாடு மிகவும் முக்கியம் வாய்ந்ததாக கருதப்படுகிறது. இந்த குறைப்பாட்டினால் கேலக்டோஸ் இரத்தத்தில் அதிக அளவில் சேர்ந்து விடுகிறது. பின்னர் ஆல்டோஸ் ரிடிடக்டேஸ் என்ற நொதியினால் கேலக்டிடால் (Galactitol) ஆக மாற்றப்பட்டு கண்களில் பாதிப்பை (Cataract) ஏற்படுத்துகிறது.

கேலக்டோஸ்-1-பாஸ்பேட் யூரிடைல் டிரான்ஸ்பரேஸ் என்ற நொதியின் குறைபாடு சாதாரண நிலையில் ஏற்படுமாயின் அது மிகவும் மோசமான நிலையை ஏற்படுத்தும். கேலக்டோஸ்-1-பாஸ்பேட் கல்லீரலில் மிகுதியாக சேர்ந்து விடுவதால் அதிலுள்ள கனிம பாஸ்பேட் முழுவதையும் வெளியேற்றி விடுகிறது.

இதனால் கல்லீரல் தன் செயல்பாட்டை இழப்பதோடு மூளை செயல்பாடும் குறைந்து காணப்படுகிறது. இந்நோயால் பாதிக்கப்பட்ட குழந்தை மனநலம் குன்றிய குழந்தையாக செயல்படுகிறது.

குழந்தைகள் பிறக்கும் போது நல்லநிலையிலும் பின்னர் இந்த குழந்தைகள் சரிவர அழாமலும், பலவீனமாகவும் காணப்படுகின்றன. இந்த குழந்தைகளுக்கு அடிக்கடி வாந்தி மற்றும் இரத்தத்தில் குளுக்கோஸின் அளவு குறைந்தும் (Hypoglycemia) காணப்படுகின்றன. 2-3 மாதங்களுக்குப் பிறகு இந்த குழந்தைகளின் கல்லீரலில் கொழுப்பு அதிகரித்தும் பின்னர் கல்லீரலில், செல்கள் செயலிழந்து காணப்படும். இந்த வயதில் காலக்டோசீமியாவின் காரணமாக மூளையின் கார்டெக்ஸ் (Cortex) பகுதியில் கேலக்டோஸ் மற்றும் கேலக்டோஸ்-1-பாஸ்பேட் படிமானம் அதிகமாக ஏற்படுகிறது. இதன் காரணமாக மனநல பாதிப்பும் ஏற்படுகின்றது. எனவே இந்த நோயால் பாதிக்கப்பட்ட குழந்தைகள் கல்லீரல் பாதிப்பு, வளர்ச்சியின்மை மற்றும் மனநலம் குன்றி காணப்படுகின்றன.

7.2 வான்கீர்க் நோய் (Von-Gierke's Disease)

இது ஒரு அரிதான மரபுச் சார்ந்த குறைபாடு ஆகும். இந்த வகையான நோய் 'கிளைகோஜன் சேமிப்பு நோய்' வகையைச் சார்ந்தது. இந்த வகையான நோய்கள் கிளைகோஜன் வளர்சிதை மாற்றத்தில் ஈடுபடும் நொதிகளின் குறைபாட்டினால் உண்டாகிறது. இதனால் அளவுக்கு அதிகமாக பாலிசாக்கரைடுகள் கல்லீரல், நார் தசை மற்றும் இருதய திசுக்களில் சேர்ந்து விடுகின்றன.

வான்கீர்க் நோய் கிளைக்கோஜன் சேமிப்பு நோய்களில் முதன் முதலாக கண்டுபிடிக்கப்பட்ட நோயாகும். இந்த நோயினால் இரண்டு லட்சம் மக்களில் ஒருவர் பாதிக்கப்படுவதாகக் கணக்கெடுக்கப்பட்டுள்ளது.

காரணங்கள்

வான்கீர்க் நோயால் கல்லீரல் அதிகமாக பாதிக்கப்படுகிறது. குளுக்கோஸ்-6-பாஸ்படேஸ் என்ற நொதியின் குறைபாட்டினால் இந்த நோய் ஏற்படுகிறது. இந்த நொதி கிளைகோஜனிலிருந்து குளுக்கோஸ்-6-பாஸ்பேட் மற்றும் குளுக்கோஸ் உருவாக காரணமாக உள்ளது.

கிளைகோஜன் $\xrightarrow{a}$ குளுக்கோஸ்-6-பாஸ்பேட்

$\longrightarrow$ குளுக்கோஸ் + Pi

a = குளுக்கோஸ்-6-பாஸ்படேஸ்

படம் 7.2 கிளைகோஜன் குளுக்கோஸாக மாற்றமடைதல்

அறிகுறிகள்

கல்லீரல் மற்றும் சிறுநீரகத் திசுக்களில் கிளைகோஜன் அதிகமாக சேர்ந்து விடுகிறது. கீடோசிஸ் (Ketosis) மற்றும் ஹைப்பர் லிபிடிமியா (hyperlipidemia) ஆகியவை சில அறிகுறிகளாகும். கல்லீரலில் உள்ள கிளைகோஜன் அளவு 15 சதவிதம் அதிகரிக்கிறது. சில சமயங்களில் சிறுநீரகத்திலும் கிளைகோஜன் சேர்த்து வைக்கப்படுகிறது. இதனால் கல்லீரல் வீக்கம் காணப்படுகிறது. உணவுக்கு இடைப்பட்ட காலங்களில் ஹைப்போகிளைசீமியா ஏற்படும். இந்த நோய் உள்ளவர்களுக்கு கிளைகோஜன் செலுத்தப்பட்டால், இரத்தத்தில் குளுக்கோஸ் அளவு அதிகரிக்காமல் இருக்கும். கன்வல்சன் வருவதும் நோயின் முக்கிய அறிகுறியாகும். குளுக்கோஸ்-6-பாஸ்பேட் கல்லீரலை விட்டு வெளியேறாமல் அங்கேயே தங்கி விடுவதால் அதை ஈடு செய்யும் பொருட்டு கிளைகாலைசிஸ் அதிகரிக்கப்பட்டு பைருவிக் மற்றும் லாக்டிக் அமிலங்கள் அதிக அளவில் உருவாகின்றன.

வான்கிரீக் நோயால் பாதிக்கப்பட்டவர்கள் அடிக்கடி உண்பதன் மூலம் ஹைப்போகிளைசீமியா நிலையை தவிர்க்கலாம். இதுவே இந்நோய்க்கு உள்ள சிகிச்சையாகும்.

7.3 ஹீமோபீலியா (Hemophilia)

இரத்தம் உறைதல் என்பது மனித உடலில் இருந்து இரத்தம் அதிகமாக வெளியேறாமல் தடுக்கும் ஒரு பாதுகாப்பு நிகழ்ச்சி ஆகும். இரத்தம் உறைதல் நிகழ்ச்சியில் மொத்தம் 13 காரணிகள் (பெரும்பாலும் புரதங்கள்) பங்கு பெருகின்றன. இந்த புரதங்களில் ஒன்றோ அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட காரணிகளின் தொகுத்தலில் குறைபாடு ஏற்படும் போது இரத்தம் உறைதல் பாதிக்கப்பட்டு அதிகமாக இரத்தப்போக்கு (Hemorrhage) ஏற்படுகிறது.

மரபு வழியாக வரும் இந்த குறைகள் (நோய்கள்) பொதுவாக ஹீமோபீலியாஸ் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

காரணங்கள்

ஹீமோபீலியா என்பது இரத்தம் உறைவது தாமதிக்கப்படும் வரும் ஒரு மரபு வழி நோயாகும். இந்த நோயால் பாதிக்கப்படும் மனிதர்கள் ஹீமோபீலியாக்ஸ் அல்லது பிலிடர்ஸ் (Hemophiliacs or Bleeders) என்று அழைக்கப்படுவர். பெரும்பாலும் இந்த நோய் ஆண்களையே பாதிக்கிறது. மூன்று வகையான ஹீமோபீலியா நோய்கள் காணப்படுகின்றன.

1. இரத்தம் உறைதல் நிகழ்வில் பங்குபெரும் காரணி VIIIன் குறைபாட்டினால் உண்டாவது ஹீமோபீலியா A.
2. காரணி IXன் குறைபாட்டினால் ஹீமோபிலீயா B உண்டாகிறது.
3. காரணி XIன் குறைபாட்டினால் ஹீமோபீலியா C ஏற்படுகிறது.

அறிகுறிகள்

இந்த நோய் உள்ளவர்களுக்கு சிறிய அளவில் காயங்கள் ஏற்பட்டாலோ அல்லது பல் அகற்றும்போது அதிக அளவில் இரத்தப்போக்கு இருக்கும். இந்த நோயாளிகளின் இரத்தம் உறைவதற்கான நேரம் அதிகமாக இருக்கும்.

7.4 அல்பினிசம் (Albinism)

இந்த வகையான நோய் ஹைப்போமெலனோசிஸ் (Hypomelanosis) காரணமாக வருகிறது. ஹைப்போமெலனோசிஸ் என்பது மெலனின் என்ற நிறமி தோல் மற்றும் கண்களில் குறைவாக உருவாகும் நிலையைக் குறிக்கும். இந்நோய் தைரோஸினேஸ் என்ற நொதியின் குறைப்பாட்டினால் ஏற்படுகிறது. இந்த நொதி மெலனின் உருவாக்கத்திற்கு மிகவும் உதவுகிறது. இந்த நொதியின் குறைபாட்டால் மெலனின் மெலனேசைட்டில் இருந்து உருவாக்கப்படுவதில்லை. இதனால் தோல், மயிர், ஸ்கெலரோ (Sclera)மற்றும் கேராய்டுஸ் (Choroids) போன்றவை பாதிக்கப்படுகின்றன. மெலனின், தைரோஸின் என்ற அமினோ அமிலத்திலிருந்து தொகுக்கப்படுகிறது (படம் 7.3).

தைரோஸின் —(தைராசினேஸ்)→ 3,4, டைஹைட்ராக்சி

ஃபினைல் அலனின் → டோபாகுயினோன்

→ யூமெலனின் மற்றும் பியோமெலனின்

படம் 7.3 தைரோஸினிலிருந்து மெலனின் தொகுத்தல்

பொதுவாக இரண்டு வகையான அல்பினிசம் காணப்படுகிறது: 1. ஆக்குலோ க்யுடேனியஸ் (Oculo-cutaneous) - இவ்வகையில் கண்கள் மற்றும் தோல் பகுதியில் நிறமிகள் குறைந்து

காணப்படுகின்றன. 2. ஆக்குலார் அல்பினிஸம் (Ocular albinism)- இதில் கண்களில் மட்டும் நிறமிகளின் அளவு குறைந்து காணப்படுகிறது. ஆனால் தோல் பாதிக்கப்படுவதில்லை.

7.5 அல்காப் டோனூரியா (Alkaptonuria)

இது ஒரு அரிதான மரபு வழி கோளாறாகும். பினைல் அலனின் மற்றும் தைரோசின் அமினோ அமிலங்களின் வளர்சிதை மாற்றங்களின் குறைபாட்டினால் இந்த நோய் ஏற்படுகிறது. இந்த நோய் பத்து இலட்சம் பேருக்கு ஐவர் என்ற கணக்கில் காணப்படுகிறது.

காரணங்கள்

ஹோமோஜென்டிசேட் ஆக்ஸிடேஸ் என்னும் நொதி தைரோசின் என்னும் அமினோ அமிலத்தை அசிடைல் CoA மற்றும் அசிடேட் ஆக மாற்றும் வினையில் ஈடுபடுகிறது. இவ்வினைத் தொடரின் போது இடைநிலையாக உருவாகும் ஹோமோஜென்டிசிக் அமிலம் ஹோமோஜென்டிசேட் ஆக்ஸிடேஸ் என்ற நொதியினால் ஆக்ஸிஜேனேற்றம் செய்யப்படுகிறது. இந்த நொதியின் குறைபாட்டினால் ஹோமோ ஜென்டிசிக் அமிலம் உடலில் அதிகமாக சேருகிறது (படம் 7.4).

தைரோஸின் ⟶ ⟶ ஹோமோ ஜென்டிசிக் அமிலம்

↓ ஹோமோஜென்டிசேட் ஆக்ஸிடேஸ்

மெலியில்
அசிடைல் CoA + அசிடேட் ⟵ ⟵ அசிடோ அசிடேட்

படம் 7.4 தைரோஸின் சிதைவடைதலில் ஹோமோஜென்டிசேட் ஆக்ஸிடேஸ் நொதியின் பங்கு

அறிகுறிகள்

இந்த நோயால் பாதிக்கப்பட்டவர்களின் இரத்ததிலும் திசு மற்றும் சிறுநீரிலும் அதிக அளவில் ஹோமோ ஜென்டிசிக் அமிலம் காணப்படும். இந்த நோயாளிகளின் சிறுநீர் காற்றில் வைத்திருக்கும் போது சற்று நேரத்திற்குள் நிறம் மாறி கருப்பாக தோற்றமளிக்கும். தைரோசினில் இருந்து உருவாகும் வேறுசில பொருட்களும் இது போல ஆக்ஸிஜனேற்றம் பெற்று நிறம் மாறும் தன்மை கொண்டவைகளாக இருக்கின்றன. இந்த நிறமிகள் 'அல்காப்டன்கள்' என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இவ்வகையான 'அல்காப்டன்கள்' காதுகளின் கார்டிலேஜஸ் இணைப்பு திசுக்கள் மற்றும் மூட்டுகளில் தங்கி விடுவதால் ஆர்த்தரிடிஸ் வரவும் காரணமாக உள்ளன. இது ஆக்ரோனோசிஸ் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

ஹோமோ ஜென்டிசிக் அமிலம் பாலி பினைல் ஆக்ஸிடேஸ் என்ற நொதியின் மூலம் ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடையும்போது பென்சோகுயினால் என்ற வேதிப்பொருள் உருவாகி அது பாலிமரைஸ் ஆவதால் இணைப்பு திசுக்களில் சேர்ந்து ஆர்த்தரிடிஸ் உண்டாக காரணமாக அமைகிறது.

7.6 டே-சாக்ஸ் நோய் (Taysach's Disease)

கேங்ளியோசைடுகள் எல்லாம் கிளைகோஸ்பிங்கோ லிப்பிடுகளாகும். இவை பல்வேறு திசுக்களின் செல்சவ்வுகளின் சிறிதளவு பொதிந்துள்ளன. குறிப்பாக நரம்பு திசுக்களில் கேங்ளியோசைட்ஸ் அதிகமாக காணப்படுகின்றன. பொதுவாக கிளைகோஸ்பிங்கோ லிப்பிடுகளில் உள்ள கார்போஹைட்ரேட்டுகள் லைசோசோம்களில் காணப்படும், நீராற் பகுப்பு வினையில் ஈடுபடும் நொதிகளால் நீக்கப்படுகின்றன. இந்த நொதிகளின் குறைபாட்டினால் சில மரபு வழி நோய்கள் உருவாகின்றன என்று பல ஆராய்ச்சி முடிவுகள் கூறுகின்றன.

கேங்ளியோசைடுகள் ஸ்பிங்கோசைனிலிருந்து கீழ்க்கண்டவாறு தொகுக்கப்படுகின்றன.

ஸ்பிங்கோசைன் ⟶ சிராமைடு ⟶ குளுக்கோசைல் சிராமைடு ⟶ குளுக்கோசைல் சிராமைடு கேலக்டோஸ் ⟶ ஜிஎம்$_3$ (GM_3) ⟶ ஜிஎம்$_2$ (GM_2)

↓ ஹெக்ஸோமினிடேஸ் A

ஜிஎம்$_1$ (GM_1)

(ஜிஎம்$_1$, ஜிஎம்$_2$ மற்றும் ஜிஎம்$_3$ இவை கேங்ளியோசைடுகள்)

காரணங்கள்

டே-சாக்ஸ் நோய் என்பது ஹெக்ஸோமினிடேஸ் A என்ற நொதியின் குறைபாட்டினால் உருவாகிறது. இக்குறைபாட்டினால் ஜிஎம்$_2$ என்ற கேங்ளியோசைடு மூளை மற்றும் மண்ணீரலில் அதிகமாக சேர்ந்து விடுகிறது. ஆகவே ஜிஎம்$_2$ கேங்ளியோசைடு டே-சாக்ஸ் கேங்ளியோசைடுகள் என்று அழைக்கப்படும். இந்த நொதியின் குறைபாடு காரணமாக ஜிஎம்$_2$ கேங்ளியோசைடை ஜிஎம்$_1$ கேங்ளியோசைடாக மாற்ற முடியாது. எனவே மூளை செல்களில் உள்ள லைசோசோம்களில் ஜிஎம்$_2$ அதிக அளவில் திரளப்படுகிறது (Accumulation). சில சமயங்களில் 100-300 மடங்கு அதிகமாக ஜிஎம்$_2$ அளவு உயர்ந்து காணப்படும். இதன் காரணமாக நரம்பு மண்டலம் பாதிக்கப்படும் வாய்ப்பு உள்ளது.

அறிகுறிகள்

தசைகள் வலுவிழத்தல், வளர்ச்சி பாதிப்பு, உணவு உட்கொள்வதில் சிரமங்கள் போன்றவை முதல்நிலை அறிகுறிகளாகத் தோன்றும். மனவளர்ச்சி குன்றுதல் மற்றும் பார்வை கோளாறுகள் போன்றவை முக்கிய அறிகுறிகள் ஆகும். இந்த நோய் கண்ட குழந்தை இரண்டிலிருந்து ஐந்து வயதுக்குள் இறந்து விட

வாய்ப்பு உண்டு. 90 சதவிதத்திற்கும் மேற்பட்ட நோயாளிகளுக்கு கண் பார்வையில் இளஞ்சிவப்பு புள்ளிகள் காணப்படும். குழந்தை கருவிலிருக்கும் போதே தாயின் கர்ப்பபையிலிருந்து எடுக்கப்படும் அம்மினியாடிக் திரவத்திலிருந்து ஹெக்ஸோமினிடேஸ் A நொதியின் அளவைக் கணக்கிட்டு இந்நோய் குழந்தையைத் தாக்குமா என்பதனை கண்டுபிடிக்கலாம்.

7.7 நியோபிளாசம் (Neoplasm)

புற்றுநோய் என்பது இருதய நோய்க்கு அடுத்தபடியாக மக்களின் இறப்புக்கு காரணமாக உள்ளது. இந்நோய் எந்த வயதிலும் வரக்கூடும். உடலின் எல்லா பாகங்களிலும் இந்நோய் வர வாய்ப்பு உண்டு. புற்றுநோய் செல்களுக்கு மூன்று முக்கியமான பண்புகள் உண்டு : 1. ஒழுங்கு முறை படுத்தப்படாத செல் பகுப்பு முறைகள் ; 2. அருகில் உள்ள செல்களுக்கு பரவும் தன்மை (Invasion); 3. இரத்த குழாய்களின் மூலம் உடலின் மற்ற பாகங்களுக்கு பரவும் தன்மை (Metastasis). செல் வளர்ச்சி மற்றும் செல் பெருக்கம் என்பது முறைபடுத்தபட்ட ஒரு செயல்பாடு ஆகும். இந்த கட்டுப்பாட்டை இழக்கும் செல்களின் பெருக்கம் அதிகரிக்கப்பட்டு டியூமர் கட்டிகள் உருவாகின்றன. இந்த நிகழ்ச்சி நியோபிளாசம் என்று அழைக்கப்படுகிறது. நியோபிளாசத்தின் முதன் நிகழ்ச்சியாக DNAவில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது. பெரும்பாலும் டியூமர் கட்டிகள் வேறு இடங்களுக்கு பரவாமல் ஒரே இடத்தில் இருக்கும். இந்த வகையான டியூமர் பினைன்டியூமர் (Benign Tumour) என்றழைக்கப்படுகிறது. இந்த வகையான டியூமர் கட்டிகள் ஹார்மோன்கள் மற்றும் சில வேதிப்பொருட்களை அதிகமாக சுரக்கின்றன. இவைகள் டியூமர் இருக்கின்றதா என்பதனை அறிந்து கொள்ள உதவும் அடையாளமாக (Tumour markers) செயல்படுகின்றன. இவை டியுமர் மார்க்கர்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

சீரத்தில் உள்ள இந்த டியுமர் மார்க்கர்களில் ஏற்படும் மாற்றங்களின் அளவு டியுமரா அல்லது புற்றுநோயா என கண்டறிய

மிகவும் உதவுகிறது. பலப்படி மைலோமா (Multiple myeloma) மற்றும் எலும்பு புற்றுநோயில் சீரத்தில் கால்சியத்தின் செறிவு அதிகரித்து காணப்படும். எலும்பு, கல்லீரல் மற்றும் நுரையீரல் புற்றுநோய்களில் அல்கலைன் பாஸ்படேஸ் (Alkaline Phosphatase) என்ற நொதியின் செயல் அதிகமாக உள்ளது.

டியூமர் கட்டிகள் ஒரு இடத்திலிருந்து மற்ற பாகங்களுக்கு பரவும் போது உயிருக்கு ஆபத்தாக முடிகிறது. இதுபோல பரவும் நோய் மெலிக்னென்ட் (Malignant) புற்றுநோய் என்று அழைக்கப்படுகிறது. இத்தகைய புற்றுநோய் செல்கள் தங்களைச் சுற்றியுள்ள மற்ற திசுக்களுக்குப் பரவுவதோடல்லாமல், இரத்தத்தின் வழியாகவும் பரவுகின்றன. இவ்வாறு உருவான இடத்திலிருந்து, இரண்டாம் பட்சமான மற்றோர் இடத்தில் செல்கள் வளர்வதை மெட்டாஸ்டாஸிஸ் (Metatasis) என அழைக்கிறோம். இவ்வாறு செல்களின் வளர்ச்சியில் மாற்றம் ஏற்பட்டு, அவை மெலிக்னென்ட் டியூமர் கட்டிகளாக மாற்றம் அடைவதை ட்ரான்ஸ்பர்மேஷன் என்றழைக்கிறோம்.

புற்றுநோய்களை இரண்டு வகைகளாக பிரிக்கலாம். திசுக்களின் வெளிப்புறச் செல்களில் தோன்றும் புற்றுநோய் கார்சினோமா என்று அழைக்கப்படுகிறது. திசுக்களின் உட்புறம் தசைகள் மற்றும் இணைக்கும் திசுக்களில் உண்டாக்கும் புற்றுநோய் சார்கோமா என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இந்த இரண்டு வகைகள் தவிர இரத்தத்தின் செல்கள், நிணநீர் அவையம் ஆகியவற்றில் வரும் புற்று நோய்கள் முறையே லுக்கேமியா (Leukemia) மற்றும் லிம்போமா (Lymphoma) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

மனிதர்களில் தோன்றும் 90 சதவீதத்திற்கும் மேலான புற்றுநோய்கள் கார்சினோமா என்ற வகையைச் சார்ந்ததாகும்.

புற்றுநோய்கான காரணங்கள்

புற்றுநோயை உண்டாக்கும் காரணிகளை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

1. கதிர் வீச்சு 2. வேதிப்பொருட்கள் 3. வைரஸ்கள்

1. கதிர்வீச்சு

புறஊதா கதிர்கள், X-கதிர்கள் மற்றும் காமா கதிர்கள் புற்றுநோயை உண்டாக்கும் தன்மை வாய்ந்தவை. இந்த கதிர்கள் DNAவில் மாற்றம் ஏற்படுத்தி செல்களில் புற்றுநோயை உண்டாக்கக் கூடியவைகளாகும்.

DNAவை நேரிடையாக தாக்குவது மட்டுமின்றி, இவை திசுக்களில் தனி உறுப்புகளை (Free radicals) உண்டாக்குகின்றன. உருவாகும் தனி உறுப்புகள் புற்றுநோயை உண்டாக்கும் தன்மை கொண்டவை.

2. வேதிப்பொருட்கள்

மிக அதிக அளவில் கரிம, கனிம வேதிப்பொருட்கள் புற்றுநோயை உண்டாக்கும் கார்சினோஜென்களாகச் (Carcinogen) செயல்படுகின்றன.

கரிம கார்சினோஜென்கள் (Organic carcinogens)

உதாரணமாக 1. பென்சோபைரின், 2. டைமீதைல் பென்சான்த்ரசின் 3. டை மெத்தில் நைட்ரோசோ அமின், 4. அப்ளாடாக்சின் B_1 (Aflatoxin B_1) போன்றவை மனிதர்களில் புற்றுநோயை ஏற்படுத்தும் தன்மை கொண்டவை.

கனிம கார்சினோஜென்கள் (Inorganic carcinogens)

உதாரணமாக: ஆர்சனிக், ஆஸ்பெஸ்டாஸ், பெரிலியம் கேட்மியம், மற்றும் குரோமியம் போன்ற கனிமங்கள் உடலில் அளவுக்கு அதிகமாக சேரும் போது புற்றுநோயை ஏற்படுத்துகின்றன.

ஒரு சில கார்சினோஜென்கள் DNAவை நேரிடையாகத் தாக்கும் தன்மை கொண்டவை. இவைகள் உடலில் எந்த வளர்சிதை மாற்றமும் அடைவதில்லை. இவைகள் நேரிடை கார்சினோஜென்கள் (Direct carcinogens) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. ஆனால், பெரும்பாலான கார்சினோஜென்கள் DNAவைத் தாக்குவதற்கு முன்பு சில வேதிமாற்றங்களுக்கு உட்படுத்தப்பட்டு கடைநிலை (ultimate) கார்சினோஜென்களாக மாற்றப்படுகின்றன. பின்னர் அவை DNAவை அணுகிச் செயல்படுகின்றன. கடைநிலை கார்சினோஜென்கள் எலக்ட்ரான் கவர் காரணிகளாக (Electrophiles) இருப்பதால் கருக்கவர் காரணிகளான (Nucleophiles)DNA, RNA மற்றும் முக்கிய புரதங்களைத் தாக்குகின்றன.

3. வைரஸ்கள்

வைரஸ்கள் என்னும் நுண்ணுயிரிகள் DNA அல்லது RNAக்களை மரபு மூலக்கூறுகளாகக் கொண்டவை. இந்த வைரஸ்கள் மனிதர்களில் புற்றுநோயை ஏற்படுத்தும் திறன்கொண்டவை. இவ்வாறு புற்றுநோயை ஏற்படுத்தும் நுண்ணுயிரிகள் ஆன்கோஜெனிக் (Oncogenic) வைரஸ்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

உதாரணமாக எப்ஸ்டின் -பார்-வைரஸ் (Epstein-bar-virus) பர்க்கிட் லிம்போமா மற்றும் நேசோபேரின்ஞ்சியல் கார்சினோமா ஆகிய வைரஸ்கள் புற்றுநோய்களை உண்டாக்கும் திறன் கொண்டவை. ஹெர்பஸ் சிம்ப்ளக்ஸ் வைரஸ், செர்விக்ஸ் புற்றுநோயை உருவாக்கும் தன்மையை கொண்டது.

புற்றுநோய் செல்களில் ஏற்படும் உயிர்வேதியியல் மாற்றங்கள்

புற்றுநோய் செல்களில் பின்வரும் மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன.

1. DNA மற்றும் RNA அதிக அளவு உருவாக்கப்படுகிறது.
2. பிரிமிடின்கள் மிகக்குறைவான அளவில் சிதைவுறுகிறது.
3. காற்றுள்ள மற்றும் காற்றில்லாத சூழ்நிலைகளில் நடைபெறும் கிளைகாலிஸ் அதிக அளவில் நடைபெறுகிறது.

மெலிக்னென்ட் புற்றுநோய் கொண்ட செல்களின் மேற்புறத்தில் சில மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. அயனிகள் போக்குவரத்து, உட்கிரகித்தல், அயனித்தல் மற்றும் குறைவான ஒட்டும் தன்மை, புதிய ஆன்டிஜென்கள் உருவாக்கம் கிளைகோ லிப்பிடுகள் மற்றும் கிளைகோ புரதங்களில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் முதலியன குறிப்பிடத்தக்க மாற்றங்களாகும்.

பயிற்சிகள்

I. சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடு.

1. டே-சாக்ஸ் நோயின் போது உடலில் அதிகமாக சேரும் ஒரு பொருள்

   அ. கேலக்டோஸ் ஆ. தைரோஸின்

   இ. கேங்ளியோசைடு ஈ. குளுக்கோஸ்

2. குளுக்கோஸ் 6-பாஸ்படேஸ் என்ற நொதியின் குறைபாட்டினால் வரும் நோய்

   அ. வான் கீர்க் நோய் ஆ. கேலக்டோசீமியா

   இ. டே-சாக்ஸ் நோய் ஈ. அல்பினிசம்

3. கேலக்டோஸ் கல்லீரலில் அதிகமாக படியும் நோய்

அ. வான்-கீர்க் நோய் ஆ. கேலக்டோசீமியா

இ. டே-சாக்ஸ் நோய் ஈ. அல்பினிசம்

4. தோல் மற்றும் கண்களில் நிறமிகள் வெளுத்து காணப்படும் நோய்

அ. அல்பினிசம் ஆ. அல்காப்டோனூரியா

இ. ஹீமோபீலியா ஈ. டே-சாக்ஸ் நோய்

5. செல் பெருக்கம் அதிகமானால் உண்டாகும் நோய்

அ. அல்காப்டோனூரியா ஆ. அல்பினிசம்

இ. புற்று நோய் ஈ. கேலக்டோசீமியா

II. கோடிட்ட இடத்தை நிரப்புக.

1. வளர்ச்சிதை மாற்றம் என்பது உருவாக்கம் மற்றும் -----------
2. அல்பினிசம் நோயில் உள்ள நொதி பற்றாக்குறை ---------.
3. இரத்தம் உறைதலில் பங்கேற்கும் காரணி -----------ன் குறைவினால் உண்டாகும் நோய் ஹீமோபிலியா A.
4. அல்காப்டோனூரியா ----------- நொதிக்குறைவினால் ஏற்படுகின்றது.
5. கார்சினோஜென்கள் ------------ நோயை உண்டாக்கும் தன்மை கொண்டவை.

III. சரியா? தவறா?

1. பினைன் டியூமர் (Benign tumour) உடலின் ஒரு இடத்திலிருந்து மற்ற பாகங்களுக்கு பரவும் தன்மை கொண்டது.
2. கேலக்டோசீமியா என்ற நோய் கல்லீரலை அதிகமாக பாதிக்கிறது.

3. ஹீமோபிலியா என்ற நோயில் இரத்தம் உறைதல் பாதிக்கப்படுகிறது.
4. அல்காப்டோனுரியா என்ற நோயில் தோல் நிறமிகள் பாதிக்கப்படுகின்றன.
5. ஆன்கோஜெனிக் வைரஸ்கள் புற்றநோயை உண்டாக்கும் தன்மை கொண்டவை.

IV. பொருத்துக.

1.	கேலக்டோசீமியா	-	ஜிஎம்2
2.	டே-சாக்ஸ் நோய்	-	குளுக்கோஸ்-6-பாஸ்படேஸ்
3.	ஹீமோபிலியா	-	அதிகமான செல்பெருக்கம்
4.	நியோபிளாசம்	-	தோல் கண் நிறமிகள் பாதிப்பு
5.	அல்பினிசம்	-	அதிக இரத்தபோக்கு

V. கீழ்க்கண்டவற்றிற்கு சுருக்கமாக விடையளி.

1. வளர்சிதை மாற்றத்தின் மரபு வழி கோளாறுகள் என்பது என்ன?
2. அல்பினிசம் நோயின் காரணத்தையும் அறிகுறிகளையும் எழுதுக.
3. கேலக்டோசீமியா நோயின் தன்மைகளை விளக்குக.
4. புற்றுநோய் செல்லின் பண்புகள் யாவை?
5. புற்றுநோய் வருவதற்கான காரணங்கள் யாவை?

பாடம் - 8

உயிரியல் ஆக்ஸிஜனேற்றம்

முன்னுரை

செல்லில் உள்ள மாவுப் பொருள் (Carbohydrate), கொழுப்பு மற்றும் அமினோ அமிலங்கள் முழுமையாக ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடையும்போது செல்லுக்கு ஆக்ஸிஜன் தேவைப்படுகிறது. எந்த பொருளாக இருந்தாலும் வளர்சிதை மாற்றத்தின் போது, முழுமையாக ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடையும்போது, கரியமில வாயுவும் (CO_2) தண்ணீரும் உண்டாகின்றன. இதனால் திசுவில் ஏற்படும் உயிரியல் ஆக்ஸிஜனேற்றம் ஆக்ஸிஜனை எடுத்துக் கொண்டு கரியமில வாயுவை வெளியிடுவதைச் சார்ந்துள்ளது. இத்தகைய வினைகளின்போது ஆற்றலானது வேகமாக வெளியிடப்படுகிறது. உயிரியல் ஆக்ஸிஜனேற்றம் மிகக் குறிப்பிட்ட நொதிகளையும், துணை நொதிகளையும் கொண்டு செயலாற்றுகின்றது. ஆக்ஸிஜனேற்றத்தின் போது படிப்படியாக ஹைட்ரஜன் அயனியை ஆக்ஸிஜனோடு இணைத்து தண்ணீர் உருவாகின்றது.

எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடர் வினையின்போது கரிம மூலக்கூறுகளிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் ஆக்ஸிஜன் அணுக்களுக்கு மாற்றப்படுகிறது. அவ்வாறு மாற்றப்படுவதால் உருவாகும் ஆற்றல் அடினோசைன் டிரை பாஸ்பேட் (ATP) என்னும் மூலக்கூறில் பிணைப்பாற்றலாக (Bond Energy) உருவாக்கப்படுகிறது. அதிக ஆற்றல் மூலக்கூறுகளான அடினோசைன் டிரை பாஸ்பேட்டுகள், மற்றும் அடினோசைன் டை பாஸ்பேட் (ADP)ஆகியவைகளில்

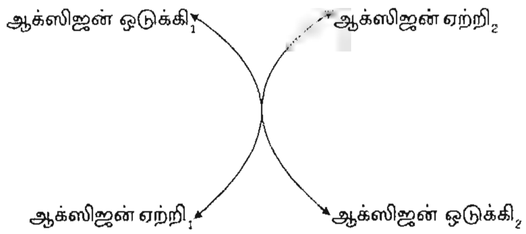
உள்ள கடைநிலை பாஸ்பேட் தொகுதியானது பிரிக்கப்படும்போது ஆற்றல் வெளியிடப்படுகிறது. இவ்வாறு வெளிப்படும் ஆற்றலானது புதிய உயிர் மூலக்கூறுகள் (Biomolecules) உருவாக்கத்திற்கு மற்றும் அவைகளின் சிதைவிற்கு பயன்படுத்தப்படுகிறது.

ஆக்ஸிஜனை சுவாசிக்கும் உயிர்களில் இத்தகு ஆக்ஸிஜனேற்றத்தால் உண்டாகும் பாஸ்பேட்டை பிணைக்கின்ற வினை அதிக விகிதத்தில் நடைபெறுவதால் அவைகளால், கிடைக்கின்ற விடுவிக்கப்பட்ட ஆற்றலை ATP என்னும் மூலக்கூறுகளாக மாற்றமுடிகிறது. ஆக்ஸிஜனேற்றத்துடன் இணைந்த பாஸ்பேட் மூலக்கூறுகளின் பிணைப்பு வினையானது தொடர்ந்து செல்களில் நடைபெறும் மிக மிக முக்கிய வினையாகும். இவைகளில் குறைபாடுகள் ஏற்பட்டால் செல்கள் உயிர் வாழ்வதென்பது இயலாத ஒன்றாகிவிடும்.

8.1 ஆக்ஸிஜனேற்றமும், ஒடுக்கமும் இணையாகியிருத்தல் (Redox Couple)

ஒவ்வொரு ஆக்ஸிஜனேற்ற வினையின் போதும் இயல்பாகவே ஒடுக்க வினையும் ஒரே சமயத்தில் நிகழ்கின்றது. அதனைச் சுருக்கமாக, ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்கம் (redox) என்று அழைக்கப்படுகிறது. இந்த ஒடுக்கமும் ஆக்ஸிஜனேற்றமும் கொண்ட வினைகள் எலக்ட்ரான்களின் இயக்கத்தை உள்ளடக்கியது. எலக்ட்ரான்களைத் தருபவை ஆக்ஸிஜன் ஒடுக்கி என்றும் எலக்ட்ரான்களை பெற்றுக் கொள்பவை ஆக்ஸிஜன் ஏற்றி எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. எந்த ஒரு மண்டலத்தில் (System)இருந்து எலக்ட்ரான்கள் இடமாற்றம் செய்யப்படுகின்றதோ அப்போது அவை ஆக்ஸிஜனேற்ற நிலையையும், எந்த ஒரு மண்டலமானது எலக்ட்ரான்களைப் பெற்றுக் கொள்ளுகின்றதோ அவை ஒடுக்க நிலையையும் அடைகின்றன.

ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்க வினையானது எளிய முறையில் கீழே தரப்பட்டுள்ளது (படம் 8.1).



படம் 8.1 ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்க வினை

எலக்ட்ரான் வழங்கி $\longrightarrow$ e^- + எலக்ட்ரான் ஏற்பி

இதனை குறிப்பாக இரும்பின் ஆக்ஸிஜனேற்ற வினையால் விவரிக்கலாம். பெரஸ் அயனியானது ஒரு எலக்ட்ரானை இழந்து (ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடைந்து) பெர்ரிக் அயனியாக மாறுகின்றது.

$$Fe^{++} \longrightarrow Fe^{+++} + e^-$$

இவ்வாறு வெளிவரும் எலக்ட்ரான்கள் தனித்து சுதந்திரமான நிலையில் நிலையாக இல்லாத காரணத்தினால் அவை மற்றொரு மூலக்கூறுகளோடு தம்மை இணைத்துக் கொள்கின்றன. இதனால் ஒவ்வொரு ஆக்ஸிஜனேற்ற வினையின் போதும் ஒடுக்க வினையும் தொடர்ச்சியாக நடைபெறுகிறது. எப்பொழுதும் இத்தகு ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்க வினைகள் அதிக ஆற்றலை வெளிப்படுத்துவதாகவும் உள்ளன. ஒரு எலக்ட்ரானை நேரடியாக ஒரு வினைப் பொருளில் இருந்து ஆக்ஸிஜனேற்றிக்கு மாற்ற நேரிடும் போது, உடனே அவைகள் அதிக ஆற்றலுடன் வெடித்துச் சிதறுகிறது. இதனால் பெரும்பாலான ஆற்றல் சிதறி வீணாகின்றது. பொதுவாகவே ஹைட்ரஜன் அயனியின் எலக்ட்ரான்கள் ஆக்ஸிஜனோடு இணையும்போது வெடிக்கும் கலவை உருவாகின்றது. ஆயினும் உயிரியல் மண்டலத்தில், இந்த ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்க வினைகள் மிக எளிமையாக, வெப்ப நிலை மாறாது நடைபெறுகின்றது. ஏனென்றால் ஹைட்ரஜன் அயனிகளை

மாற்றும் செயல் படிப்படியாக அவை ஆக்ஸிஜனோடு சேரும் வரை மெதுவாக நடைபெறுகின்றது. இதனால் வெளிவிடப்படும் ஆற்றல் சிறிய அளவாக இருக்கிறது. இவற்றைப் பிடித்துச் சேகரிப்பதும் மிக எளிதான ஒன்றாகிறது.

8.1.1 ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்க ஆற்றல் (Redox Potential)

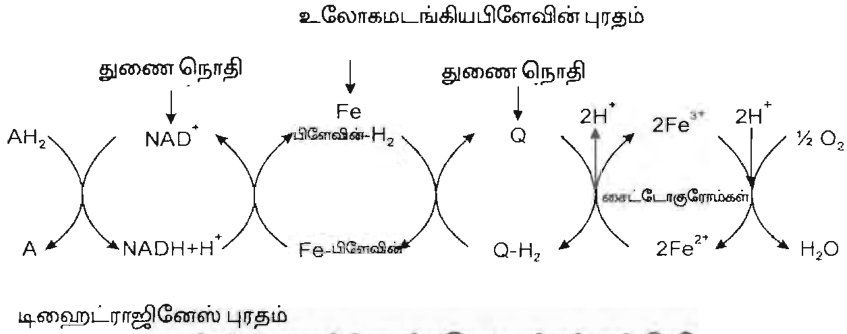
ஆக்ஸிஜனேற்றத்தின் போதும், ஒடுக்கத்தின் போதும் வெளிப்படும் ஆற்றலானது வினைபொருட்களின் எலக்ட்ரான்களைத் தரவல்ல அல்லது ஏற்றுக் கொள்ளும் தன்மையை சார்ந்த ஒரு விகிதமாகும். எலக்ட்ரான்களைக் கவர்ந்திழுக்கும் ஆக்ஸிஜனேற்றியின் தன்மையை எலக்ட்ரான் ஈர்ப்பு அல்லது ஒடுக்க ஆக்ஸிஜனேற்ற ஆற்றல் என அழைக்கிறார்கள். உயிர் வேதியியலில், ஆக்ஸிஜனுக்கு உயர்ந்த ஒடுக்க ஆக்ஸிஜனேற்ற ஆற்றல் அல்லது எலக்ட்ரான் ஈர்ப்பு உள்ளது (E_0). ஆகையால் தாழ்ந்த ஆற்றலைக் கொண்ட எலக்ட்ரான்களைத் தரவல்ல ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறுகள் கிரமப்படி வரிசையாக அமைக்கப்பட்டுள்ளவற்றின் வழியாக அனுப்பப்படுகின்றது. பொதுவாக ஒடுக்க ஆக்ஸிஜனேற்ற ஆற்றல் உள்ள குழுக்களை (E_0), ஹைட்ரஜன் மின் முனையின் ஆற்றல், pH மதிப்பு 0ஆக, மின்னழுத்தம் 0.0 வோல்ட் (volt) ஆக உள்ளபோது ஒப்பிடப்படுகின்றது. ஆயின் உயிரியல் மண்டங்களில், இவற்றை (E_0) pH 7 ஆக உள்ளபோதும் ஹைட்ரஜன் மின் முனையின் மின் அழுத்தம் 0.42 வோல்ட் (volt) ஆக உள்ள நிலையில், ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்க ஆற்றலானது அளவிடப்படுகிறது. உயிரியல் மண்டலங்களில் இத்தகு ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்கவினையில் ஈடுபடும் நொதிகள் ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்க நொதி (Oxidoreductase) என்று பெயரிடப்பட்டுள்ளது.

சிலவற்றின் ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்க ஆற்றல் பட்டியலாகத் தரப்பட்டுள்ளது.

அமைப்பு	E_0 (வோல்ட்)
$H^+/H2$	- 0.42
ஆக்ஸிஜன் (O_2)/நீர் (H_2O)	+ 0.82
சைட்டோகுரோம்a Fe^{3+}/Fe^{2+}	+ 0.29
சைட்டோகுரோம்b Fe^{3+}/Fe^{2+}	+ 0.08
சைட்டோகுரோம்c Fe^{3+}/Fe^{2+}	+ 0.22
$NAD^+/NADH+H^+$	- 0.32

நேர்குறி மதிப்பானது எந்த ஒரு சேர்மம் தானாக ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்க வினையின்போது ஹைட்ரஜன் அயனியோடு ஒடுக்கமடைகிறதோ, அது அந்தச் சேர்மத்தின் ஒடுக்க நிலை ஆற்றலைக் குறிக்கிறது. எதிர்மின் குறி மதிப்பானது ஒரு சேர்மம் விருப்பத்துடன் ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடைவதை குறிப்பதாகும். இருப்பினும் எப்பொழுதும் திட்ட ஒடுக்க நிலை ஆற்றலானது வரிசைப்படுத்தப்படும்போது ஒடுக்க வினையின் அமைப்பாக தரப்படுகின்றது.

8.2 எலக்ட்ரான்களின் இடமாற்றம் (Electron Transport Chain)



படம் 8.2 எலக்ட்ரான் இடமாற்றச் சங்கிலி

எலக்ட்ரான் இடமாற்றச் சங்கிலி (படம் 8.2)இல் வரிசையாக அமைக்கப்பட்ட புரதங்கள் உறுதியாக பிணைக்கப்பட்டு ஒவ்வொரு இரசாயன மூலக்கூறிலிருந்து மற்றொரு இராசாயன மூலக்கூறுக்கு ஒரு இணை எலக்ட்ரான்கள் செல்லும் வழியாக செயல்படுகின்றது. இப்புரதங்கள் வரிசையில் முதலில் உள்ளவற்றை விட பின்னர் உள்ளவை குறைந்த அளவு ஒடுக்க ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளன. எலக்ட்ரான் சங்கிலித் தொடரில் $NADH+H^{+}$ மற்றும் $FADH_2$ காரணிகள் இறுதியாக, எலக்ட்ரான்களைப் பெறும் ஆக்ஸிஜனைக் கொண்டு ஆக்ஸிஜனேற்றமடைகின்றன. எலக்டரான் இடமாற்றத் தொடரில் எலக்ட்ரான்களை அளிக்கும் மூலக்கூறுகளும் எலக்ட்ரான்களை பெறும் மூலக்கூறுகளும் சீராக மாறி மாறி அமைக்கப்பட்டு, செயலாற்றுவதற்கு ஏற்றாற்போல் அமைந்துள்ளது. எலக்ட்ரான் இடமாற்ற சங்கிலித் தொடரில் மூன்று வெவ்வேறு பகுதிகளில் ஆற்றலானது வெளியிடப்படுகின்றது. இந்த ஒவ்வொரு பகுதியிலும் ஒவ்வொரு அதிக ஆற்றல் கொண்ட ATP மூலக்கூறு உருவாக்கப்படுகின்றது. இந்த எல்லா வினைகளும் அதிக ஆற்றலைப் பிடித்துச் சேமிக்கும் வினையோடு மைட்டோகாண்டிரியாவில் நடைபெறுகின்றது.

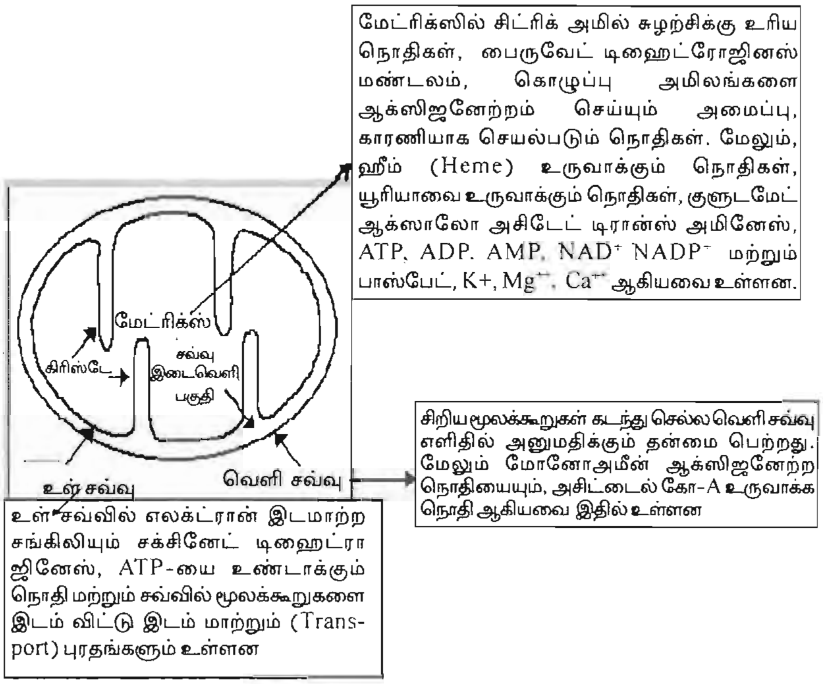
8.2.1 மைட்டோகாண்டிரியாவின் பகுதிப் பொருட்களும் அவற்றின் குறியிடப்பட்ட நொதிகளும் (Components of Mitochondria with Marker Enzymes)

ஹிஸ்டோ கெமிஸ்டிரி எனப்படும் திசு இரசாயன இயல் முறையிலும், அதிவேக வீழ்படிவாக்கியின் மூலமும், பெரும்பாலான திசுக்களில் ஆக்ஸிஜனேற்றம் (Oxidation) நடைபெறும் இடம் மைட்டோகாண்டிரியா என்பது தெளிவாகத் தெரிய வந்துள்ளது. இது செல்லின் நுண்ணுறுப்புகளில் ஒன்றாகும். இவை தன் அளவிலும், வடிவத்திலும் பல வகைகளில் வேறுபடுகின்றன. நீள்வட்ட வடிவமோ அல்லது கோள வடிவமோ அல்லது இழை போன்ற அமைப்பைப் பெற்று 0.5-5 மைக்ரான் நீளம் உடையதாகவும் 0.1-0.6μ குறுக்களவு கொண்டதாகவும் உள்ளது. ஆக்ஸிஜனேற்ற

வினையின் போது வெளிப்படும் ஆற்றலானது ATP என்னும் மூலக்கூறில் இரசாயன சக்தியாக மாற்றப்படுகின்றது. இவ்வினை இங்கே நிகழ்வதால் மைட்டோகாண்டிரியாவைச் செல்லின் ஆற்றல் மையங்கள் என்கின்றனர். இதனால் ஒரு செல்லில் உள்ள மைட்டோகாண்டிரியாவின் எண்ணிக்கை அவற்றின் வளர்சிதை மாற்றத்தைப் பொறுத்து அமைகின்றது. மைட்டோகாண்டிரியாவில் மாவுப் பொருட்கள், கொழுப்பு மற்றும் அமினோ அமிலங்களால் ஆன புரதம் இவற்றின் ஆக்ஸிஜனேற்றத்தால் உண்டாகும் ஒடுக்கப்பட்ட மூலக்கூறுகள் காணப்படுகின்றன. மைட்டோகாண்டிரியாவில், வரிசையாக உள்ள புரதங்கள் கிரியா ஊக்கிகளாக செயல்பட அவற்றைச் சுவாசச் சங்கிலி அல்லது சுவாசத் தொடர் என்கின்றனர். இவைகள் ஒடுக்கப்படுகின்ற சமமான மூலக்கூறுகளை ஆக்ஸிஜனை நோக்கிச் செலுத்தி, நீரை உருவாக்க வல்லவைகளாக இருக்கின்றன.

எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியினால் எடுக்கப்பட்ட படத்தில் மைட்டோகாண்டிரியா இரட்டை சவ்வுகளால் ஆக்கப்பட்டிருப்பதைக் காண முடிகிறது. வெளிச்சவ்வு மற்றும் உட்புறச் சவ்வுகளில் வெவ்வேறு குறிப்பிட்ட நொதிகள் உள்ளன. உள் சவ்வு மடிந்து, பல எண்ணிக்கைகள் உள்ள கிரிஸ்டே எனும் தடுப்புகளை மேட்ரிக்ஸ் வரை நீளமாகக் கொண்டுள்ளது. உள் சவ்வு மேட்ரிக்ஸ் எனப்படும் திரவத்தை மூடிக் கொண்டுள்ளது. மேலும் உள் சவ்வு மிகவும் தேர்ந்தெடுத்த மூலக்கூறுகளை ஊடுறுவச் செய்யும் தன்மையைப் பெற்றுள்ளது. உள் சவ்வு அவற்றின் அமைப்பிலும், செயலிலும் மிகவும் சிக்கலானதாக உள்ளது. உள் சவ்வுக்கும் வெளிச் சவ்வுக்கும் இடையே காணப்படும் இடைவெளியானது இடையீடு சவ்வு இடைவழி என அழைக்கப்படும். இது மேட்ரிக்ஸ் உள்ளடக்கி உள்ளது. மைட்டோகாண்டிரியாவின் உள்ளேயே அதற்கென்று வட்ட வடிவமான டீஆக்ஸிரைபோ நியூக்ளிக் அமிலம் (DNA) மற்றும் ரைபோசோம்கள் உள்ளன. இதனால் மைட்ரோகாண்டிரியாவுக்கு தேவைப்படும் சில புரதங்கள், இவற்றில் குறியிடப்பட்டு மைட்டோகாண்டிரியாவே அப்புரதங்களை உருவாக்கிக் கொள்கிறது.

எனினும் ஏனைய புரதங்கள் செல்லின் உட்கருவினால் குறியிடப்பட்டு ரைபோசோம்களால் உண்டாக்கப்பட்டு மைட்டோகாண்டிரியாவுக்கு அனுப்பி வைக்கப்படுகின்றது.



படம் 8.3 மைட்டோகாண்டிரியாவின் அமைப்பு

மைட்டோகாண்டிரியாவின் உருவ அமைப்பையும் வெவ்வேறு முக்கியமான நொதிகள் இருக்கும் இடத்தையும் வரைபடத்தின் (படம் 8.3) மூலம் காணலாம். இந்த நொதிகள் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் காணப்படுவதால், இந்த நொதிகள் மைட்டோகாண்டிரியாவை அவற்றின் உட்பகுதிகள் பின்னப்படுத்தி பிரிக்கும்போது குறியீடுகளாக செயல்படுகின்றன. அத்தகு படிப்பின் மூலம் முழுமையான உள் சவ்வும், அதில் உள்ள மூலக்கூறுகளும்

எலக்ட்ரான் இடமாற்றத்திற்கும், ஆற்றலைப் பெற்றுச் சேமிப்பதற்கும், மிகவும் தேவை என்பது விளங்குகின்றது.

8.2.2 எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடரில் அங்கம் வகிப்பவை (Members of the electron transport chain)

ஒரு கரிம வளர்சிதை மாற்ற பொருளுடன் NAD^+ என்ற துணை நொதி (நிக்கோடினமைடு அடினைன் டை நியூக்ளியோடைடு - B வைட்டமின் நிக்கோடினமைடை கொண்டது) வினைப்புரியும் போது எலக்ட்ரான் இடமாற்ற தொடர துவக்கப்படுகிறது. இங்கு இரண்டு ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் அல்லது இரண்டு எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் இரு ஹைட்ரஜன் அயனிகள் கரிம வளர்சிதை மாற்ற பொருளில் இருந்து நீக்கப்படுகிறது. எனவே இது ஒரு ஆக்ஸிஜனேற்ற வினையாகும். இதில் 2 ஹைட்ரஜன் அணு (அல்லது 2 ஹைட்ரஜன் அயனியும், 2 எலக்ட்ரான்களும்) கரிம வினைபொருளில் இருந்து எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. (கரிம வளர்சிதைபொருள்கள் சிட்ரிக் அமில சுழற்சியிலிருந்து மற்றும், கொழுப்பு அமிலங்களின் ஆக்ஸிஜனேற்றத்தில் இருந்து கிடைக்கிறது (விபரம் கீழே தரப்பட்டுள்ளது). இந்த வினை எளிய முறையில் M என்பது பொதுவாக எல்லா கரிமவினை பொருட்களைக் குறிக்கும் வகையில் தரப்பட்டுள்ளது.

$$MH_2 + NAD^+ \longrightarrow NADH{+}H^{\cdot}M{:}+\text{ஆற்றல்}$$

கலவைகளை உள்ளடக்கிய பகுதி I (Complex I)

NADH டிஹைஹரோஜினேஸ் என்பது NADH துணை நொதியான Q ரிடக்டேஸ் என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. இவை மைட்டோகாண்டிரியாவின் உள் சவ்வில் இருக்கின்றது. இதில் உள்ள இரும்பு அணுவானது ஹீமைச் (Heme) சாராத புரதங்களைக் கொண்டுள்ளது. இதில் உள்ள டிஹைஹரோஜினேஸ் நொதி ஆக்ஸிஜனோடு வினைபுரிவதில்லை. மாறாக எலக்ட்ரான்களை தாங்கும் புரதங்களானவை, இடைவினைப் பொருட்களுக்கும்

அடுத்த அங்கத்தினருக்கும் நடுவே இந்தத் தொடரில் இடம் பெறுகின்றன. இந்த நொதிகளின் ஒரு பகுதி புரதமாகவும் மற்றொரு பகுதி புரதமல்லாத ஒரு இணைநொதியாகவும் (coenzyme) கொண்டுள்ளது. NAD^+ம் அல்லது $NADP^-$ இணை நொதிகள் முதல் நிலையில் ஹைட்ரஜன்களை தாங்குவதற்கு உபயோகப் படுத்தப்படுகின்றன.

கலவைகளை உள்ளடக்கிய பகுதி II (Complex II)

இணை நொதி Q (Q என்பது குயினோன்) அல்லது சைட்டோகுரோம் C ரிடக்டேஸ் என்பது ஒரு யூபிகுயினோன் வகையைச் சார்ந்தது. இது உள் சவ்வில் புரதங்களோடு இணைந்தோ அல்லது தனித்தோ காணப்படுகிறது. இணைநொதி Q உலோகமுடைய ஃப்ளேவின் புரதங்களுக்கும், சைட்டோ குரோம்களுக்கும் இடையே அமைந்துள்ளது. இணைநொதி Q இருக்கும் இடத்தில், ஹைட்ரஜன் அயனியானது தொடர்பை விட்டு நீர்மத்திற்கு செல்லும்போது எலெக்ட்ரான்களை சைட்டோ குரோமுக்கு அளிக்கின்றது.

கலவைகளை உள்ளடக்கிய பகுதி III (Complex III)

சைட்டோகுரோம் C ஆக்ஸிடேஸ்: சைட்டோகுரோம்கள் உருவ அமைப்பில் மையோகுளோபுளின் அல்லது ஹீமோகுளோபினை ஒத்துள்ளன. இதில் மிக முக்கியமான பண்பாக கூற வேண்டுமெனில் ஹீம் உருவமைப்பில் உள்ள இரும்பு அயனியானது முதலில் பெர்ரிக் (நேர்மின் ஏற்றம் +3) அயனியாக உள்ளது. எலக்ட்ரான்களை ஏற்றுக் கொண்டு பெரஸ் (நேர்மின் ஏற்றம் +2) அயனியாக மாறுகின்றது. சைட்டோகுரோம் மூலக்கூறுகள் எலக்ட்ரான்களை மட்டும் ஹைட்ரஜனில் இருந்து ஏற்றுக் கொள்கின்றன. சைட்டோகுரோம்களில் பலதரப்பட்ட வகைககள் உள்ளன. அவைகள் எலக்ட்ரான்களை வெவ்வேறு ஆற்றல் நிலைகளில் சிறிதே வேறுபடுகின்ற வகையில் நிலைநிறுத்தும்

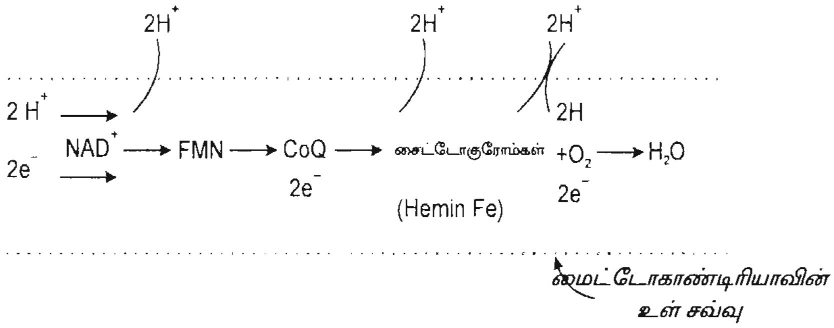
தன்மை கொண்டவைகளாக உள்ளன. எலக்ட்ரான்கள் ஒரு சைட்டோகுரோமிலிருந்து மற்றொரு சைட்டோகுரோமிற்கு செல்லும்போது ஆற்றலை இழக்கின்றது. தொடரின் கடைசியில் உள்ள சைட்டோகுரோம் a_3 இரண்டு எலக்ட்ரான்களை ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுக்கு தருகின்றது. இந்த சைட்டோகுரோம்களின் புரதங்களில் ஒரு துணைப் பகுதி உள்ளே உள்ளடங்கிய உலோக அணுவைக் கொண்டுள்ளது. இந்த புரதங்கள் உலோக அயனிகளில் காணப்படும் எலக்ட்ரான்களை ஏற்றுக் கொண்டு, பின் விடுவிக்கின்ற தன்மையை எடுத்து தன்னகப்படுத்திக் கொள்கிறது.

கலவைகளை உள்ளடக்கிய பகுதி IV (Complex IV)

ATP உருவாக்க நொதி (ATP சிந்தடேஸ்) அல்லது F_0 F_1 துகள்கள். இவை F_0 மற்றும் F_1 என்னும் இருபகுதிகளைக் கொண்டுள்ளது. (F என்பது Factor அல்லது காரணியை குறிக்கின்றது). F_1 துகளானது உள் சவ்விலிருந்து மோட்ரிக்ஸின் உள்ளே நீட்டிக் கொண்டுள்ளது. F_0 துகளானது உள் சவ்வினுள் ஊடுறுவி புதைந்து காணப்படுகிறது. நீட்டிக் கொண்டிருக்கும் F_1 துகளானது ஆற்றலை ATPயுடன் இணைப்பதற்கு அத்தியாவசியமாகிறது. மிக கவனமாக இந்தத் துகளை உள் சவ்விலிருந்து நீக்கும்போது (பரிசோதனையின் போது) எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடர் அப்படியே இருந்தாலும், ATP உருவாவது தடுக்கப்படுகிறது.

8.2.3 எலக்ட்ரான் இடமாற்ற வினைகள் (Reactions for electron transport)

எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடரில், எலக்ட்ரான்களை ஏற்றுக் கொள்பவைகளாக செயல்படுபவை FMN (ஃப்ளேவின் மோனோ நியூக்ளியோடைடு), யூபிகுயினோன் (இணை நொதி Q) மற்றும் நெருக்கமான பண்பு ஒத்த சைட்டோகுரோம்களின் குழுக்களாகும். படம் 8.4இல் இந்தப் புரதங்களின் அமைப்பு தரப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.4 எளிமையாக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடர்

எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடரில் பாஸ்பேட் பிணைப்புகளுடன் கூடிய ஆக்ஸிஜனேற்றம் நடைபெறும்போது எலக்ட்ரான்களைக் கொடுப்பவைகளாக

$NADH+H^+$
$FADH_2$

போன்ற மூலக்கூறுகள் உள்ளது. அவற்றோடு இணைந்து ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்க வினைகளாக கீழ்க்காணும் வினைகளைக் குறிப்பிடலாம்.

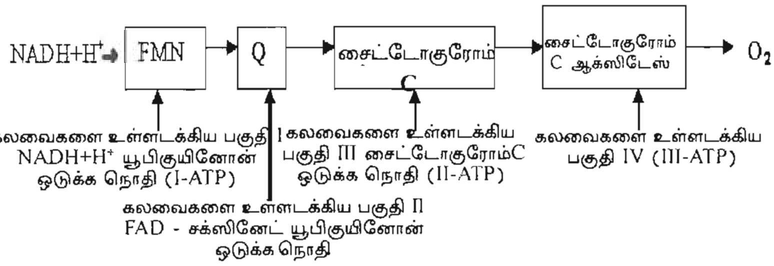
$$NADH+H^{+} + 1/2\, O_2 \longrightarrow H_2O + NAD^+$$

$$FADH_2 + 1/2\, O_2 \longrightarrow H_2O + FAD$$

இந்த இணைக்கப்பட்ட வினைகள் ஆற்றலை வெளிவிடுகின்றது.

ஒரு மூலக்கூறு $NADH+H^+$ ஆனது 52 கிலோ கலோரி ஆற்றலைத் தருகின்றது. எலக்ட்ரான் இடமாற்றம் $NADH+H^+$ இலிருந்து ஆக்ஸிஜனுக்கு செல்லும் வரை 3 ATP மூலக்கூறுகள் 3 வேறுபட்ட இடங்களில் உருவாகின்றது. ஒரு மூலக்கூறு $FADH_2$ ஆனது 36 கிலோ கலோரி ஆற்றலைத் தருகின்றது. $FADH_2$ விலிருந்து ஆக்ஸிஜனுக்கு இடமாற்றம் செய்யும்போது 2

வெவ்வேறு இடங்களில் 2 ATP மூலக்கூறு உருவாகின்றது. ஆற்றலைப் பிடிப்பதால் ATPக்கள் உருவாகும் இடங்கள் கீழே தரப்பட்டுள்ள படம் 8.5ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.5 எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடரில் புரதங்களின் ஒருங்கமைவு

எலக்ட்ரான்கள் இடமாற்றத் தொடரில் கலவைகள் I, III மற்றும் IV வழியாக எலக்ட்ரான்கள் செல்லும் போது மைட்டோகாண்டிரியாவின் மேட்ரிக்ஸில் இருந்து H^+ அயனிகள் சவ்வுகளின் இடைவெளிப் பகுதிக்குத் (Intermembrane space) தள்ளப்படுகிறது. இவ்வாறு அயனிகள் செரிவாக்கப்பட்டு புரோட்டான்களாக தள்ளப்படுவது உள் சவ்வின் புரதத்தில் நடைபெறும்போது. அடினோசைன் ட்ரைபாஸ்பேட் சிந்தடேஸ் (ATP சிந்தடேஸ் அல்லது ATPase) எனும் நொதியானது வெளிவிடப்படும் ஆற்றலினால் தூண்டப்பட்டு ADPயிலிருந்து ATPஐ உருவாக்குகின்றது. கடைசியாக எலக்ட்ரான்களை ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறு ஏற்றுக்கொண்டு, நீராக ஒடுக்கமடைகிறது. எனினும் வெளிப்படும் ஆற்றல் அனைத்தும், புதிய ஆற்றல் நிறைந்த பாஸ்பேட் பிணைப்புகளாக மாற்றப்படுவது இல்லை. வெளியிடப்படும் ஆற்றலின் ஒரு பகுதி வெப்பமாகவும் வெளியிடப்படுகிறது. வெப்ப இரத்த பிராணிகளில் இந்த வெப்பமானது உடலின் வெப்பநிலை சீராக வைத்துக் கொள்ள உதவுகிறது. எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடர் வினையில்

நடைபெறும் சுவாசத்திற்குத் தேவையான அளவு ADP இருக்க வேண்டும் என்ற கட்டுப்பாடு உள்ளது. ஏனெனில் ADP யானது அடினோசைன் டிரைபாஸ்பேட் சிந்தடேஸ் நொதிக்கு (ATP Synthatase) தேவைப்படுகின்ற வினைப் பொருளாகும்.

8.2.4 எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடரின் தடுப்பான்கள் (Inhibitors of Electron Transport Chain)

தடுப்பான்களை உபயோகிப்பதன் மூலம் எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடரைப் பற்றி மேலும் பல உண்மைகளை அறிய முடிகிறது. அவை கீழ்க்கண்டவாறு வகைப்படுத்தப்படுகின்றன.

1. சுவாச தொடரை தடுக்கும் தடுப்பான்கள் (Inhibitors of respiratory chain)

சுவாசத் தொடரை தடுக்கவல்ல தடுப்பான்களுக்கு உதாரணமாக பார்பிட்டுரேட் வகையில் அமோபார்பிடால் (Amobarbital), பயரிசிடின் (Piericidine) A மற்றும் ஆன்டிமைசின் A போன்ற ஆன்டிபையாடிக்குகள், மற்றும் மீன்களில் காணப்படும் ரெட்டினோன் என்ற நச்சு போன்றவைகளைக் கூறலாம். கார்பன் மோனாக்ஸைடு மற்றும் சையனைட்டுகள், சைட்டோகுரோம் ஆக்ஸிடேஸை தடுப்பதன் மூலம் எலக்ட்ரான்கள் ஆக்ஸிஜனுக்கு இடமாற்றம் செய்வது தடுக்கப்படுகிறது. இதனால் இந்த பாதையில் எலக்ட்ரான் மேலும் செல்வதை தடை செய்வதன் மூலம் இவைகளால் ATP உருவாக்கத்தை தடுத்து உயிருக்கு ஆபத்தை விளைவிக்கின்றன.

2. ஆக்ஸிஜனேற்றத்துடன் கூடிய பாஸ்பேட் பிணைப்பு உருவாக்கத்தைத் தடுக்கும் தடுப்பான்கள் (Inhibitors of Oxidative phosphorylation)

ஒலிகோமைசின் (Oligomycin) மற்றும் அட்ரெக்டிலோசைட்டும் (atrctyloside) ஆக்ஸிஜனேற்றத்துடன் கூடிய பாஸ்பேட் பிணைப்புகளை தடுக்கும் தடுப்பான்கள் ஆகும்.

3. பாஸ்பேட் பிணைப்பினை நிகழவிடாமல் தடுக்கும் தடுப்பான்கள் (Uncouplers) என பிரிக்கப்படுகிறது.

பிணைப்பை தடுக்கும் தடுப்பான்கள் சவ்வில் தாங்களே கரைந்து ஹைட்ரஜன் அயனியை ஊடுறுவச் செய்வதாகவும் அல்லது ஐயனோபோர் என்பவை எலக்ட்ரான்களை ஏற்று, அயனி செரிவை தடுப்பவைகளாக இருக்கின்றன.

பிணைத் தடுப்பான்கள் ஆக்ஸிஜனேற்றத்துடன் கூடிய பாஸ்பேட் பிணைப்பை தடுத்து, ஹைட்ரஜன் அயனியின் செறிவை பரவச் செய்தல் மூலம் இல்லாது செய்துவிடுகின்றது. முக்கியமாக எலக்ட்ரான் இடமாற்ற தொடரில், அடினோசைன் ட்ரை பாஸ்பேட் உருவாக்கத்தை தடுத்து நிறுத்துகிறது. பிணை தடுப்பான்களுக்கு சான்றாக 2, 4 டை நைட்ரோபினால், டை நைட்ரோகிரிசால், பென்டா குளோரோ பீனால் ஆகியவற்றைக் கூறலாம்.

அயனோபோர் என்பவைகள் எலக்ட்ரான்களை ஏற்றிக் கொள்வதோடு, கொழுப்பில் கரையும் தன்மையை பெற்று இருப்பதால் குறிப்பிட்ட அயனியை சவ்வின் ஊடாக எடுத்துச் செல்ல முடிகிறது. இவை பிணை தடுப்பான்களிடம் இருந்து மிகச் சிறிய அளவில் வேறுபடுகின்றன. ஏனெனில் பிணை தடுப்பான்கள் ஹைட்ரஜன் போன்ற அயனியை மட்டுமில்லாது மற்ற சில நேர் மின்னேற்றம் பெற்றஅயனிகளையும் சவ்வின் ஊடாக இடமாற்றமடையச் செய்கின்றன. வாலியோமைசின் கொழுப்புக் கலவைகளில் கரைந்து பெட்டாசியம் அயனியை எளிதில் சவ்வின் மூலம் ஊடுறுவச் செய்கிறது. அயனிச் செரிவை குறைக்கும் அயனோ போர்களுக்கு கிராமிசிடின் உதாரணமாகும். இவை ஹைட்ரஜன், பொட்டாசியம் மற்றும் சோடியம் அயனிகளை ஊடுறுவிச் செல்லத் தூண்டுவதன் மூலம் ஆக்ஸிஜனேற்றத்துடன் கூடிய பாஸ்பேட் பிணைப்பு உருவாவதைத் தடை செய்கிறது.

8.3 ஆக்ஸிஜனேற்றத்துடன் கூடிய பாஸ்பேட் பிணைப்பு உருவாகுதல் (Oxidative phosphorylation)

ஹைட்ரஜன் அல்லது அவற்றின் எலக்ட்ரான்கள், எலக்ட்ரான் இடமாற்றம் தொடரின் வழியாகச் செல்லும் போது தொடர்ந்து ஒழுக்க ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்க வினை இணையாக காணப்படுகின்றது. இந்த எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடரில் நுழையும் எலக்ட்ரான்களுக்கு அதிக ஆற்றலுடன் காணப்படுகிறது. இந்த எலக்ட்ரான்கள் தொடரில் உள்ள எலக்ட்ரான்களை ஆக்ஸிஜனேற்றிகளிடம் தாண்டிச் செல்லும்போது, தன் ஆற்றலை மிக அதிகமாக இழக்கின்றன. இந்த ஆற்றலானது புரோட்டான்களை மைட்டோகான்ட்ரியாவின் உள் சவ்வின் இடையே விசையுடன் செலுத்த உதவுகிறது. இத்தகு எலக்ட்ரான் ஓட்டமானது, எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடரில் பொதுவாக அடினோசைன்ட்ரைபாஸ்பேட் சிந்தடேஸ் நொதியால் அடினோசைன் டை பாஸ்பேட்டுகளை, பாஸ்பேட்டுடன் பிணைத்தால் மட்டுமே நடைபெறுகிறது. அதிக ஆற்றலுடைய எலக்ட்ரான்கள் அடினோசைன்ட்ரைபாஸ்பேட் உருவாகவில்லை என்றால் எலக்ட்ரான் தொடரில் இடமாற்றம் செய்யப்படுவது இல்லை. இதனால் ஆற்றல் வீணாக்கப்படுவது தவிர்க்கப்படுகிறது. அடினோசைன் டை பாஸ்பேட்டுகள், அடினோசைன் ட்ரைபாஸ்பேட்டுகளாக மாற்றப்படுவது ஆக்ஸிஜனேற்ற வினையோடு எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடரில் இடம் பெறுவதால் ஆக்ஸிஜனேற்றத்துடன் கூடிய பாஸ்பேட் பிணைப்பு உருவாகுதல் என்றழைக்கிறார்கள். எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடரில் ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடினோசைன் டைபாஸ்பேட் மற்றும் பாஸ்பேட் அயனிகளின் இருப்பைப் பொருத்து இருப்பதால் இதனை எலக்ட்ரான்களை ஏற்றுக் கொள்பவைகளின் சுவாசக் கட்டுப்பாடு என்று அழைக்கப்படுகிறது (Accpetor control).

8.3.1 கெமி ஆஸ்மாடிக் கொள்கை (Chemiosmotic theory)

பீட்டர் மிட்செல் (Peter Mitchell) என்பவர் 1978ம் ஆண்டு நோபல் பரிசினை இந்த கெமிஆஸ்மாடிக் கொள்கைகாக பெற்றார்.

மிட்செலின் கெமி ஆஸ்மாடிக் கொள்கையானது சுவாசத் தொடரின் அங்ககப் பொருட்கள் ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடைவதால் அவை ஹைட்ரஜன் அயனிகளை உருவாக்கி அவற்றை உட்சவ்வின் ஊடே விரைவாக வெளியேற்றுகிறது என்று கூறுவதாக அமைந்துள்ளது. சீராக அமையாத ஹைட்ரஜன் அயனியின் பங்கீடு, மின் வேதி நிலையாற்றல் (Electro Chemical Potential) வித்தியாசத்தை உருவாக்குவதால் ஒரு உந்துகின்ற ஆற்றல் (Potential Energy - நிலையாற்றல்) உருவாகுகின்றது. இவை புரோட்டான்களால் உருவாக்கப்பட்ட ஒரு வேதி அயனியின் அடர்வு வேறுபட்ட நிலைகளை சவ்வின் ஊடே ஏற்படுத்தும்போது அமில/கார வேறுபாடுகளை உருவாக்கி (pH) மற்றும் மின்சுமையேறிய துகள்களின் (அயனிகளின்) அடர்வு வேறுபட்ட நிலையும் உருவாகுகின்றது. மைட்டோகாண்டிரியாவின் உள் சவ்வானது புரோட்டான்கள் செல்ல அனுமதிப்பது இல்லை. இதனால் புரோட்டான்கள் மேட்ரிக்ஸ்களுக்கு மறுபடியும் உள் சவ்வில் அமைந்துள்ள சிறப்பான வழியாக ஓடுகின்றது. இந்தச் சிறப்பான வழியில் அடினோசைன் ட்ரை பாஸ்பேட் உருவாக்க நொதி உள்ளது. இந்தப் புரோட்டான்கள் அதிக ஆற்றல் நிலையில் இருந்து தாழ்ந்த நிலை ஆற்றலுக்குச் செல்லும்போது ஆற்றலானது வெவ்வேறு அயனிச் செறிவு (H^+) நிலைகளில் (Gradient) வெளியிடப்படுவதால் (Proton Motive force புரோட்டான்களால் தூண்டப்பட்ட விசை = Chemo Osmotic free energy) அடினோசைன் ட்ரைபாஸ்பேட் உருவாக்க நொதியால் அடினோசைன் ட்ரை பாஸ்பேட் உருவாகின்றது.

இந்தக் கெமி ஆஸ்மாடிக் மாதிரி, சவ்வின் ஊடே ஏற்படும் மின் வேதி நிலையாற்றலானது, சவ்வில் அமைந்துள்ள அடினோசைன் ட்ரை பாஸ்பேட் உருவாக்க நொதியால் ADPயுடன் இணைக்கப்பட்டு ATPஆக மாற்றப்படுவதை விளக்குகிறது. புரோட்டான்கள் மைட்டோகாண்டிரியாவின் உள் சவ்வில் மூன்று எலக்ட்ரான்களை இடமாற்றம் செய்யும் கலவைகளால் உந்தி வெளியேற்றப்படுகிறது. அவை மூன்றும் வெவ்வேறு குறிப்பிட்ட இடங்களில் எலக்ட்ரான்

இடமாற்றத் தொடரில் இடம்பெற்றிருக்கின்றன. இவ்வாறு எலக்ட்ரான்கள் இடமாற்றத் தொடரில் போதுமான ஆற்றலை, மூன்று இடங்களில் புரோட்டான்களை உள் சவ்வின் ஊடே செலுத்துவதன் மூலம் ATP உருவாக்கப்படுகின்றது.

8.3.2 அடினோசைன் ட்ரை பாஸ்பேட்டை உருவாக்கும் நொதியின் (ATPase) பகுதிகளாகிய F_0 - F_1 களின் பங்கு (Role of F_0 -F_1 ATPase)

ATP உருவாக்க நொதி (ATP Synthetase) அல்லது F_0 - F_1 ATPase என்னும் நொதியானது, F_0மற்றும் F_1 (F என்பது காரணி) என்னும் இரு பெரும் பகுதிகளைக் கொண்டுள்ளது. பகுதியில் ஐந்து பாலிபெப்டைடகளை (a_3, b_3, g, d, e) கொண்டுள்ளது. F_1 பகுதியானது கதவுகளில் காணப்படும் குமிழ் போன்ற கைப்பிடியை போன்று உள் சவ்வில் இருந்து மாட்ரிக்ஸில் நீண்டு காணப்படுகிறது. இது உள் சவ்வில் புதைந்துள்ள F_0 பகுதியோடு தண்டு போன்ற அமைப்பினால் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. F_0வானது ஒரு முக்கியமான அங்கமாக சவ்வின் புரதத்தில் காணப்படுகிறது. மைட்டோகாண்டிரியாவின் உள் சவ்வில் (உள் வெளியாக உருவாக்கப்படும் கோளங்களில்) இருந்து F_1 பகுதியைக் கவனமாகப் பிரித்து எடுக்கும்போது சுவாசத் தொடர்புடைய மற்ற புரதங்கள் அப்படியே முழுமை கெடாதவாறு உள்ளன. ஆனால் அவற்றில் F_1 குமிழ் போன்ற பகுதி மட்டும் இல்லாததை மின் அணு நுண்ணோக்கியால் உறுதி செய்யப்பட்ட பின் பார்க்கும்போது அவைகளால் ATP மூலக்கூறுகளை உருவாக்க முடிவது இல்லை. மறுபடியும் F_1 பகுதியை இந்தக் குறை உள்ள உள் சவ்வினை புதுப்பிக்கும்படியாகச் சேர்த்து விடும்போது அவைகளால் எலக்ட்ரான் இடமாற்றத்தின்போது ATPகளை உருவாக்க முடிகிறது. இவை F_0 மற்றும்F_1 பகுதிகள் எவ்வளவு நுண்ணிய முறையில் ATP உருவாக்க நொதியில் கலவைகளாக சுவாசித்திற்குரியனவாக

அமைக்கப்பட்டுள்ளது தெரிய வருகின்றது. F_0 பகுதிகளோடு கூடிய சிக்கலான அமைப்பு எவ்வாறு உருவ அமைப்பை மாற்றும் திறன் பெற்றுள்ளது என்பதை கீழே காணலாம் என்பதை,

1. இலேசான கிளர்வு மைய (Active site) அமைப்பானது ADP மற்றும் கனிம பாஸ்பேட் (Pi) உடன் இலேசாக இணைகிறது
2. ஒரு இறுக்கமான அமைப்பாக மாறும்போது கிளர்வு மையத்தில் அயனிகள் பிணைப்பு இருக்கமாவதால் ATP உருவாகின்றது.
3. பின் திறந்த அமைப்பாக மாறும்போது ATP வெளிவிடப்படுகின்றது.

புரோட்டான்கள் அதிக ஆற்றல் உள்ள நிலையில் இருந்து நகரும்போது வெளிவிடப்படும் ஆற்றலானது ATPயை உருவாக்க தேவையான நொதியினை உபயோகித்து ATP உருவாக்கப்படுகிறது.

8.4 அதிக ஆற்றல் உள்ள சேர்மங்கள் (High Energy Compounds)

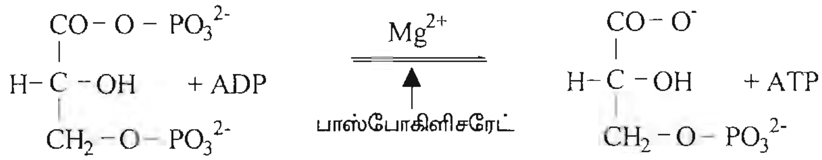
ATP ஒரு அதிக ஆற்றல் கொண்ட சேர்மம் ஆகும். இதைத் தவிர ADP, 1,3 டை பாஸ்போகிளிசரேட், பாஸ்போ ஈனால் பைருவேட் மற்றும் பாஸ்போ கிரியாட்டின் போன்றவை மற்ற அதிக ஆற்றல் உடைய சேர்மங்கள் ஆகும்.

இவை போன்ற அதிக ஆற்றல் கொண்ட சேர்மங்களில் உள்ள பாஸ்பேட் தொகுதி ஏற்றம் அடைந்து சேர்மங்கள் அதிக ஆற்றல் கொண்ட பாஸ்பேட் பிணைப்புகளைப் பெற்றோ (அல்லது) பெறாமலோ இருக்கலாம். மேலும் பாஸ்பேட் தொகுதி ஏற்றம் அடைந்த நிலையைக் காட்டிலும் அவை இல்லாதபோது சேர்மம் அதிக ஆற்றல் பெற்றதாகவும் இருக்கலாம்.

அதிக ஆற்றல் கொண்ட சேர்மங்களின் சேமிப்பு நிலை

அதிக ஆற்றலை சேமித்து வைக்க உதவும் இத்தகு சேர்மங்கள் பாஸ்போஜென்கள் ஆகும். இதற்கு சான்றாக முதுகெலும்பு உள்ள பிராணிகளின் தசைகளில் காணப்படும் பாஸ்போ கிரியாட்டின் என கூறலாம். இவற்றின் வினைகள் இருவழி (மீள் முறையில்) செயல்பாடுகளைக் கொண்டுள்ளது. இவை ATP தேவைப்படும்போது அவற்றை உருவாக்கவும், எப்போது ATP மிகுந்துள்ளதோ அப்போது அவை கிரியாடினுடன் வினைபுரிந்து பாஸ்போ கிரியாட்டினை உருவாக்குகிறது.

8.4.1 1,3 டைபாஸ்போகிளிசரேட்



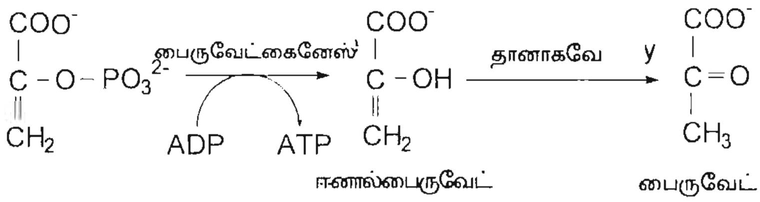
1,3 டை பாஸ்போ கிளிசரேட் 3-பாஸ்போகிளிசரேட்

ஒரு பாஸ்பேட் தொகுதி கொண்ட பிணைப்பானது நீராற் பகுக்கப்படும்போது அவை ஒரு அமிலத்தையும் மற்றும் பாஸ்பேட் அயனியையும், ஆற்றலையும் வெளிவிடுகிறது. இந்த ஆற்றலை வெளிவிடும் முதல் வினையானது மற்றும் ஒரு ஆற்றலை சேமிக்கும் வெப்பம் கொள்வினையுடன் இணைக்கப்பட்டு ATP இங்கு உருவாகின்றது. இங்கு ஆற்றல் மிகுந்த பாஸ்பேட் தொகுதியானது நேரடியாக ADPக்கு இடமாற்றம் செய்யப்படுவதால் ATP உருவாகின்றது. இந்த வினை பாஸ்போ கிளிசரேட்கைனேஸ் என்னும் நொதியானது வினைவேகமாற்றியாகச் செயல்படுவதால் நடைபெறுகிறது. ஒரு குளுக்கோஸ் மூலக்கூறில் இருந்து இரண்டு கிளிசரால்டிஹைடு-3-பாஸ்பேட் கிடைக்கின்றன. இதனால் இரு ATP

மூலக்கூறுகள் ஒரு குளுக்கோஸில் இருந்து இந்த வினையின்போது உண்டாகின்றன.

பாஸ்போஈனால் பைருவேட்டின் பங்கு (Role of Phosphoenol pyruvate)

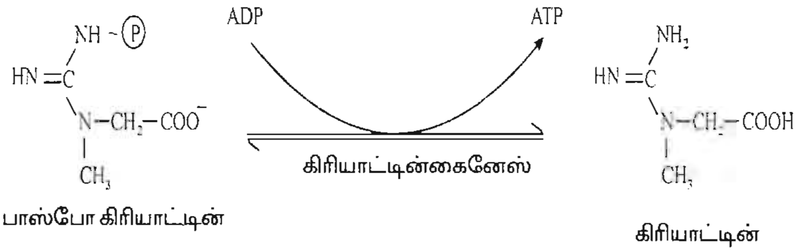
குளுக்கோஸ் லாக்டிக் அமிலமாக சிதைக்கப்படும்போது உருவாகும் பாஸ்போஈனால் பைருவேட், தன்னிடம் உள்ள பாஸ்பேட் தொகுதியை ADPக்குத் தருகின்றது. இந்த வினை பைருவேட் கைனேஸ் என்னும் நொதி வினைவேக மாற்றியாகச் செயல்படுவதால் நிகழ்கின்றது. இதில் உள்ள பாஸ்பேட் நொதியானது நீராற் பகுக்கப்படும்பொழுது, அவை ஒரு அமிலம், பாஸ்பேட் அயனி மற்றும் ஆற்றலை வெளி விடுகிறது. இந்த முதல் வினையின் மூலம் வெளியிடப்படும் ஆற்றல், அடுத்த ஆற்றலைச் சேமிக்கும் வெப்பம் கொள்வினைக்கு மாற்றப்பட்டு ATP உருவாக்கப்படுகின்றது. பாஸ்பேட் தொகுதியானது அதிக ஆற்றல் கொண்ட ஈனால் உருவமைப்பில் (Enol Form) மட்டும் இருக்க முடியும். இதனால் பாஸ்பேட் தொகுதியானது பாஸ்போ ஈனால் பைருவேட்டில் இருந்து அகற்றப்படும்போது நிலையான, குறைந்த ஆற்றல் உள்ள கீட்டோ நிலைக்கு மாற்றப்படும்போது அதிக ஆற்றல் வெளியிடப்படுகிறது. பைருவேட் கைனேஸ் நொதியானது இவ்வினையிலிருந்து ATP உருவாகும் வினையைக் கட்டுப்படுத்துகிறது.



இந்த வினையானது இரண்டு நிலைகளில் நடைபெறுகிறது. முதலில் இனோலேட் வடிவமுடைய பைருவேட் உண்டாகின்றது.

அதன்பின் பாஸ்பேட் தொகுதியானது ADPக்கு தரப்படுவது இரண்டாவதாக நிகழ்கின்றது. இந்த கீட்டோ பைருவிக் அமிலமானது, ஆக்ஸிஜன் இல்லாத நிலையில் லாக்டிக் அமிலமாக ஒடுக்கமடைகிறது. இவ்வினைகளில் மைட்டோகான்ரியா ஈடுபடுத்தப்படுவது இல்லை. ஒரு குளுக்கோஸ் இரு கிளிசரால்டிஹைடு பாஸ்பேட் மூலக்கூறு தருவதன் மூலம் இரு அதிக ஆற்றல் மிக்க ATPக்கள் பைருவேட்கைனேஸ் என்ற நொதி மூலம் ஒரு குளுக்கோஸ் மூலக்கூறிலிருந்து கிடைக்கின்றது.

பாஸ்போ கிரியாட்டின்



பாஸ்போகிரியாட்டின் ஒரு பாஸ்போஜன் ஆகும். இது ADPயுடன் வினைபுரிந்து கிரியாட்டின் மற்றும் ATPயை உருவாக்குகின்றது. கிரியாட்டின் கைனேஸ் என்ற நொதி இதில் ஈடுபடுகின்றது. இத்தகு ஆற்றலின் இடமாற்றத்தினால் தசைகள் சுருங்கும்போது தேவையான ஆற்றலைத் தர முடிகிறது.

8.4.2 அதிக ஆற்றல் கொண்ட ஒரு சேர்மம் ATP

மனித உடலில் அதிக அளவில் எல்லா இடங்களிலும் இருக்கின்ற, அதிக ஆற்றல் கொண்ட சேர்மம் ATP ஆகும். அடினோசைன் ட்ரை பாஸ்பேட் (ATP) என்றழைக்கப்படும், இச்சேர்மம் தேவைப்படும்போது செலவழிக்கும் வகையில்

ஆற்றலை, பாஸ்பேட் பிணைப்புகளை நீராற் பகுக்கும்போது வெளியிடப்படுகிறது. இந்த ஆற்றல் மிக்க பிணைப்புகள் எப்போதும் '' ~'' என்ற அடையாளம் மூலம் ~P என்று, அதிக ஆற்றலை நீராற்பகுக்கும்போது தரவல்ல பாஸ்பேட் தொகுதியைக் குறிப்பதாக உள்ளது. கடைசி பாஸ்பேட் தொகுதியை மற்றொரு சேர்மத்திற்கு தரப்படுவதை பாஸ்பேட் ஏற்றம் (Phosphorylation) எனவும், இதனால் ADP, பாஸ்பேட் ஏற்றம் அடைந்த புதிய சேர்மம் மற்றும் ஆற்றல் போன்றவை கிடைக்கின்றன.

ஆகவே பாஸ்பேட் தொகுதி குறைக்கும் வினையான ATP-ADP+Pi + ஆற்றல் - என்பது ஆற்றலானது பெரும்பாலும் தன்னிச்சையாக நடைபெறும் வினைகளோடு இணைக்கப் படுவதில்லை. பொதுவாக ATP மற்றொரு வினையோடு இணைக்கப்படும்போது இணைத்தல் என்னும் வினை, அதாவது இரண்டு வினைகள் ஒரே நேரத்தில் ஒரே இடத்தில் ஒரே நொதி கலவையை பயன்படுத்தும்படி அமைந்துள்ளது. பாஸ்பேட் தொகுதி ATPயில் இருந்து வெளியிடப்படும்போது ஆற்றல் வெளியாகிறது இதற்கு வெப்ப உமிழ்வினை (Exothermic) எனப்பெயர். இது வெப்பம் கொள்வினை (Endothermic) யோடு இணைக்கப்படுவதால் கீழ்கண்ட வினைகள் நடைபெற ஏதுவாகின்றது.

இரசாயன வினை (Chemical Reaction)

ATP ஆற்றலானது செல்லை உருவாக்கும் பெரிய மூலக்கூறுகளை தொகுக்க பயன்படுத்தப்படுகிறது.

இடமாற்ற வேலை (Transportation)

ATPயில் இருந்து வெளிப்படும் ஆற்றல் மூலக்கூறுகளை சவ்வின் ஊடே விசையுடன் செலுத்த பயன்படுத்தப்படுகிறது.

இயந்திரமயமான வேலை (Mechanical Work)

ATP யினால் கிடைக்கும் ஆற்றல் உடலின் தசைகள் சுருங்கி விரிய உதவுகிறது.

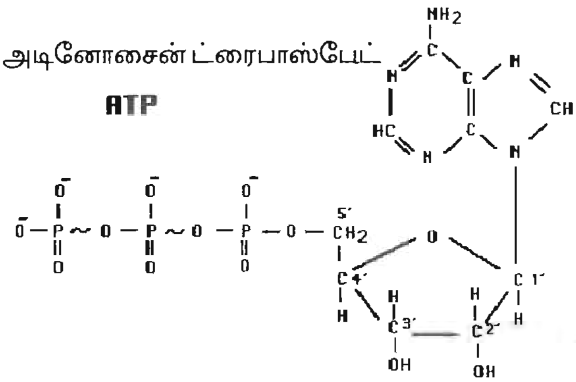
சில சமயங்களில் பாஸ்பேட் தொகுதியானது ஒரு ஏற்றுக் கொள்ளும் மூலக்கூறுகளுக்கு மாற்றப்படுகிறது. அத்தகு தொகுதி மாற்றத்தால் வரும் ஆற்றல், சில அதிக ஆற்றல் உள்ள சேர்மங்களோடு இணைந்து காணப்படுகிறது. இதனால் ATP என்பது சாதாரணமாக வேதிஆற்றலை இடமாற்ற உதவும் வாகனமாக செயல்படுகிறது.

8.4.2.1 ATP யின் உருவமைப்பு

அடினோசைன் ட்ரைபாஸ்பேட்டின் சுருக்கமே ATP ஆகும். இது ஒரு அடினோசைன் என்னும் நியூக்ளியோசைட், ரைபோஸ் மற்றும் மூன்று பாஸ்பேட்களை வால் போன்று நீண்ட அமைப்பாகப் பெற்ற கூட்டுச்சேர்மம் ஆகும்.

அடினோசைன் ட்ரைபாஸ்பேட்

ATP



$ADP + P_i \rightleftharpoons ATP + H_2O$

தேவைப்படும் ஆற்றல்
7.3 கிலோ கலோரி/மோல்

அதிக ஆற்றல் கொண்ட பிணைப்புகள் '~ ' குறி மூலம் குறிப்பிடப்படுகிறது. முதலாவது பாஸ்பேட்டுக்கும் இரண்டாவது பாஸ்பேட்டுக்கும் இடையே உள்ள பிணைப்பும் அதிக ஆற்றல் கொண்ட பிணைப்பாகும்.

8.4.2.2 ATP யை நீராற் பகுக்கும்போது வெளிப்படும் ஆற்றல்

$ATP + H_2O \longrightarrow ADP + Pi +$ ஆற்றல் வெளியீடு.

ΔG^o = -7,300 கலோரி/மோல் = -7.3 கி. கலோரி/மோல்

= -30.5 கி.ஜூல்/மோல் (ΔG^o, 37^oCல் அளவிடப்படும்போது)

ATPஅதிக ஆற்றல் கொண்ட சேர்மம். இந்த அதிக ஆற்றல் என்பது இந்த மூலக்கூறின் மொத்த ஆற்றலை குறிப்பது இல்லை. இது நீராற்பகுக்கப்படும்போது வெளிப்படும் ஆற்றலை மட்டும் குறிக்கின்றது.

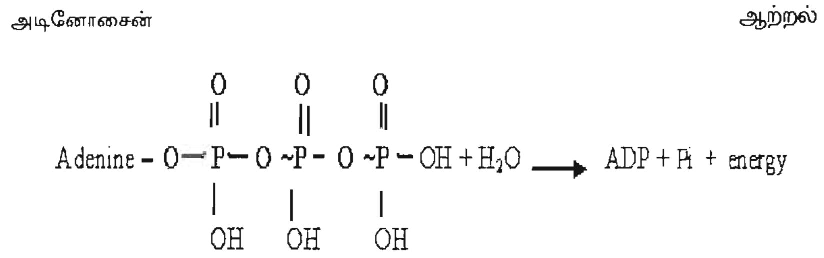
இவ்வாறு ATPயானது நீராற்பகுப்பு வினைக்கு உட்பட ΔG அதிக எதிர்குறி மதிப்பைப் (-ve) பெற்றுள்ளது. அதாவது நீராற்பகுத்தல் வினைக்கு உட்படும்போது அதிக ஆற்றல் வெளியிடப்படுகிறது. உயிர் வேதியியலில் அதிக ஆற்றல் நிலையனாது ATPயால் வரையறுக்கப்படுகிறது. ஒரு வேதிச் சேர்மத்தை நீராற்பகுக்கப்படும்போது வெளிப்படும் ஆற்றலை, ATPயை நீராற்பகுக்கும்போது கிடைக்கும் ஆற்றலுக்கு சமமாகவோ அல்லது அதிகமாகவோ இருந்தால் அச்சேர்மம் உயர் ஆற்றல் கொண்ட சேர்மமாகக் கருதப்படுகிறது. அதேபோல் நீராற்பகுப்பில் வெளிப்படும் ஆற்றல் ATPயில் கிடைக்கும் ஆற்றலைவிட குறைவாக இருந்தால் அது உயர் ஆற்றல் சேர்மமாக கருதப்படுவதில்லை. ATPயின் அமைப்பை கவனிக்கும் போது இரண்டு உயராற்றல் கொண்ட பாஸ்பேட் பிணைப்புகள் (AMP~ P~P) உள்ளன. ATPயை நீராற்பகுக்கும்போது வெளிப்படும் ஆற்றல்

ΔG யின் மதிப்பானது, அமில கார நிலை (pH), இரு நேர்மின் சுமை கொண்ட உலோக அயனியின் அடர்த்தி, அயனிகளின் நிகர மின்சுமை ATP மூலக்கூறுகளை பயன்படுத்தும் திறன் இவைகளால் வேறுபடுகிறது. மேலும் அருகே உள்ள சூழலைப் பொறுத்தும் அமைந்துள்ளது. ஒரு ATP மூலக்கூறிலிருந்து 7.3 கிலோ கலோரி/மோல் (E_{ATP}) வெளிப்படுவதற்கு ATP, ADP மற்றும் பாஸ்பேட் போன்றவை சமமான அடர்த்தியை கொடுக்க தேவைப்படுகிறது. செல்களில் ATPயின் அடர்வானது ADPயை விட 5லிருந்து 10 மடங்கு அதிகமாகக் காணப்படுகிறது. ATPயை நீராற்பகுக்கும்போது வெளிப்படும் அக ஆற்றலானது 12 கிலோ கலோரி/மோல் ஆக இருக்கிறது. இயற்பு வேதியியலாளரால் பிணைப்பாற்றல் என்பது ''பொதுவாக இரு அணுக்களுக்கிடையே உள்ள சகபிணைப்பை உடைக்கும்போது வெளிப்படும் ஆற்றல்'' என வரையறுக்கப்படுகிறது. சகப் பிணைப்பை பிளப்பதற்கே அதிக ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது. ஆனால் பாஸ்பேட் பிணைப்பானது முற்றிலும் வேறுபாடான ஒன்று. பாஸ்பேட் ஏற்றம் பெற்ற சேர்மம் நீராற்பகுப்பிற்கு உட்படும்போது வினைபடு பொருளுக்கிடையே உள்ள அக ஆற்றல் வேறுபாடு பாஸ்பேட் பிணைப்பாற்றல் எனப்படுகிறது.

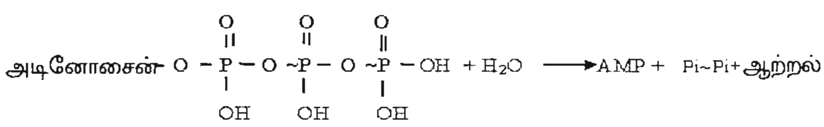
8.4.2.3 ஒற்றை பாஸ்பேட் பிளவு மற்றும் பைரோபாஸ்பேட் பிளவு

ATP மூலக்கூறு ஒற்றை பாஸ்பேட் பிளவு அல்லது இரட்டை பாஸ்பேட் பிளவு (பைரோ பாஸ்பேட் பிளவு) வினைக்கு உட்படலாம். இவ்வினைகள் ATPயானது வளர்சிதை மாற்ற வழிமுறைகளில் பயன்படுத்தப்படும்போது நிகழ்கிறது. ATP மூலக்கூறில் கடைசி பாஸ்பேட் தொகுதி மட்டும் பிரிக்கப்படும்போது அப்பிளவு ஒற்றை பாஸ்பேட் பிளவு என்றும் கடைசி இரண்டு பாஸ்பேட் தொகுதியைச்

சேர்த்து பிளக்கப்பட்டால் அப்பிளவு இரட்டை பாஸ்பேட் பிளவு என்று அழைக்கப்படுகிறது.



பல ATP மூலக்கூறுகள் பயன்படும் வினைகளில் கடைசி பாஸ்பேட் பிளவிற்குப் பதில் கடைசி இரட்டை பாஸ்பேட் தொகுதிகள் நொதிகளால் நீராற்பகுக்கப்பட்டு (பைரோ பாஸ்பேட்), ஆற்றல் வெளியிடப்படுகிறது. இவ்வாறு வெளியிடப்படும் ஆற்றலானது ஒற்றைப் பாஸ்பேட் பிளவு அல்லது ஆர்த்தோ பாஸ்பேட் பிளவுகளில் வெளிப்படும் ஆற்றலை விட அதிகம் ஆகும்.



பைரோபாஸ்பேட் (PPi) என்பது உடலில் தேவைப்படும் இயக்க விசைக்குத் தேவைப்படும் வினைக்கு விளைபொருளாக (Product) செயல்படுகிறது. பைரோபாஸ்படேஸ் (Pyrophosphatase) என்ற நொதியால் நிகழும் தன்னிச்சையான நீராற்பகுப்பு வினையானது பைரோபாஸ்பேட்டை வினை பொருளாக பயன்படுத்த ஊக்குவிக்கிறது. இந்த பைரோபாஸ்பேட் பிளவு வினையின் கட்டிலா ஆற்றலானது (ΔG-Free Energy) 10 கிலோ கலோரி/மோல் ஆக உள்ளது. இவ்வாறு ஒற்றைபாஸ்பேட் பிளவால் வெளிப்படும்

ஆற்றலை விட அதிக ஆற்றல் தேவைப்படும் உயிர் மூலக் கூறுகளின் உருவாக்க வினைகள் முழுமையடைய, இத்தகைய பைரோபாஸ்பேட் வினைகள் முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றன.

பயிற்சிகள்

I. சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடு.

1. கீழ்க்காண்பவைகளில் அதிக ஆற்றல் கொண்ட சேர்மம் எது?

   அ) கிளிசரால்டிஹைடு ஆ) AMP

   இ) பைரோ பாஸ்பேட் ஈ) லாக்டேட்

2. கீழ் காண்பவைகளில் எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடரில் பங்கு கொள்ளும் சேர்மம் எது?

   அ) அடினோசைன் ஆ) ஹீம் அல்லாத இரும்பு அடங்கிய புரதம்

   இ) கிரியாட்டின் பாஸ்போகைனேஸ்

   ஈ) அடினைலேஸ் சைக்ளேஸ்

3. எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடரில் உள்ள சுவாசத்தை கட்டுப்படுத்தும் பொருள் எது?

   அ) ATP சிந்தடேஸ் ஆ) ADP

   இ) அயனோபோர்கள் ஈ) கிரியாட்டின்

4. பைரோபாஸ்பேட் பிளவின் தேவை

   அ) அதிக ஆற்றல் பிளவு வீணாக்கப்படுதல்

   ஆ) சில உயிர் மூலக்கூறுகளின் உருவாக்க வினைகளை முழுமைப்படுத்துதல்

   இ) பாஸ்பேட் தொகுதியை ஒரு மூலக்கூறிலிருந்து மற்றொரு மூலக்கூறுக்கு மாற்றுதல்

   ஈ) எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடரை கிளர்வுறச் செய்தல்

5. மைட்டோகாண்டிரியாவில் உள்ள சக்சினேட் டிஹைட்ராஜினேஸ் என்பது எதன் குறியீடாகக் கருதப்படுகிறது?

அ) உட்சவ்வு ஆ) வெளிச் சவ்பு
இ) சவ்வுகளின் இடைவெளிப் பகுதி ஈ) மேட்ரிக்ஸ்

II. கோடிட்ட இடத்தை நிரப்புக.

1. எலக்ட்ரான்களை ஏற்றுக்கொள்ளும் வினையானது ------- என்றும் அவைகளை இழக்கும் வினையை --------என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

2. ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்க வினைகளை --------- என்றும் அழைக்கலாம்.

3. பாஸ்போ ஈனால் பைருவேட்டிலிருந்து ஆற்றலை நேரடியாக மாற்றும் நிகழ்வு ----------- ற்கு உதாரணம் ஆகும்.

4. தசை செல்களில் ஆற்றலானது ---------- என்ற மூலக்கூறில் சேமிக்கப்பட்டுள்ளது.

5. எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடரில் இணை தடுப்பான்கள் என்பவை ---------- , --------- மற்றும் ---------- ஆகும்.

III. சரியா? தவறா?

1. தசைச் செல்களில், ATP மூலக்கூறு குறைவாக உள்ளபோது பாஸ்போகிரியாட்டின் மூலம் ATP உருவாக்கப்படுகிறது.

2. எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடரில் $FADH_2$ வினைபடு பொருளாக செயல்படும்போது, மூன்று மூலக்கூறு ATP உருவாக்கப்படுகிறது.

3. ஆக்ஸிஜனேற்ற பாஸ்பேட் ஏற்றத்திற்கு F_1 என்ற காரணி அவசியமானது அல்ல.

4. ஒரு ATPயை ADPயாக நீராற்பகுக்கும்போது வெளியிடப்படும் ஆற்றல் 7.3 கிலோ கலோரியை விட அதிகமாக உள்ளது.

5. ATP மூலக்கூறுகளிலுள்ள கடைநிலை பாஸ்பேட் தொகுதியை நீக்கும் வினையை மோனோபாஸ்பேட் பிளவு அல்லது ஒற்றை பாஸ்பேட் பிளவு என்கிறோம்.

IV. பொருத்துக.

1.	சயனைடு	-	ஒடுக்கி
2.	NADH	-	சைட்டோகுரோம் ஆக்ஸிஜனேற்ற நொதிக்கு தடுப்பான்
3.	இணைத் தடுப்பான்கள்	-	புரோட்டான் உந்துவிசை
4.	F_0 மற்றும் F_1 துகள்கள்	-	H^+ அயனிச் செறிவை குறைப்பது
5.	கெமிஆஸ்மாடிக் ஆற்றல்	-	ATP சிந்தடேஸ்

V. கீழ்க்கண்டவற்றிக்குச் சுருக்கமாக விடையளி.

1. ஆற்றலை சேமிக்கும் நிகழ்வு எந்த இடமாற்ற அமைப்பில் நிகழ்த்தப்படுகிறது?
2. செல்லின் ஆற்றல் மையங்கள் என அழைக்கப்படுவது எது?
3. அயனோபோர்கள் என்பவை யாவை?
4. பாஸ்போஜென்களின் பணி என்ன?
5. தசைகளில் பாஸ்போ கிரியாட்டின் பங்கு என்ன?

VI. கீழ்க்கண்டவற்றிற்கு விடையளி.

1. கெமிஆஸ்மாடிக் கொள்கையை உருவாக்கியவர் யார்?
2. ATP சிந்தடேஸ் என்ற நொதியின் மற்றொரு பெயர் என்ன?
3. எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடரில் சயனேடு என்ற தடுப்பான், தடுக்கும் பகுதிப் பொருள்கள் என்ன?

4. மைட்டோகாண்டிரியாவின் எந்த பகுதியில், எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடரில் பங்கு பெறும் புரதங்கள் அமைந்துள்ளன?

5. சைட்டோகுரோம் C ஒடுக்க நொதி (Cytochrome C reductase) யின் மற்றொரு பெயர் என்ன?

VII. கீழ்க்கண்டவற்றிற்கு விரிவாக விடையளி.

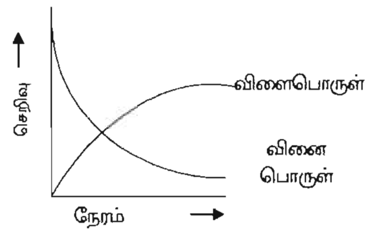
1. கெமிஆஸ்மாடிக் கொள்கையை விவரி?
2. எலக்ட்ரான் இடமாற்றத் தொடரின் எந்தெந்த பகுதியில் ATP மூலக்கூறுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன?
3. பைரோபாஸ்பேட் பிளவு.
4. அதிக ஆற்றல் கொண்ட சேர்மங்கள்.
5. மைட்டோகாண்டிரியாவின் வெவ்வேறு பகுதிப் பொருள்களில் உள்ள தனித்தன்மை வாய்ந்த நொதிகளை குறிப்பிடுக.

பாடம் - 9

நொதி வினைவேகவியல்

முன்னுரை

நிலையான வெப்பநிலை மற்றும் pHல், நொதிகளால் நடைபெறும் வினைகளின் வேகம் நொதி மற்றும் வினை பொருட்களின் செறிவுகளைப் பொருத்தே அமையும். வினை பொருளின் செறிவிற்கும், வினைவிளை பொருளின் செறிவிற்கும் இடையே உள்ள தொடர்பை படம் 9.1 விளக்குகிறது.



படம் 9.1 வினைபொருள் செறிவிற்கும் வினைவிளை பொருள் செறிவிற்கும் இடையே உள்ள தொடர்பு

நொதிகளின் செறிவை அதிகப்படுத்தும் போது, வினைவேகமும் சீராக உயருகிறது. ஆனால், நொதியின் செறிவு நிலையாக இருக்கும் போது, வினைபொருளின் செறிவை உயர்த்தினால், வினைவேகம், அதிபரவளையாகமாக (hyperbolically) உயருகிறது. இதிலிருந்து ஒவ்வொரு நொதியும் தங்கள் வினைபொருளுடன் இணைவதற்குக் குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கையிலான மையங்கள் கொண்டுள்ளன என அறியலாம். அத்தகைய மையங்கள் அனைத்தும் நிறைவடைந்தவுடன், வினைவேகத்தில் மேலும் எந்த முன்னேற்றமும் ஏற்படுவதில்லை.

இந்நிலையில் நொதி, வினைபொருளுடன் இணைவதில் நிறைவுத் தன்மை அடைந்து விடும்.

9.1 மைகேலிஸ் மென்டன் சமன்பாட்டைத் தருவித்தல் (Derivation of Michaelis Menton equation)

லியோனார் மைக்கேலிஸ் மற்றும் மென்டன் ஆகியோர் 1913ல் வினைபொருளின் செறிவு நொதி செயல்பாட்டின் மீது ஏற்படுத்தும் தாக்கத்திற்கு விளக்கமளித்தனர்.

இச்சமன்பாட்டின்படி, E என்னும் நொதி, 'S' என்னும் வினைபொருளுடன் இணைந்து ES என்னும் கூட்டுப் பொருளைத் தருகிறது. இக்கூட்டுப் பொருள் மெதுவாகப் பிரிந்து P என்னும் வினைவிளைபொருளைத் தருகிறது. மேற்கண்ட வினைகளைக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாடுகளால் விளக்கலாம்.

$$E + S \underset{k_2}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} ES \qquad \text{படி 1}$$

$$ES \underset{k_4}{\overset{k_3}{\rightleftharpoons}} E + P \qquad \text{படி 2}$$

k_1 மற்றும் k_2 என்பவை முறையே படி ஒன்றின் முன்னோக்கு மற்றும் பின்னோக்கு வினைகளின் வினைவேக மாறிலிகள் (rate constants) ஆகும்.

k_3 மற்றும் k_4 என்பவை முறையே படி இரண்டின் முன்னோக்கு மற்றும் பின்னோக்கு வினைகளின் வினைவேக மாறிலிகள் ஆகும்.

பின்வரும் நிலைபாடுகளை நிறைவு செய்யும் வினைகளுக்கே மேற்கூறிய சமன்பாடுகள் பொருந்தும்.

அ. ஒரு வினைபொருள் மட்டுமே ஈடுபட்டு, ஒரே ஒரு வினைவிளை பொருளைத் தரும் வினையாக இருக்க வேண்டும்.

ஆ. வினைச்செயல் இறுதிவரை நடைபெற வேண்டும்.

இ. வினைபொருளின் செறிவு, நொதியின் செறிவை விட மிக அதிகமாக இருக்க வேண்டும்.

ஈ. வினையின் போது இடைநிலையாக ES கூட்டுப்பொருள் உருவாக வேண்டும்.

உ. வினைபொருள் சிதைவுறும் வேகம், ES கூட்டுப்பொருளின் செறிவைப் பொருத்தே அமைய வேண்டும்.

'S' ன் செறிவு, 'E' ன் செறிவை விட மிக அதிகமாக இருக்குமேயானால், வினையின் தொடக்கத்தில், Sன் ஒரு சிறிய பகுதி மட்டுமே வினைவிளைபொருள் 'P' ஆக மாற்றம் அடைந்திருக்கும். இந்நிலையில் $P \longrightarrow ES$ என்ற வினையைப் புறக்கணிக்காலாம்.

நிறைதாக்க விதியின் படி, k_1 மற்றும் k_2 ஆகியவற்றை முறையே முன்னோக்கு மற்றும் பின்னோக்கு வினைகளின் வினைவேக மாறிலிகளாகக் கொண்ட படி ஒன்றின்

முன்னோக்கு வினையின் வேகம் = $k_1 [E] [S]$............(1)

பின்னோக்கு வினையின் வேகம் = $k_2 [ES]$ ....(2)

நிறைதாக்க விதியின் படி, k_3 மற்றும் k_4 ஆகியவற்றை முன்னோக்கு மற்றும் பின்னோக்கு வினையின் வினைவேகமாறிலிகளாகக் கொண்ட படி 2ன்

முன்னோக்கு வினையின் வேகம் = $k_3 [ES]$...............(3)

பின்னோக்கு வினையின் வேகத்தைப் புறக்கணிக்கலாம்.

இவ்வமைப்பில் நொதியின் மொத்த செறிவு,

$$[Et] = [E] + [ES] \quad ....(4)$$

இதில் [E], [ES] மற்றும் [Et] முறையே கூட்டுப் பொருளாக மாறாத தனித்த நொதி, கூட்டுப்பொருள் மற்றும் மொத்த நொதி ஆகியவற்றின் செறிவுகளாகும்.

முழுவினையின் வினைவேகம்,

$$v = k_3 [ES]$$

இந்த சமன்பாடே முழுவினையின் வினைவேகச் சமன்பாடாகும். ஆனால், இதில் k_3 மற்றும் ESஐ நேரிடையாக அளவிட முடியாததால் இச்சமன்பாடு உபயோகமற்றதாகும். இவ்வினை சமநிலை அடைந்ததாகக் கருதினால், [ES] உருவாகும் வினையின் வேகமும், [ES] சிதைவுறும் வினையின் வேகமும் சமமானதாகும்.

ES உருவாகும் வினையின் வேகம் (V_f) ஆனது, இரண்டாம் வகை வினையின் படி, E மற்றும் S ஆகியவற்றின் செறிவுகளைப் பொருத்ததாகும்.

$$V_f = k_1 [E] [S]$$

$$= k_1 ([Et] - [ES]) \; [S] \quad ....(6)$$

ES சிதைவுறும் வினையின் வேகம் V_d ஆனது,

$$V_d = k_2 [ES] + k_3 [ES]$$

$$= k_2 + k_3 [ES] \quad ....(7)$$

சமநிலையில்,

$$V_d = V_f$$

$$k_1 ([E_t] - [ES]) [S] = k_2 + k_3 [ES] \quad \text{............(8)}$$

சமன்பாட்டை மாற்றியமைத்தால்,

$$\frac{[S] ([Et] - [ES])}{[ES]} = \frac{k_2 + k_1}{k_3} = Km \quad \text{............(9)}$$

இதில் Km என்பது மைக்கேலிஸ் மென்டன் மாறிலி ஆகும். இது நொதி மற்றும் அதன் வினைபொருளின் தொடர்புடைய ஒரு தனித்தன்மை வாய்ந்த கூறாகும்.

[ES] ஐப் பெற, இச்சமன்பாட்டை மாற்றியமைத்தால்,

$$\frac{[S] [Et] - [S] [ES]}{[ES]} = Km \quad \text{............(10)}$$

$$Km [ES] = [S] [Et] - [S] [ES]$$

$$Km [ES] + [S] [ES] = [S] [Et]$$

$$[ES] (Km + [S]) = [S] [Et]$$

$$[ES] = \frac{[Et] [S]}{Km + [S]} \quad \text{.........(11)}$$

சமன்பாடு 5ன் படி, $V = k_3$ [ES] . [ES] ன் மதிப்பை, இச்சமன்பாட்டில் பதிலீட்டால்,

$$V = \frac{k_3[Et]\,[S]}{Km + [S]} \qquad \text{...........(12)}$$

அதிகபட்ச வினைவேகம் V_{max} ஆனது,

$$V_{max} = k_3\,[Et] \qquad \text{...........(13)}$$

k_3 [Et] இன் மதிப்பை சமன்பாடு 12ல் பதிலீட்டால்,

$$V = \frac{V_{max}\ [S]}{Km + [S]} \qquad \text{...........(14)}$$

இதுவே, மைக்கேலிஸ் மென்டன் சமன்பாடாகும்.

வினைவேகம்V, அதிகபட்ச வினைவேகம் V_{max} ன் பாதியாகக் கொண்டால்,

அதாவது, $V = V_{max} / 2$

அதாவது,
$$\frac{V_{max}}{2} = \frac{V_{max}\ [S]}{Km + [S]} \qquad \text{...........(15)}$$

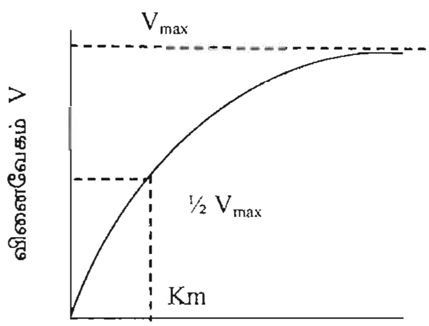
மாற்றியமைத்தால்,

$$Km + [S] = 2\,[S]$$

$$Km = [S] \qquad \text{...........(16)}$$

9.1.1 Kmன் மதிப்பை வரையறுத்தல்

வினைவேகம், அதிகபட்ச வினைவேகத்தின் பாதியாக இருக்கும் போது, வினைபொருள் செறிவே Km ஆகும். இது நொதியின் செறிவைப் பொருத்ததல்ல. Kmன் அலகு மோல்/லி ஆகும். ஆகவே, மைக்கேலிஸ் - மென்டன் மாறிலியை வினைபொருள் செறிவு மற்றும் வினைவேகத்தைக் கொண்டு வரையப்பட்ட மைக்கேலிஸ் மென்டன் வரைபடத்தின் மூலம் கண்டறியலாம். (படம் 9.2)



படம் 9.2 மைக்கேலிஸ் மென்டன் வரைபடம்

9.1.2 லைன்வீவர் - பர்க் சமன்பாடு (Lineweaver - Burk Equation)

மைக்கேலிஸ் - மென்டன் சமன்பாட்டின் உருமாற்றம்
(Transformation of the Michaelis - Menton Equation)

Kmன் மதிப்பை லைன்வீவர் பர்க் சமன்பாட்டின் மூலமாக மிகத் துல்லியமாகக் கணிக்கலாம். லைன்வீவர் பர்க் சமன்பாடானது, மைக்கேலிஸ் மென்டன் சமன்பாட்டின் தலைகீழி வடிவமாகும்.

$$1/V = Km + [S] / V_{max} [S] \quad (1)$$

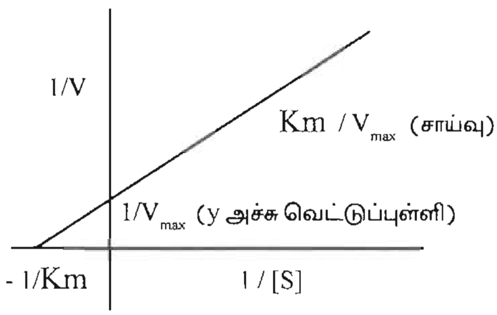
சமன்பாட்டை மாற்றியமைத்தால்,

$$1/V = Km / V_{max} [S] + [S] / V_{max} [S] \quad (2)$$

இதனை மேலும் எளிமையாக்கினால்,

$$1/V = Km / V_{max} \times 1/ [S] + 1/ V_{max} \quad (3)$$

1/V மற்றும் 1/S ஐக் கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரைந்தால் (இரு தலைகீழ் வரைபடம்) Km/ V_{max} ஐ சாய்வாகக் கொண்ட ஒரு நேர்கோட்டைத் தருகிறது. இவ்வரைபடத்திலிருந்து சாய்வையும் வெட்டுப் புள்ளியையும் (interscept) எளிதாகக் கணிக்கலாம். இதன்மூலம் V_{max} ஐயும், Kmஐயும் துல்லியமாகக் கணிக்கலாம். (படம் 9.3)



படம் 9.3 லைன்வீவர் - பர்க் வரைபடம்

9.2 நொதிகளின் செயல்பாடு

வினைபொருளை வினைவிளைபொருளாக மாற்ற, மூலக்கூறு நிலையில் நடைபெறும் நிகழ்வுகளின் தொகுப்பே நொதியின் செயல்பாட்டின் இயங்கமைப்பு ஆகும். நொதிகள் தங்களின் வினைபொருள் மீது செயல்பட்டு, அவற்றில் வேதிப்பிணைப்புகளை உருவாக்கவோ, சிதைக்கவோ செய்கின்றன.

9.2.1 ES கூட்டுப்பொருள் உருவாக்கம்

மைக்கேலிஸ் மென்டன் கொள்கையின் படி, நொதி (E) வினைபொருள் (S) உடன் இணைந்து, ஒரு இடைநிலை நொதி வினைபொருள் (ES) கூட்டுப்பொருளை உருவாக்குகிறது. இக்கூட்டுப்பொருளானது, பின்னர் சிதைவுற்று, வினை விளைபொருள் (P) உருவாக்குவதுடன், எவ்வித மாற்றமடையாத நொதியையும் மீண்டும் தருகிறது. இவ்வாறு உருவான நொதியானது, இதே முறையில் மற்றுமொரு புதிய வினைபொருளுடன் இணைகிறது. நொதிகள் ஈடுபடும் வினையின் போது, இடைநிலை கூட்டுப்பொருள் நொதி - வினைபொருள் ES கூட்டுப்பொருள் உருவாவது நிறமாலை ஒளியியல் ஆய்வுகள் (Spectroscopic studies) மூலம் உறுதிப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

நொதிகள் ஈடுபடும் ஒரு எளிதான வினையைக் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்,

$$E + S \rightleftharpoons ES \rightleftharpoons EP \rightleftharpoons E + P$$

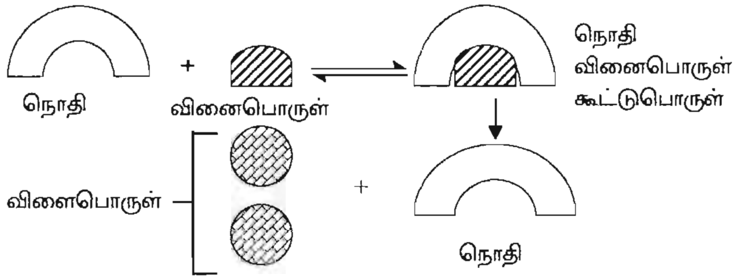
இதில் E,S மற்றும் P ஆகியவை முறையே நொதி, வினைபொருள் மற்றும் வினைவிளைபொருள் ஆகியவற்றைக் குறிக்கின்றன. ES மற்றும் EP முறையே நொதியுடன் இணைந்த வினைபொருள் மற்றும் வினைவிளைபொருளைக் குறிக்கின்றன. வினையின் இறுதியில் ES கூட்டுப்பொருளானது சிதைந்து தேவையான வினைவிளைபொருளுடன், எவ்வித மாற்றமுமடையாத

நொதியும் திரும்பப் பெறப்படுகிறது. இந்நொதி மீண்டும் நொதிச் செயலில் ஈடுபடுகிறது. ES கூட்டுப் பொருளானது, ஒரு அதிக ஆற்றல் வாய்ந்த நிலையற்ற கூட்டுப்பொருளாகும். இது சிதைவுற்று வினைவிளை பொருளைத் தருகிறது. வினைபொருள் நொதி மூலக்கூறுகளிலுள்ள சில குறிப்பிட்ட மையங்களில் இணைந்து நொதி - வினைபொருள் கூட்டுப்பொருளை உருவாக்குகிறது. நொதிகளிலுள்ள வினைபொருள் இணையும் இக்குறிப்பிட்ட பகுதிகள் கிளர்வு மையம் (active site) அல்லது வினை ஊக்க மையம் (catalytic site)என அழைக்கப்படுகின்றன.

நொதி புரதங்களிலுள்ள அமினோ அமிலங்களிலுள்ள செயல் வினைப்பகுதிகள் இணைந்து கிளர்வுமையத்தை உருவாக்குகின்றன. உதாரணமாக, சிரைனின் தனித்த ஹைட்ராக்சில் தொகுதி, தைரோசினின் ஃபீனால் தொகுதி, ஆகியவை நொதிகளின் கிளர்வுமையங்களில் உள்ள சில முக்கிய செயல்வினை தொகுதிகளாகும்.

9.2.2 கிளர்வுமையம் பற்றிய கொள்கைகள் (Theories of Active site)

சாவி பூட்டில் பொருந்துவது போல வினைபொருள் நொதியின் கிளர்வு மையத்தில் பொருந்துவதாக பிஷ்சர் என்பவர் 1894 ஆம் ஆண்டு அறிவித்தார் (படம் 9.4). இதனால் இக்கொள்கை நொதியின் செயல்பாடு பற்றிய பூட்டுசாவி கொள்கை என அழைக்கப்பட்டது.

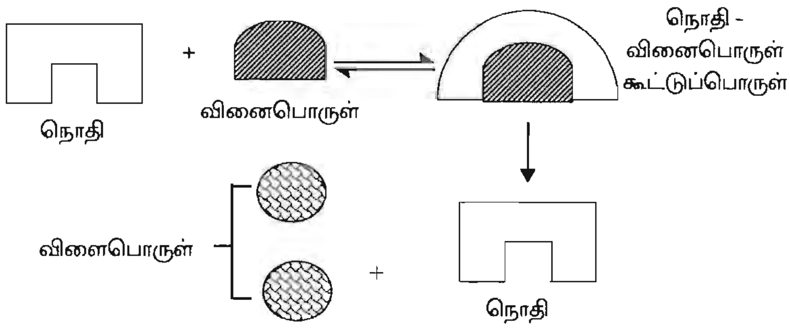


படம் 9.4 பிஷ்சரின் பூட்டு சாவி கொள்கை

இக்கொள்கையின்படி, வினைபொருள் பொருந்துவதற்குரிய மையங்கள் நொதிகளில் உள்ளன. இவ்வாறு, வினைபொருள்

நொதியுடன் இணையும் தொகுதிகளே கிளர்வுமையம் அல்லது வினை ஊக்கமையம் என அழைக்கப்படுகிறது. ஆனால், இக்கொள்கையால் எல்லா நொதிச் செயல்பாடுகளையும் விளக்க இயலாது. ஏனென்றால், சில வினைகளில் வினைபொருள் மூலக்கூறுகளும், கிளர்வு மையங்களும் பொருந்தும் தன்மையற்றதாகக் காணப்படுகின்றன. இருப்பினும், சில வினைகள் நடைபெறுகின்றன.

பின்னர் 1963 ஆம் ஆண்டில் கோஷ்லாந்து என்பவரால் இக்கொள்கை தூண்டு தகுதிக் கூற்றாக மாற்றியமைக்கப்பட்டது. நொதிகளின் கிளர்வு மையங்களில் வளைந்து கொடுக்கும் தன்மையே இக்கொள்கையின் அடிப்படையாகும். பிஷ்சர் கொள்கையில் கிளர்வு மையம் ஒரு கடினமான உருமாறும் தன்மையற்ற அமைப்பைக் கொண்டுள்ளது. ஆனால் தூண்டு தகுதிக் கொள்கையின் படி வினைபொருள் நொதியின் கிளர்வுமையத்தில் ஒரு உருமாற்றத்தை ஏற்படுத்துகிறது. (படம் 9.5) இதனால் கிளர்வு மையம் ஒன்றையொன்று அணுகி ஒரு இலகுவான முறையில் வினைபொருள் கிளர்வுமையத்தில் பொருத்தப்படுகிறது.



படம் 9.5 **கோஷ்லாந்தின் தூண்டு தகுதிக் கொள்கை**

நொதிகளிலுள்ள கிளர்வு மையம் தங்கள் நீர்விரும்பும் மற்றும் நீர் வெறுக்கும் வினை ஊக்கத் தொகுதிகளால் வினைபொருளைப்

பிணைக்கின்றது. நொதி வினைபொருள் கூட்டுப்பொருள் சகபிணைப்பு, எலக்ரோஸ்டாடிக் கவர்ச்சி (electrostatic atrraction) போன்ற பல்வேறு பிணைப்புகளால் ஆனது. கிளர்வு மையத்தில் உள்ள செயல்வினை தொகுதிகள் ES கூட்டுப்பொருள் உருவாவதற்கேற்ற ஒரு சாதகமான குறிப்பிட்ட வடிவத்தில் அமைந்துள்ளன.

பல நொதிகளுக்கு இணைநொதிகளாகிய புரதங்கள் அல்லாத சில மூலக்கூறுகள், அவற்றின் அதிகபட்ச செயல்திறனுக்குத் தேவைப்படுகின்றன. இவ்வாறு இணை நொதிகள் தேவையுள்ள நொதிகளில் அவ்விணை நொதிகள் இணைவதற்கான மையங்களும் கொண்டுள்ளன. இவ்வாறு உருவாகும் கூட்டுப்பொருள் நொதி - வினை பொருள் - இணைநொதி கூட்டுப்பொருள் என அழைக்கப்படுகின்றது.

இவை தவிர, சில நொதிகளின் முழுச்செயல்பாட்டிற்கு அயனிகளும் தேவைப்படுகின்றன. இந்த உலோக அயனிகள் நொதிகளின் ஊக்குவிப்பான்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன. ஆல்கஹால் டிஹைட்ரோஜினேஸ், பெராக்சிடேஸ், கேட்டாலேஸ், சாந்தின் ஆக்ஸிடேஸ் (Xanthine oxidase) போன்ற நொதிகள் மேற்கூறிய நொதிகளுக்கு உதாரணம். இவை உலோக அயனிகள் இணைவதற்கான மையங்களையும் பெற்றுள்ளன. இந்நொதிகளிலிருந்து உலோக அயனிகளைப் பிரித்தால், அவை பகுதியாக அல்லது முழுவதுமாக செயலிழந்து விடுகின்றன. இத்தகைய நொதிகளை உலோக நொதிகள் என்றழைக்கிறோம். பொதுவாக நொதியின் செயல்பாடுக்கு K^{+}, Cu^{+}, Mg^{2+} மற்றும் Ca^{2+} அயனிகள் தேவைப்படுகின்றன.

9.3 நொதி தடுப்பான் கூற்றுகள் (Enzyme Inhibitor-concepts)

நொதிகளால் செயல்படுத்தப்படும் சில வினைகளின் வேகம் தெரிவுத் தன்மை கொண்ட தடுப்பான்களால் குறைக்கப்படுகின்றன.

நொதிகளுடன் தடுப்பான்கள் இணைவதால், அவை வினைபொருளுடன் இணைந்து ES கூட்டுப்பொருள் உருவாவது தடுக்கப்படுகிறது. HCN மற்றும் H_2S போன்றவற்றின் நச்சுத்தன்மைக்கு, அவை நொதி தடுப்பான்களாகச் செயல்படுவதே காரணமாகும். பல மருந்துகள் குறிப்பிட்ட நொதிகளின் தடுப்பான்களாகச் செயல்படுகின்றன. எனவே மருந்துகள் மற்றும் நச்சுக்களின் செயல்பாடுகளை அறிந்து கொள்வதற்கு நொதி தடுப்பான்கள் பற்றிய அறிவு இன்றியமையாததாகும்.

நொதிகளைச் செயலிழக்கச் செய்து அவை செயல்படுத்தும் வினையின் வேகத்தைத் தடுக்கும் பொருட்களை நொதி தடுப்பான்கள் என்கிறோம். இச்செயல் நொதி தடுத்தல் என அழைக்கப்படுகிறது. தடுப்பான்களை மீள் தடுப்பான்கள் மற்றும் மீளாத்தடுப்பான்கள் என இருவகையாகப் பிரிக்கலாம். இது தடுத்தல் மீளும் தன்மையுடையதா அல்லது மீளாத் தன்மை உடையதா என்பதைப் பொருத்ததாகும்.

9.3.1. நொதி மீள் தடுத்தல் (Reversible Enzyme Inhibition)

மீள் தடுப்பான்கள் அதன் நொதியிலிருந்து மிக வேகமாகப் பிரிகையடைகிறது. ஏனெனில், அது நொதியுடன் மிகக் குறைந்த வலுவுடன் இணைந்துள்ளன.

1. வினைபொருள் செறிவை உயர்த்தினால் தடுத்திலின் மீளும் தன்மையைப் பொருத்து,
2. தடுப்பான்கள் கிளர்வு மையத்துடன் அல்லது கிளர்வுமையம் அல்லாத வேறு மையங்களோடு (அல்லோஸ்டிரிக் மையங்கள்) இணைவதைப் பொருத்து,
3. தடுப்பான்கள் தனித்த நொதிகளோடு இணைகிறதா அல்லது ES கூட்டுப்பொருளோடு இணைகிறதா என்பதைப் பொருத்து நொதி மீள் தடுத்தல் வினைகள்,

போட்டித்தன்மையுள்ள தடுத்தல், போட்டித் திறனற்ற தடுத்தல் மற்றும் போட்டித் தன்மையற்ற தடுத்தல் என மூன்று வகையாகப் பிரிக்கலாம்.

9.3.1.1 போட்டித் தன்மையுள்ள தடுத்தல் (Competitive inhibition)

போட்டித் தன்மையுள்ள தடுப்பான்கள் நொதிகளின் கிளர்வு மையத்தில் மீளும் தன்மையுடன் இணைவதால், அவற்றால் வினை பொருளுடன் இணை இயலாது (படம் 9.6) போட்டித் தன்மையுள்ள தடுப்பான்கள் வினைபொருளின் உருவ அமைப்புடன் பெரும்பாலும் ஒத்தே காணப்படும். சில நேரங்களில் போட்டித் தன்மையுள்ள தடுப்பான்கள் வினைபொருளுடன் முழு உருவொத்த பொருட்களாக இருக்கும். போட்டித் தடுப்பான்கள் வினைவிளை பொருளாக மாற்றப்படுவதில்லையெனினும், வினைபொருள் நொதியோடு இணைந்து கூட்டுப்பொருள் உருவாக்குவதைப் போலவே, இவையும் இணைந்து கூட்டுப்பொருளை உருவாக்குகின்றன. தடுப்பான்கள் நொதிகளுடன் இணைவதை இவ்வாறு குறிக்கலாம்.

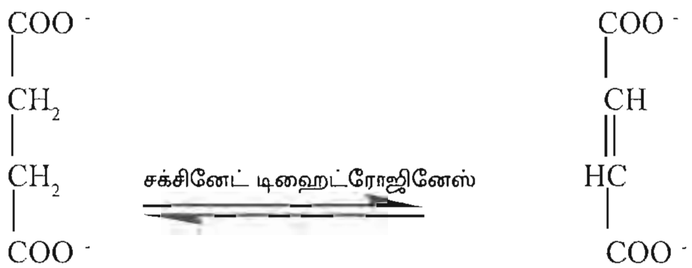
$$E + I \rightleftharpoons EI$$
$$K_i = [E]\ [I] / [EI]$$

இதில் K_i என்பது பிரிகை மாறிலியாகும்.

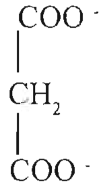
தடுத்தல் தன்மையின் அளவு, வினைபொருள் மற்றும் தடுப்பான்களின் செறிவுகளைப் பொருத்து அமைகிறது. இது மேலும் தடுப்பான்களுடன் நொதியின் கவர்ச்சித் தன்மையைப் பொருத்தும் அமைகிறது. தடுப்பான்களின் நிலையான நெறிவில், வினைபொருளின் செறிவை அதிகரிப்பதன் மூலம் தடுத்தல் தன்மையின் அளவினைக் குறைக்கலாம்.

மெலொனேட் அல்லது டைகார்பாக்சிலிக் அமிலங்களால் சக்சினேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் நொதி தடுக்கப்படுதல் இவ்வகை

தடுத்தலுக்கு உகந்த உதாரணமாகும். இந்நொதி கிரெப்ஸ் டிரைகார்பாக்சிலிக் அமில சுழற்சியின் நொதி தொகுதிகளில் உள்ள ஒரு நொதியாகும்.



சக்சினேட் ஃபியூமரேட்

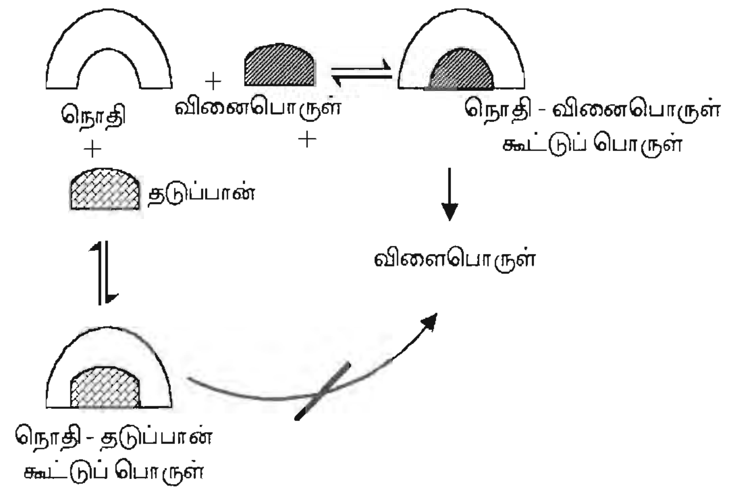


மெலொனேட் (சக்சினேட் டிஹைட்ரோஜினேசின் போட்டித் தன்மையுள்ள தடுப்பான்)

இது சக்சினேட்டிலுள்ள மெத்திலீன் கார்பன் அணுக்களிலுள்ள இரு ஹைட்ரஜன்களை நீக்கும் வினையை ஊக்குவிக்கிறது. சக்சினேட் டிஹைட்ரோஜினேசைத் தடுக்கும் மெலோனேட், இரு அயனியடைந்த கார்பாக்சில் தொகுதிகளைக் கொண்டிருப்பதன் மூலம் சக்சினேட் உடன் உருவொத்துக் காணப்படுகிறது.

பாக்டீரியா போன்ற பல நுண்ணுயிரிகள் p-அமினோ பென்சோயிக் அமிலத்திலிருந்து வைட்டமின் ஃபோலிக் அமிலத்தை

உருவாக்குகின்றன. சல்பனிலிக் அமிலம் மற்றும் இதர சல்பா மருந்துகள் p-அமினோ பென்சோயிக் அமிலத்தின் உருவொத்த பொருட்களாகும். எனவே, சல்பா மருந்துகள் போட்டித் தன்மையுள்ள தடுப்பான்களாகச் செயல்பட்டு இவ்வினையை ஊக்குவிக்கும் பாக்டீரியாக்களின் நொதிகளின் கிளர்வுமையங்களுடன் இணைகின்றன. இவ்வினையைத் தடுப்பதன் மூலம் நுண்ணுயிரிகளின் வளர்ச்சிக்குத் தேவையான ஃபோலிக் அமிலம் உருவாவது தடுக்கப்படுகின்றது. இதனால் நுண்ணுயிரிகள் உயிரிழக்கின்றன. இவ்வாறு சல்பா மருந்துகள் ஆன்டிபயாட்டிக்ஸ் (Antibiotics) ஆக செயல்படுகின்றன.



படம் 9.6 போட்டித் தன்மையுள்ள தடுத்தல்

9.3.1.2 போட்டித்தன்மையற்ற தடுத்தல் (Uncompetitive Inhibition)

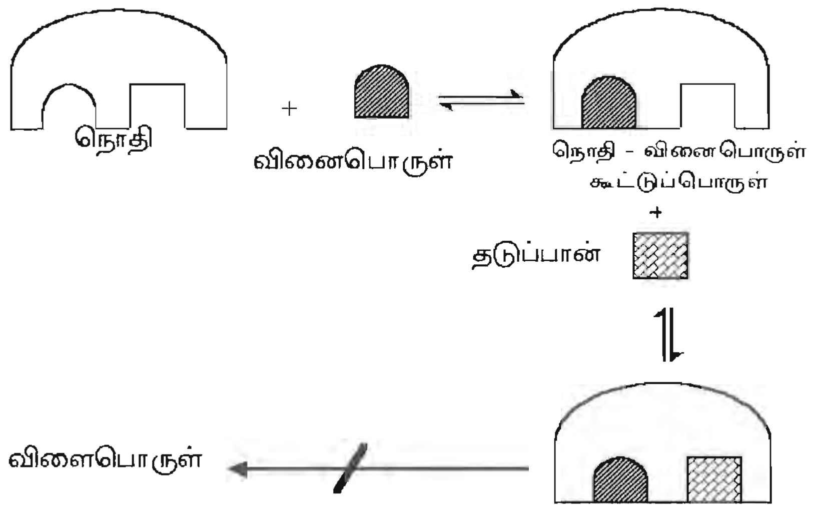
இவ்வகை தடுத்தலில் தடுப்பான்கள் ES கூட்டுப்பொருளுடன் மீளும் தன்மையுடன் இணைந்து ESI கூட்டுப் பொருளை உருவாக்குகின்றன.

$$ES + I \rightleftharpoons ESI$$

$$K_i = [ESI] / [ES] [I]$$

K_i = ESI கூட்டுப் பொருளின் பிரிகை மாறிலி.

போட்டித் தன்மையற்ற தடுப்பான் அல்லோஸ்டிரிக் மையங்களுடன் இணைகின்றன. இப்பிணைப்பு ES கூட்டுப்பொருளோடு மட்டுமே நடைபெறுகிறது. தனித்த நொதிகளுடன் இத்தடுப்பான்கள் இணைவதில்லை (படம் 9.7).



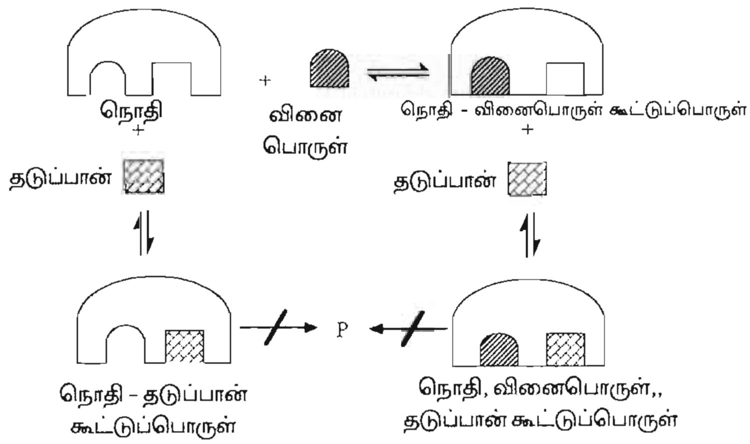
படம் 9.7 **போட்டித் தன்மையற்ற தடுத்தல்**

9.3.1.3 போட்டித் திறனற்ற தடுத்தல் (Non competitive Inhibition)

இவ்வகை தடுத்தலில் வினைபொருளுக்கும் தடுப்பானுக்கும் இடையில் நொதியுடன் இணைவதற்கு போட்டி ஏற்படுவதில்லை.

தடுப்பான்கள் வினைபொருளை உருவொத்து இருப்பதில்லை. இவை கிளர்வுமையங்களல்லாத வேறு மையங்களில் நொதிகளுடன் இணைகின்றன. I மற்றும் S நொதிகளின் வெவ்வேறு மையங்களுடன் இணைவதால், EI மற்றும் ESI கூட்டுப் பொருட்கள் உருவாகின்றன (படம் 9.8). வினைபொருள் நொதியோடு இணைந்திருந்தாலும் இல்லாவிடிலும் தடுப்பான்கள் நொதியுடன் இணைந்தவுடன் நொதி செயலிழக்கிறது. போட்டித் தன்மையுள்ள தடுத்தலுக்கு மாறாக, போட்டித் திறனற்ற தடுத்தலில், வினைபொருளின் செறிவை அதிகரித்தாலும் தடுத்தலின் அளவைக் குறைக்க முடியாது. எடுத்துக்காட்டாக, Ag^{2+}, Hg^{2+}, Pb^{2+} ஆகிய உலோக அயனிகள் பல்வேறு நொதிகளைச் செயலிழக்கச் செய்கின்றன. யூரியேஸ் என்னும் நொதி மேற்கூறிய உலோக அயனிகள் ஏதேனும் ஒன்றால் செயலிழக்கிறது.

$$E \underset{-I}{\overset{+I}{\rightleftharpoons}} EI : ES \underset{-I}{\overset{+I}{\rightleftharpoons}} ESI: K_i = [E][I]/[EI] \text{ or } [ES][I]/[ESI]$$



படம் 9.8 போட்டித் திறனற்ற தடுத்தல்

9.3.2 நொதி மீளாத் தடுப்பான்கள் (Irreversible Enzyme Inhibition)

ஒரு நொதியின் செயல் வினைத் தொகுதிகளோடு இணையும் அல்லது அவற்றைச் செயலிழக்கச் செய்யும் தடுப்பான்கள் மீளாத் தடுப்பான்கள் ஆகும். மீளாத் தடுப்பான்கள், அதன் நொதியிலிருந்து மிக மெதுவாகவே பிரிகை அடைகின்றன. ஏனெனில் அவை நொதியின் கிளர்வு மையத்துடன் மிகவும் வலிமையாகப் பிணைக்கப்படுகின்றன. இதனால், நொதி மூலக்கூறுகளைச் செயலிழக்கச் செய்கின்றன. சகபிணைப்பு அல்லது சகபிணைப்புகளல்லாத பிற பிணைப்புகள் (Non-covalent) மூலமாக நொதியுடன் மீளாத் தடுப்பான்கள் பிணைக்கப்படுகின்றன.

நொதி மீளாத் தடுத்தலுக்கு எடுத்துக்காட்டுகள்

1. அயடோ அசிடமைடு (Iodoacetamide) போன்ற அல்கைலேற்றிகள் (Alkylating agent). சில நொதிகளின் சிஸ்டீன் (cysteine) மற்றும் இதர பக்கவாட்டுத் தொகுதிகளுடன் (Side chains) மீளாத்தன்மையுடன் இணைத்து, அவற்றின் செயல்பாட்டைத் தடுக்கின்றன.

2. டை ஐசோ புராபைல் பாஸ்போ ஃபுளூரிடேட் (DIPF) போன்ற வலிமையான கரிமபாஸ்பரஸ் சேர்மங்கள், தங்கள் கிளர்வு மையங்களில் சிரைல் (Seryl) நொதிகளைக் கொண்ட நொதிகளின் வலிமை வாய்ந்த மீளாத் தடுப்பான்களாகச் செயல்படுகின்றன.

பயிற்சிகள்

I. சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடு.

1. ES கூட்டுப்பொருள் உருவாக்கம் ஒரு
   அ. மீள் வினையாகும் ஆ. மீளாவினையாகும்
   இ. ஆற்றல் கொள் வினையாகும் ஈ. முழு வினையாகும்

2. மைக்கேலிஸ் - மென்டன் கொள்கையின் படி
அ. வினையில் ஒரே ஒரு வினைபொருள் மட்டுமே ஈடுபடும்
ஆ. வினைபொருளின் செறிவை விட நொதியின் செறிவு மிக அதிகமாகும்
இ. ஒரு இடைநிலை ES கூட்டுப்பொருள் உருவாகும்
ஈ. மேற்கூறிய அனைத்தும் பொருந்தும்

3. மைக்கேலிஸ் மென்டன் சமன்பாட்டின் தலைகீழ் சமன்பாட்டை விளக்கியவர்
அ. லைன்வீவர் - பர்க் ஆ. பிஷ்சர்
இ. கோஷ்லாந்து ஈ. டிக்சன்

4. பூட்டு சாவி கொள்கையை விளக்கியவர்
அ. டிக்சன் ஆ. பிஷ்சர்
இ. கோஷ்லாந்து ஈ. மைக்கேலிஸ் மென்டன்

5. வினைபொருளின் முழுஉருவொத்த வடிவம் தேவைப்படுவது
அ. போட்டித் தன்மையுள்ள தடுப்பான்
ஆ. போட்டித் தன்மையற்ற தடுப்பான்
இ. போட்டித் திறனற்ற தடுப்பான்
ஈ. மீளாத் தடுப்பான்

II. கோடிட்ட இடங்களை நிரப்புக.

1. மைக்கேலிஸ் - மென்டன் சமன்பாட்டைத் தருவிக்கும் போது ---------------ன் செறிவு -----------ன் செறிவை விட மிக அதிகமாக இருக்கும் என கருத வேண்டும்.
2. மைக்கேலிஸ் மென்டன் சமன்பாட்டில் மொத்த நொதியின் செறிவை ---------- என குறிப்பிடுகிறோம்.
3. ------------------ கொள்கை கோஷ்லாந்து என்பவரால் அறிவிக்கப்பட்டது.

4. உலோக அயனிகள் தேவைப்படும் நொதிகள் ---------- என அழைக்கப்படுகின்றன.

5. ------------------------- வகை தடுத்தலில், தடுப்பான் ES கூட்டுப் பொருளுடன் இணையும் தன்மை கொண்டது.

III. சரியா? தவறா?

1. நொதி வினைபொருள் கூட்டுப்பொருள் என்பது நிலையான சேர்மமாகும்.
2. மெலொனேட் சக்சினேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் என்னும் நொதியின் போட்டித் தன்மையுள்ள தடுப்பானாகும்.
3. நொதி ஈடுபடும் அனைத்து வினைகளிலும் ES கூட்டுப்பொருள் உருவாகிறது.
4. வினைபொருளின் செறிவை அதிகரிப்பதின் மூலம் போட்டித் தன்மையுள்ள தடுத்தலின் அளவைக் குறைக்கலாம்.
5. போட்டித்தன்மையற்ற தடுப்பான் ES கூட்டுப்பொருளுடன் இணைகிறது.

IV. பொருத்துக.

1.	நொதிகள்	-	1/V vs 1/S
2.	ES கூட்டுப்பொருள்	-	ESI கூட்டுப்பொருள்
3.	Km	-	ஆற்றல் வாய்ந்த நிலையற்ற பொருள்
4.	லைன்லீவர் பர்க் வரைபடம்	-	உயிர்வினை ஊக்கிகள்
5.	போட்டித்தன்மையற்ற தடுத்தல்	-	மாறிலி

V. கீழ்க்கண்டவற்றிற்குச் சுருக்கமாக விடையளி.

1. Kmஐ வரையறு.
2. பூட்டுசாவி கொள்கையின் படி நொதியின் கிளர்வு மையத்தின் தன்மை என்ன?
3. போட்டித் தன்மையுள்ள தடுத்தல் என்றால் என்ன?
4. தூண்டல் தகுதிக் கூற்று என்றால் என்ன?
5. நொதி மீளாத் தடுத்தல் என்றால் என்ன?

VI. கீழ்க்கண்டவற்றிற்கு விடையளி.

1. M.M. சமன்பாட்டைத் தருவி.
2. லைன்வீவர் - பர்க் வரைபடத்தை எவ்வாறு தருவிக்கலாம்.
3. போட்டித் தன்மையுள்ள தடுத்தலை விளக்குக.
4. சக்சினேட் டிஹைட்ரோஜினேஸ் நொதியின் மீது மெலொனேட்டின் செயல்பாடு என்ன?

பாடம் - 10

நோய் எதிர்ப்புச் சக்தி

முன்னுரை

இலத்தீன் மொழியில் "Immunis" என்றால் ''தவிர்க்கப்பட்ட'' என்று பொருள். இதுவே ஆங்கில மொழியில் "Immunity" என்றும் தமிழில் ''நோய் எதிர்ப்பாற்றல்'' என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. இது நமது உடல் மற்றும் சுற்றுப்புறச் சூழலில் உள்ள நோய் உண்டாக்குவதற்கு காரணமானவற்றிடமிருந்து பாதுகாப்பு அளிக்க இயங்குகின்ற நுட்பமான இயக்கத்தைக் குறிக்கின்ற சொல்லாகும். இத்தகு நோய்வரக் காரணமானவை நுண்ணுயிரிகளோ, அவற்றில் இருந்து வெளிப்படும் நச்சுப் பொருட்களோ உணவு, இரசாயனம், மருந்துகள் மற்றும் மகரந்தத்துகள்கள் அல்லது விலங்குகளின் முடியாகக் கூட இருக்கலாம்.

10.1 நோய் உண்டாக்கும் கிருமிகளால் பாதிக்கப்பட்ட நிலை (Infections)

ஒட்டுண்ணி போன்ற நோய்க்கிருமிகள் விருந்தோம்பியின் (host) உடலினுள் நுழைவதாலோ அல்லது உடலின் புறப்பரப்பில் தங்கி பெருகுவதாலோ நோயினால் பாதிக்கப்பட்ட நிலை உண்டாகிறது. நோய்க்கிருமிகளால் பாதிக்கப்பட்ட நிலையில் ஒட்டுண்ணிகளுக்கும், விருந்தோம்பிகளுக்கும் இடையே வினைகள் நிகழ்கின்றன. ஒட்டுண்ணி மற்றும் விருந்தோம்பிக்கும் இடையே உள்ள தொடர்புகளின் அடிப்படையில் அவை கீழ்கண்டவாறு வகைப்படுத்தப்படுகின்றன.

சாப்புரோ ஃபைட்டுகள் - இவை தன்னிச்சையாக இறந்து போன (Saprophytes) அல்லது சிதையும் கரிமப் பொருட்களில்

வாழ்கின்றவை. பெரும்பாலும் இவை மண்ணில் காணப்படுகின்றன.

ஒட்டுண்ணிகள் (Parasites) - இவை விருந்தோம்பியின் உடலில் பெருகித் தங்களை நிலைநிறுத்திக் கொள்கின்றன. இவை நோய்க் கிருமிகளாகவோ அல்லது நோய் உண்டுபண்ணக் கூடியவைகளாகவோ இருக்கின்றன.

சில ஒட்டுண்ணிகள் விருந்தோம்பியின் உடலுக்கு எந்தவித பாதிப்பை உண்டாக்காமல் இருக்கலாம் (Commensals). உதாரணமாக பெருங்குடலில் உள்ள ஒட்டுண்ணிகளைக் கூறலாம். நோய் தொற்றுவதால் பாதிக்கப்படும்போது உண்டாகும் நோய்த் தன்மையை (Infection) கீழ்கண்டவாறு பிரிக்கலாம்.

1. முதல் நிலை நோய் பாதிப்பு (Primary Infection) - முதன்முறையாக ஒட்டுண்ணிகள் விருந்தோம்பியின் உடலில் பாதிப்பை ஏற்படுத்துவதை குறிக்கின்றது.

2. இரண்டாம் நிலை நோய் பாதிப்பு (Secondary Infection) - இரண்டாவது முறையாக வேறு ஒட்டுண்ணியானது ஏற்கனவே முதல்நிலை ஒட்டுண்ணியால் பாதிக்கப்பட்டு, எதிர்ப்புத்தன்மைக் குறைந்த நிலையில் உள்ள விருந்தோம்பியின் உடலில் பாதிப்பை ஏற்படுத்துவது.

3. குறிப்பட்ட இடத்தில் ஒட்டுண்ணிகளால் ஏற்படும் நோய்கள் (Focal Infection) உதாரணம் - டான்சில்ஸ்.

4. ஒரு நோயாளி ஏற்கனவே நோய் உண்டாக்கும் ஒட்டுண்ணியால் பாதிக்கப்பட்ட நிலையில் மற்றொரு ஒட்டுண்ணி ஒரு விருந்தோம்பியின் உடலில் இருந்தோ அல்லது வெளிப்புறங்களில் இருந்தோ உள்ளே நுழைந்து நோயை உண்டாக்குவது (Cross infection).

5. ஒரே வகையான ஒட்டுண்ணியால் பலமுறை விருந்தோம்பியின் உடலில் நோய் உண்டாகுதல் (Re-infection).

6. மருத்துவமனைகளில் உள்ள இருவேறு ஒட்டுண்ணிகளால் விருந்தோம்பிக்கு பாதிப்பு உண்டாகலாம் (Nosocomial Infection).

7. சில ஒட்டுண்ணிகள் நோய் தொற்றுதலுக்குப் பின்பு விருந்தோம்பியின் உடலில் இயக்கமற்று மறைவாக இருந்து பின் பெருகி, விருந்தோம்பியின் எதிர்ப்பாற்றல் தன்மை குறையும்போது, நோயை உண்டாக்கலாம் (Latel Infection).

நோய்க்கிருமிகளின் மூலம் (Source of infection)

நோய்க்கிருமிகள் மனிதனிடமிருந்து மனிதனுக்கோ, மிருகங்களிடமிருந்து மனிதனுக்கோ (பிளேக் நோய்), அல்லது பூச்சிகளிடமிருந்து மனிதனுக்கோ (மலேரியா), அல்லது நிலம் மற்றும் நீரிலிருந்தோ அல்லது, நோய் தொற்றிய உணவின் மூலமாகவோ பரவக்கூடும். இவை நோய்வாய்பட்டவர்களிடமிருந்து நேரடியாகவோ அல்லது மறைமுகமாகவோ (ஆடைகள்) பரவலாம். மேலும், சுவாசத்தின் மூலமும் (இன்ஃபுளுயன்ஸா) நோய்க்கிருமிகள் உடலின் உள்ளே வந்து பாதிப்பை ஏற்படுத்தலாம். நோய்க்கிருமிகளால் பாதிக்கப்பட்ட திட, திரவ உணவுகளின் மூலமாகவும் பரவக்கூடும். நோய்க்கிருமிகள் விருந்தோம்பியின் திசுக்களில் நேரடியாக பாதிப்பதாலோ (டெட்டனஸ்) அல்லது கர்ப்பப்பையை ஊடுருவிச் சென்று சிசுவைப் பாதிப்பதாலோ நோயை உண்டாக்கலாம் (ரூபெல்லா வைரஸ்). தொற்றுநோயானது

நோய்க்கிருமிகள், மேலோட்டமாகவோ அல்லது ஆழமாக ஊடுருவி, இரத்த ஓட்டத்தின் மூலம் அனைத்து திசுக்களுக்கும் பரவி, பாதிப்பை உண்டாக்குகிறது. இவ்வாறு பரவும் நோய் ஒரு பிரதேசத்தில் உள்ள குறிப்பட்ட மக்களிடையே பரவும்போது அதனை என்டிமிக் (Endemic) என்றும் (டைபாய்டு), பெருவாரியான மக்களை குறுகிய காலத்திற்குள் பாதிக்கும்பொழுது அதனை எபிடெர்மிக் (Epidermic) (இன்ஃபுளூயன்ஸா) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. எப்பொழுது ஒரு நோய் பெருவாரியான மக்களை உலகத்தின் வெவ்வேறு இடங்களில் குறுகிய காலத்திற்குள் பாதிக்கின்றதோ அதனை பாண்டெமிக் (Pandemic) என்று அழைக்கின்றார்கள்.

10.1.1 பாக்டீரியா

பாக்டீரியா என்பது வரையறுக்கப்படாத உட்கருவுடன் கூடிய ஓர் ஒரு செல் நுண்ணுயிரி. இவைகள் புரோகேரியோட்டுகள் என அழைக்கப்படுகின்றன. பாக்டீரியாக்கள் உருளை வடிவம் (Cylindrical), கோள வடிவம் (Spherical) மற்றும் சுருள் வடிவம் (Spiral) என வடிவங்களின் அடிப்படையில் மூன்று வகைகளாக வகைப் படுத்தப்படுகின்றன. உருளை வடிவ பாக்டீரியாக்கள் பேசில்லஸ் (Bacillus) எனவும், கோளவடிவ பாக்டீரியாக்கள் காக்கஸ் (Coccus) எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன.

மனிதர்களிலும் விலங்குகளிலும் இயல்பான உடல்நிலையில் (Normal healthy Condition) நோய் உண்டாக்காத நுண்ணுயிரிகள் பெருங்குடலில் அதிக அளவில் உள்ளன. பாக்டீரியாவால் உருவாகும் பாதிப்பானது, பாதிப்புவினையில் ஆரம்ப நிலையாலும் அவற்றின் செயல்நுட்ப வினைகளாலும் (Mechanism) அறிகுறிகளாக வெளிப்படுகின்றன. நோய் உண்டாக்கும் பாக்டீரியாக்கள், பாதிப்புகளை உண்டாக்கும்போது அவைகளுக்கான அறிகுறிகள் இல்லாமல் இருந்தாலும் அத்தகைய பாக்டீரியாக்கள் நோய்க் கிருமிகளாகவே (Pathogen) கருதப்படுகின்றன.

கீழ்க்காணும் அட்டவணையில் பாக்டீரியாவினால் உண்டாகும் சில நோய்களும் அவற்றிற்கான நோய்க் கிருமிகளும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன:

நோய்க் கிருமிகளால் பாதிக்கப்பட்ட நிலை (Disease)	காரணி (Pathogen)
காசநோய்	மைக்கோபாக்டீரியம் டியூபர்குலோசிஸ்
மூளையை சுற்றியுள்ள உறையில் உண்டாகும் அழற்சி (Meningitis)	ஹீமோபிலஸ் இன்புளுவன்ஸா
காலரா (Cholera)	விப்ரியோ காலரே
பாக்டீரியாக்களால் உண்டாகும் வயிற்றுப் போக்கு.	சிஜெல்லா வகை நுண்ணுயிரி
பொட்டுலினம் (உணவில் நச்சுத்தன்மை)	கிளாஸ்டிடியம் பொட்டுலினம்
இசிவு நோய்	கிளாஸ்டிடியம் டெட்டணி
தொழு நோய்	மைக்கோ பாக்டீரியம் லெப்ரே
டைபாய்டு	சால் மோனெல்லா டைபி
பால்வினை நோய்(Syphilis)	டிரப்பனீமியா பாலீடம்

10.1.2 வைரஸ்

வைரஸ் எனப்படும் நுண்ணுயிரி செல்லின் இயல்பான கட்டமைப்பை பெற்றிருக்கவில்லை. இதனால் அவை பிற செல்லின் உள்ளேயே ஒட்டுண்ணியாக வாழவேண்டிய அவசியம் ஏற்படுகிறது. இவை ஏதேனும் ஒருவகையான நியூக்ளிக் அமிலங்களை மட்டும் கொண்டுள்ளது. அவை ஓரிழை மற்றும் ஈரிழைகளைக் கொண்ட ரைபோ நியூக்ளிக் அமிலமாகவோ (RNA) அல்லது டி ஆக்ஸி ரைபோ நியூளிக் அமிலமாகவோ (DNA) இருக்கலாம். செல்லுக்கு வெளியே காணப்படும் வைரஸ் விரியான் (Virion) என்று அழைக்கப்படுகிறது. இத்தகு விரியான்களில் உள்ள நியூக்ளிக் அமிலம் ஒரு புரத உறையால் மூடப்பட்டுள்ளது. இப்புரத

உரை கேப்சிட் (Capsid) என்று அழைக்கப்படுகிறது. இவை நியூக்ளிக் அமிலங்களை அசாதாரணமான சூழ்நிலையிலிருந்து சிதையாமல் பாதுகாக்கின்றன. மேலும் இவை நியூக்ளிக் அமிலங்களை விருந்தோம்பியின் உடலில் உள்ள செல்களில் செலுத்துவதற்கு ஏற்ப எளிதாக புறப்பரப்பில் ஒட்டிக்கொள்ள உதவுகிறது.

வைரஸால் ஏற்படும் பாதிக்கப்பட்ட நிலையும், நோய்க் குறிகளும்

வைரஸால் உண்டாகும் நோயானது, சாதாரணமான ஜலதோஷத்தில் (Cold) இருந்து உயிர்க்கொல்லி நோயான ரேபிஸ் முதல் எய்ட்ஸ் வரை வேறுபடுகிறது. ஆங்காங்கே தனித்து வரும் பொன்னுக்கு வீங்கி எனப்படும் புட்டாளம்மை, குறிப்பட்ட மக்களிடையே பரவும் தொற்றுநோயான மஞ்சள்காமாலை (Hepatities), பெருவாரியான மக்களை குறுகிய காலத்திற்குள் தாக்கும் டெங்கு காய்ச்சல், பெருவாரியான மக்களை உலகத்தில் வெவ்வேறு இடங்களில் குறுகிய காலத்திற்குள் பாதிக்கும் இன்புளுயன்ஸா போன்றவைகளையும் எடுத்துக்காட்டாகக் கூறலாம்.

வைரஸால் உண்டாகும் பாதிப்பை மருத்துவமனைகளில் நோய்க்குறிகளின் அடிப்படையில் இரண்டு வகையாகப் பிரிக்கின்றனர். அவை முறையே வெளிப்படையான அறிகுறிகள் இல்லாதவை என்றும், வெளிப்படையான அறிகுறிகள் உள்ளவை என்றும் பிரிக்கப்படுகின்றன.

கீழ்க்காணும் அட்டவணையில் வைரஸால் உண்டாகும் சில நோய்களும் அவற்றிற்கு காரணமான நோய் கிருமிகளும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

நோய் (Disease)	காரணி (Pathogen)
சின்னம்மை	வாரிசெல்லா
பர்கிட்ஸ்லிம்போமா	எப்ஸ்டின் பார் வைரஸ்
நிமோனியா	அடினோ வைரஸ்
இளம்பிள்ளை வாதம்	போலியோ வைரஸ்
புட்டாளம்மை	மம்ஸ் வைரஸ்
ரேபிஸ்	ரேபிஸ் வைரஸ்
மஞ்சள் காமாலை	ஹிப்படைடிஸ் A
எய்ட்ஸ்	மனிதநோய் எதிர்ப்பாற்றலை குறைக்கும் வைரஸ் (H.I.V)

10.1.3 பூஞ்சை (Fungi)

பூஞ்சைகள் புரோடிஸ்டா வகையைச் சார்ந்த யுகேரியாட்டுகள் ஆகும். இவைகளால் மனிதர்களுக்கு உண்டாகும் நோய் பாக்டீரியாக்களால் உருவாகும் நோய்த் தன்மையை அறிவதற்கு முன்பே அறியப்பட்டுள்ளது.

பூஞ்சைகள் கைட்டீன், மானோஸ் மற்றும் மற்ற பாலிசாக்கரைடுகள் அடங்கிய கடினமான செல்சுவரை கொண்டதாகும். இவை பாலினப் பெருக்கம், உடலினப் பெருக்கம் அல்லது இவ்விரு இனப்பெருக்க முறைகள் மூலமாக பெருகுகின்றன. மேலும் இவைகள் ஒரு செல் அல்லது பலசெல் உயிரிகளாக இருக்கின்றன. பூஞ்சைகள் புறத்தோற்றத்தின் அடிப்படையில் நான்கு வகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன.

அ. ஈஸ்ட்

இவ்வகையான ஒரு செல் பூஞ்சைகள் கோளவடிவில் மொட்டுவிடுதல் மூலம் இனப்பெருக்கம் அடைகின்றன.

ஆ. ஈஸ்ட் போன்ற பூஞ்சை

இவைகளில் உள்ள செல்லின் ஒரு பகுதி ஈஸ்ட் போன்றவைகளாகவும் மற்ற பகுதி ஹைபே போன்ற நீளமான செல்லமைப்பை ஒத்த போலி மைசீலியங்களைக் கொண்டதாகவும் இருக்கின்றன.

இ. மௌல்ட்ஸ் (Moulds)

இவை பல்வேறு விதமான ஸ்போர்கள் மூலம் பெருக்கமடையும் உண்மையான மைசீலியங்களைக் கொண்டுள்ளன.

ஈ. இரட்டை உருவ பூஞ்சைகள் (Dimorphic Fungi)

நிலத்தில் நீளமான இழைகளாகவும், விருந்தோம்பியின் திசுக்களில் ஈஸ்ட்டுகளாகவும் வளருகின்ற சூழ்நிலைக்கு தகுந்தாற் போல் மாற்றம் அடைந்து இரு உருவில் காணப்படுகின்றன.

மனித இனத்தில் பூஞ்சைகளால் உண்டாகும் நோய் மேலோட்டமாகவோ, உடலுக்குள் ஆழமாக ஊடுருவியோ காணப்படுகின்றன. மேலோட்டமாக மைகோஸிஸ் எனும் நோயினை உண்டாக்கும் பூஞ்சைகள், கெரட்டின் என்ற கிளைக்கோ புரோட்டீனின் பகுதிப்பொருளை செரிக்கும் ஆற்றலைக் கொண்ட சேப்ரோஃபைட்டுகள் ஆகும். மேலோட்டமான மைகோஸிஸ் இரண்டாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. அவை தோலின் மேற்பரப்பில் உள்ள இறந்த செல் அடுக்குகளில் நோய் உண்டாக்குபவை என்றும், அடிப்புற கார்னிபைட் அடுக்குகளில் நோய் உண்டாக்குபவை என்றும் பிரிக்கப்படுகிறன.

மனிதர்களுக்கு பூஞ்சைகளால் உண்டாகும் பாதிப்பு நிலையை கீழ்க்காணும் அட்டவணை 10.3ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

நோய் பாதிப்பு நிலை (Infection)	காரணி
டெர்மோடோபைடோஸிஸ்	
படர்தாமரை	டினியா கார்போரிஸ் - படர்தாமரையை மென்மையான அல்லது முடியில்லாத தோலின் பகுதியில் உண்டாக்குவது.
அரிப்பு	டினியா கேபிடிஸ் - முகத்தில் உள்ள தாடி வளரும் பகுதியில் மற்றும் கழுத்து பகுதிகளை பாதிக்கின்றவை.
தோலின் அடிப்புற அடுக்குப்பகுதியில் உள்ள மைகோஸிஸ்	
மைசிடோமாஸ்	அக்டினோமைசிடெஸ் மற்றும் இழை போன்ற பூஞ்சை
ரைனோஸ்போரிடியோசிஸ்	ரைனோ ஸ்போர்டியம் செரிபெரி
சிஸ்டமிக் மைக்கோஸிஸ்	
பிளாஸ்டோமைகோஸிஸ்	பிளாஸ்டோ மைஸிஸ் டெர்மாடிடிஸ்
ஹிஸ்டோ பிளாஸ்மோசிஸ்	ஹிஸ்டோ பிளாஸ்மா கேப்சுலேடம்

10.2 நோய் எதிர்பாற்றல்

ஒருவரிடம் இருந்து மற்றோரு நபருக்கு பரவும் நோய்க்கு தொற்று நோய் என்று பெயர். நோய் கிருமிகளின் காரணமான இந்தநோய் உருவாகின்றன. அவை, பூஞ்சை, பாக்டிரியா, வைரஸ் அல்லது ஒட்டுண்ணி. இவை மனித உடலினுள் நுழைந்து பின் நோயினை ஏற்படுத்துகின்றன. நோய் கிருமிகள் உடலில் நுழைந்து நோயினை குறுகிய காலத்தில் ஏற்படுத்துகின்றன. இதனால் அந்த நபருக்கு உடலில் உள்ள சில உறுப்புகளின் செயல்பாடுகள் பாதிக்கப்படுகிறது. (உம். போலியோமைலிடிஸ்) ஒரு சில நேரங்களில் இவ்வாறு நோய் தாக்கப்பட்ட நபர் இறக்க நேரிடிகிறது.

நோய் தடுப்பாற்றல் மண்டலத்தின் செயலால் மனிதர்கள் நோயின் தாக்குதல் இன்றி நலமுடன் வாழ்கின்றனர். இந்த நோய் தடுப்பாற்றல் மண்டலம் மனிதர்களை கிருமிகளிடமிருந்து பாதுகாக்கிறது.

தடுப்பாற்றல் மண்டலத்தின் வேலைகள்

1. நோய் கிருமிகள் உடலினுள் எந்த முறையில் உட்சென்றாலும் அவற்றை கண்டு அவற்றிற்கு எதிராக நோய் எதிர்பாற்றல் செயல்படுகிறது.

2. நோய் கிருமியின் தன்மைக்கேற்ப நோய் எதிர்ப்பு வினை நடைபெறுகிறது.

3. ஆன்டிஜெனால் தூண்டப்பட்ட ஆன்டிபாடி தெரிவுத் தன்மையுடன் ஆன்டிஜெனுடன் இணைகிறது.

4. ஒரு முறை நோயினால் பாதிக்கப்பட்டு குணமடைந்த போதிலும், அந்நோய்க்கிருமியைத் தடுப்பாற்றல் மண்டலம் நினைவில் வைத்துக்கொண்டு, அவை மறுமுறை தாக்கும்

போதும் அவற்றை உடனடியாக எதிர்க்கின்றது. இந்தச் செயல்பாடே தடுப்பூசிக்கு அடிப்படையாக அமைகின்றது.

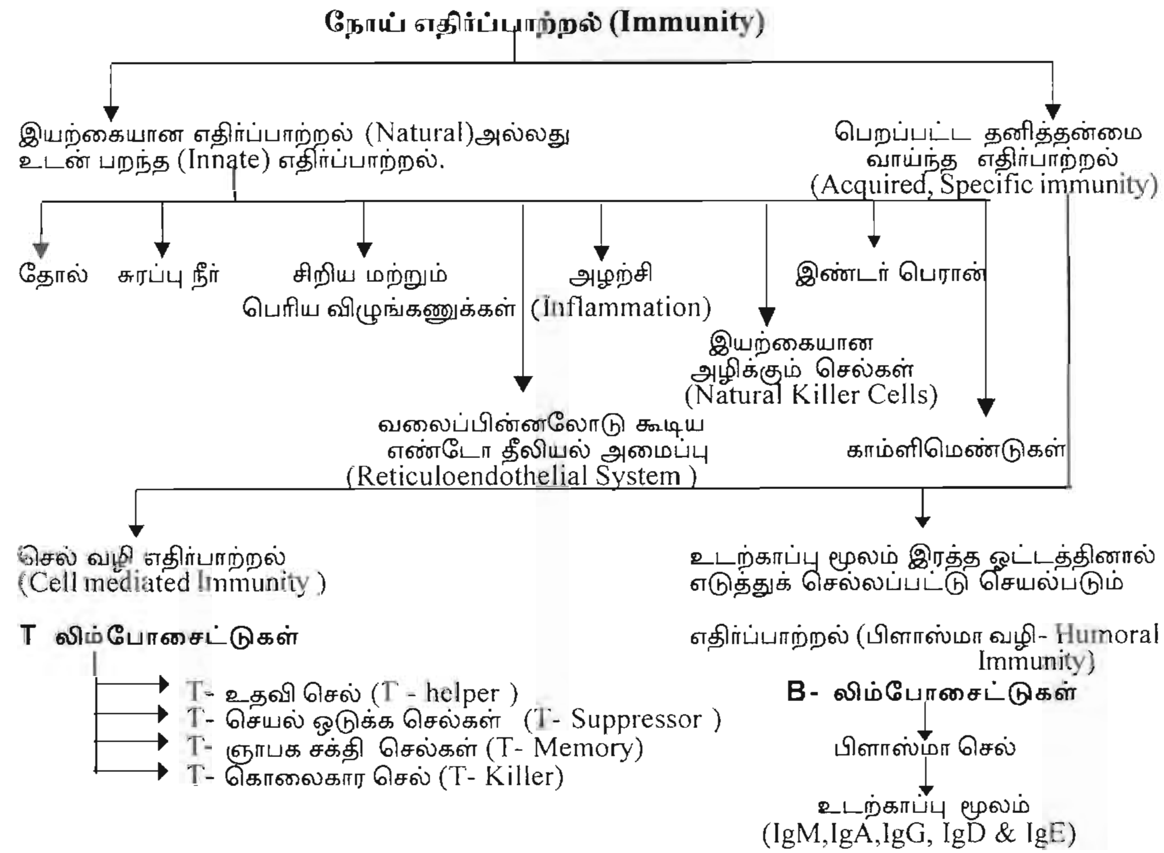
5. நம் உடலில் உள்ள சாதாரண செல்கள் திடீர்மாற்றமடைந்து புற்றுநோய் செல்லாக மாறும்போது அவற்றை இனங்கண்டறிந்து அழிக்கின்றன. இதனை எதிர்பாற்றல் திறனின் கவனக் கண்காணிப்பு (Immunosurveillance) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

6. சாதாரணமாக, நோய் எதிர்ப்பாற்றல் மண்டலம், நமது உடலின் திசுக்களுக்கு எதிராக உடற்காப்பு மூலத்தை உண்டாக்குவது இல்லை. இதனை நோய் எதிர்பாற்றல் மண்டலத்தின் சகிப்புத் தன்மைஎன்றும் (Immuno Tolerance), அல்லது தன்னை அறிந்துகொள்ளும் திறன் (Self recognisation) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

நோய்க்கிருமிகளின் தன்மைக்கேற்ப செயல்படும் திறனைப் பொறுத்து எதிர்ப்பாற்றலை இயற்கையான எதிர்ப்பாற்றல் (Natural Immunity) என்றும், பெறப்பட்ட தனித்தன்மை வாய்ந்த எதிர்ப்பாற்றல் (Acquired Immunity) என்றும் இரண்டாகப் பிரிக்கிறார்கள். நோய் எதிர்ப்பாற்றல் மண்டலத்தின் வகைப்பாடு கீழ் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

10.2.1 இயற்கையான எதிர்ப்பாற்றல்

பிறந்ததிலிருந்தே இருக்கும் எதிர்ப்பாற்றல் இயற்கையான எதிர்ப்பாற்றல் என்று கூறப்படுகிறது. இவ்வகையான எதிர்ப்பாற்றலானது அயலான் எனப்படும் நோய்க்கிருமிகள் (Foreign bodies) உடலின் உள்ளே நுழையும்போது அவற்றை இனமறியாது தாக்குதலை மேற்கொள்ளுகின்றது. இவை பிறந்ததிலிருந்தே செயலாற்றல் மிக்கவைகளாக இருக்கின்றன. இருப்பினும் இவைகளால் மறுபடியும் அதே நோய்க்கிருமிகளால் தாக்கப்படும்போது தன்னை மேலும் திறம்படச் செயல்படும்படி மாற்றிக்கொள்ள இயலாதவைகளாக உள்ளன.



நோய் எதிர்ப்பாற்றல் (Immunity)
இயற்கையான எதிர்ப்பாற்றல் (Natural)அல்லது உடன் பறந்த (Innate) எதிர்ப்பாற்றல்.
பெறப்பட்ட தனித்தன்மை வாய்ந்த எதிர்பாற்றல் (Acquired, Specific immunity)
தோல்
சுரப்பு நீர்
சிறிய மற்றும் பெரிய விழுங்கணுக்கள்
அழற்சி (Inflammation)
இண்டர் பெரான்
இயற்கையான அழிக்கும் செல்கள் (Natural Killer Cells)
வலைப்பின்னலோடு கூடிய எண்டோ தீலியல் அமைப்பு (Reticuloendothelial System)
காம்ளிமெண்டுகள்
செல் வழி எதிர்பாற்றல் (Cell mediated Immunity)
உடற்காப்பு மூலம் இரத்த ஓட்டத்தினால் எடுத்துக் செல்லப்பட்டு செயல்படும்
எதிர்ப்பாற்றல் (பிளாஸ்மா வழி- Humoral Immunity)
T லிம்போசைட்டுகள்
T- உதவி செல் (T - helper)
T- செயல் ஒடுக்க செல்கள் (T- Suppressor)
T- ஞாபக சக்தி செல்கள் (T- Memory)
T- கொலைகார செல் (T- Killer)
B- லிம்போசைட்டுகள்
பிளாஸ்மா செல்
உடற்காப்பு மூலம் (IgM,IgA,IgG, IgD & IgE)

10.2.2 நோய் எதிர்ப்பாற்றலில் பங்கேற்கும் செல்லின் வகைகள்

நோய் எதிர்ப்பாற்றல் மண்டலத்தில் மூலகாரணமான செல்கள் லியோக்கோசைட்டுகள் அல்லது இரத்த வெள்ளை அணுக்கள் (WBC) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. அவைகள் எலும்பு மஜ்ஜையில் உள்ள ஆதாரமான (Stem Cell) செல்களிலிருந்து தோன்றுகின்றன. அவை இரு பெரும் வகைகளாக மைலாய்டு செல்கள் (எலும்பு மஜ்ஜையை ஆதாரமாக கொண்டவை) என்றும், லிம்பாய்டு செல்கள் (நிணநீர் மண்டலத்தை சார்ந்தவை) என்றும் பிரிக்கப்படுகின்றன. மைலாய்டுசெல்கள் நியூட்ரோபில் எனப்படும் சிறிய விழுங்கணுக்கள், பேசோபில்கள் மற்றும் ஈசினோப்பில்களை உள்ளடக்கியவை.

சில மோனோசைட்டுக்கள் இரத்த ஓட்டத்தில் சிறிது நாட்கள் சுற்றிய பின் திசுக்களிடையே தங்கி பெரும் விழுங்கணுக்களாக (Macrophages) மாறுகின்றன. இதைப்போன்றே பேசோபில்களும் (Basophil) மாஸ்ட் (Mast) செல்லாக மாற்றம் அடைகின்றன. T செல்களும், B செல்களும் வெவ்வேறு லிம்பாய்டு உறுப்புகளில் முதிர்ச்சி அடைகின்றன. B செல், சிசுவின் உடலில் (Fetus) கல்லீரலிலும், பின்னர் எலும்பு மஜ்ஜையிலும் முதிர்ச்சி அடைகின்றன. T செல்கள் தைமஸில் (Thymus) முழுமையாக முதிர்ச்சியடைகின்றன.

இயற்கை எதிர்ப்பாற்றல் திறனும் செயல்படும் விதமும்

1. தோலினால் பாதுகாப்பு (இயற்கையாகவே உடலில் பெறப்பட்ட பாதுகாப்பு)

தோல் நமது உடலில் புறப்பரப்பை முழுமையாக மூடியிருப்பதன் மூலம் நோய்க்கிருமிகள் உள்ளே நுழையாமல் தடுக்கும் அரணாக செயல்படுகிறது. சிதைவுபடாத (Intact) தோல் கொழுப்பு அமிலங்கள் மற்றும் லாக்டிக் அமிலம் சுரப்பதன் மூலம்

pH ஐ மிகவும் குறைத்து, நோய்க்கிருமிகள் உடலினுள் ஊடுறுவுவதைத் தடை செய்கின்றன.

2. நுட்பமான தடுப்புச் சுவர்கள்

மியூகஸ் சவ்வுகள் (Mucous Membrane) தோலினால் மூடப்படாத புறப்பரப்பில் உள்ள பகுதியை மூடிப் பாதுகாக்கின்றன. மேலும் அவை முக்கியமாக நோய்க்கிருமிகளை பசை போன்ற பரப்பில் ஒட்டச் செய்து, பிடித்து வைத்துக் கொள்வதன் மூலம் அவற்றை உள்ளே புக முடியாதவாறு செய்கின்றன. மியூகஸ் சவ்வில் உள்ள குறு இழைகள் மூச்சுப்பாதையின் மேற்பகுதியிலும், நாசியின் உட்பகுதியிலும் காணப்படுகின்றன. இவைகளும் கண் இமைகளில் உள்ள மயிரிழைகளும் நகர்ந்து படிப்படியாக நோய்க்கிருமியை வெளியேற்றி விடுகின்றன.

3. சுரப்பு நீர்

வியர்வையில் பாக்டீரியாக்களுக்கு எதிராக செயல்படும் காரணி உள்ளது. கண்ணீரில் லைசோசைம் (Lysozyme) என்னும் நொதி உள்ளது. சளியைச் சுரப்பதன் (Mucous secretions) மூலம் நாசியில் தூசு மற்றும் நுண்ணுயிரிகள் சுவாசப் பாதையில் நுழைவது தடுக்கப்படுகின்றது. உமிழ் நீரானது லைசோசைம் நொதி, தையோசையனேட் மற்றும் லாக்டோபெரின் என்னும் மூலக்கூறையும் கொண்டுள்ளது. வயிற்றில் சுரக்கும் ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலமானது நுண்ணுயிரிகளைப் பெரும்பாலும் கொன்று விடுகிறது.

4. செல் விழுங்குதல் (Phagocytosis)

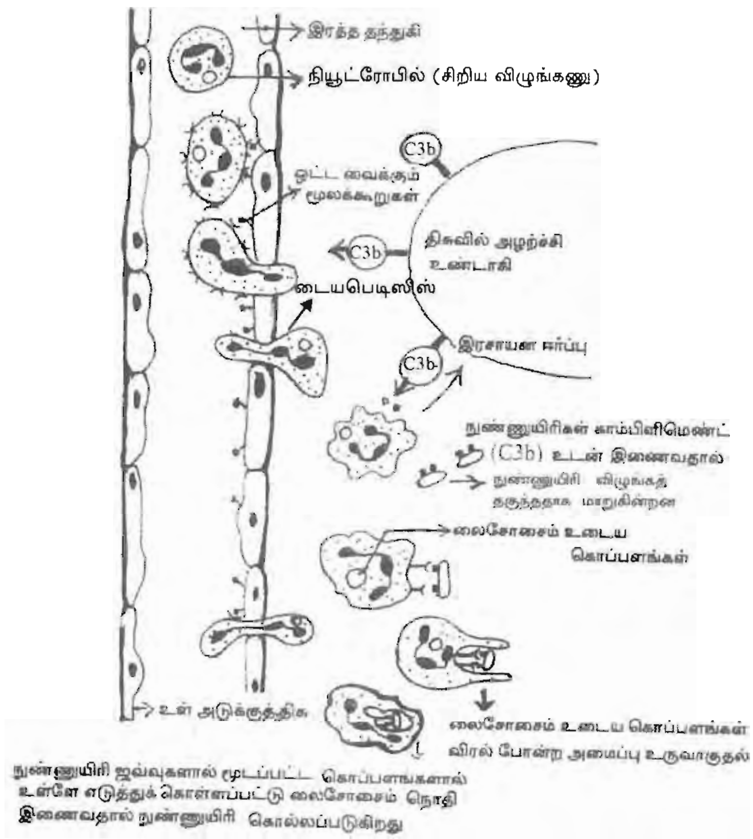
நுண்ணுயிரிகளை விழுங்கி அவற்றைக் கொன்றுவிடும் செயலாற்றல் பெற்ற செல்களை விழுங்கணுக்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இவை பாலிமார்போ நியூக்ளியார் லியூக்கோசைட்டுகள் மற்றும் மோனோசைட்டுகள் ஆகும்.

மோனோசைட்டிலிருந்து மாக்ரோபேஜ் (Macrophages) எனப்படும் பெரும் விழுங்கணுக்கள் உருவாகுகின்றன.

ஆப்சோனைசேஷன் (Opsonization)

இவ்வினை, விழுங்கணுக்கள் விழுங்குவதற்கு ஏற்ற வகையில் நுண்ணுயிரிகளில் உள்ள மூலக்கூறுகளை ஆப்சோனின் என்னும் மூலக்கூறுகளால் மூடப்படுவதைக் குறிப்பதாகும். இவ்வாறு செய்வதால் விழுங்கணுக்கள் எளிதாக நுண்ணுயிரியிரிகளைத் தன்னோடு பிணைத்துக்கொள்ள முடிகிறது. நியூட்ரோப்பில்கள் பிணைப்புகளையும் (Ligand), ஏற்பிகளையும் (Receptor) வெளிப்படுத்துகின்றன. இவை இரத்த தந்துகிகளில் உள்ள அடுக்குத் திசுக்களிடம் காணப்படும் இவற்றுக்குரிய பிணைப்புகளோடு (பி மற்றும் இ செலக்டின்) இணைகின்றன. இந்த பிணைப்பினால் நியூட்ரோப்பில்கள் இரத்த தந்துகிகளில் ஒட்டிக்கொண்டு படிந்து பின் உருளுகின்றன. இதன்பின் நியூட்ரோபில்கள் இரசாயனப் பொருட்களால் உண்டாகும் ஈர்ப்பு விசையால் அவற்றை நோக்கி நகர ஆரம்பிக்கின்றன. இந்தச் செயலை இரசாயனப் பொருட்கள் ஈர்ப்பு (Chemotaxis) என்று அழைக்கிறோம். விழுங்கணுக்கள் தந்துக்களில் உள்ள பிணைப்புகளோடு இறுக்கமாக இணைத்தபின் அருகே உள்ள திசுக்களை டையாபடீஸ் என்னும் முறையில் வந்தடைகின்றன. ஈர்ப்பு விசையை உடைய மூலக்கூறுகளில் C3b எனப்படும் காம்பிளிமெண்ட், பாக்டீரியாவில் இருந்து வெளிப்படும் வினைப் பொருட்கள், சைட்டோகைன்கள் , சிதைவடைந்த திசுக்களில் இருந்து வெளிப்படும் கொழுப்புப் போன்ற இடையீட்டுப் பொருள்கள் (Mediators) அடங்கும்.

விழுங்கணுக்கள் செயல்படும் விதம் பல நிலைகளாக கீழே விவரிக்கப்படுகின்றன.



படம் 10.1 விழுங்கணுக்களின் செயல் நிலைகள்

ஆப்சோனைசேஷன் என்னும் வினையில் நுண்ணுயிரி ஆப்சோனின்களால் மூடப்படுதல், விழுங்கணுக்கள் நுண்ணுயிரியை விழுங்கும் விதம்

விழுங்கணுக்கள் நுண்ணுயிரிகளைத் தன்னோடு பிணைத்துக் கொள்கின்றன. இதனால் நுண்ணுயிரி நகர்ந்து செல்வது தடைபடுகிறது.

1. போலிகால்கள் உருவாக்குதல்.
2. பேகஸோம்கள் என்பவை போலிகால்கள் போன்ற அமைப்பினால் நுண்ணியிரியைச் சுற்றி வளைப்பதன் மூலம் உண்டாகிறது.
3. பேகஸோம்கள் செரிக்கும் தன்மை கொண்ட லைசோசோம் என்னும் நொதி நிறைந்த குமிழ்களோடு இணைவதால் பேகோலைசோசோம்கள் உருவாகின்றன.
4. நுண்ணியிரியைக் கொல்லுதல்

விழுங்கணுக்களால் கொல்லப்படுதல்

நியூட்ரோப்பில்கள் நுண்ணுயிரியை தாக்கி அழிக்க தன்னிடையே சில இரசாயன மூலக்கூறுகளையும் லைசோசைம் போன்ற நொதிகளையும் கொண்டுள்ளது. நியூட்ரோபில்கள் அழற்சி ஏற்பட்டுள்ள இடத்தை ஆக்ரமித்துக் கொள்வதை இரண்டாவது நிலை எதிர்ப்புத் திறன் என்று கூறலாம். நியூட்ரோபில்கள் தன்னிடம் மூன்று விதமான துகள்களைக் கொண்டுள்ளன.

1. முதன்மையான துகள் சிரின்புரோடியேசஸ், லைசோசைம் மற்றும் பாஸ்போலைப்பேஸ்-A_2 ஆகியவற்றைப் பெற்றுள்ளது.
2. இரண்டாவது துகள் பர்பாரின், இலாஸ்டேஸ் போன்றவற்றை கொண்டுள்ளது.
3. மூன்றாவது துகள் கொலாஜினேஸ் என்ற நொதியை பெற்றுள்ளது.

இவற்றைத் தவிர ஆக்ஸிஜன் சார்ந்து கொல்லும் முறையையும் எல்லா விழுங்கணுக்களும் பெற்றுள்ளன. விழுங்கணுக்கள் அதிகரிக்கப்பட்ட சுவாசத்தை உண்டு பண்ணுவதால் சூப்பர் ஆக்ஸைடுகளையும், ஹைட்ரஜன் பெர் ஆக்ஸைடுகளையும் உண்டாக்குகின்றன. நியூட்ரோபில்களிடம் உள்ள **மைலோபெர்ஆக்ஸிடேஸ்** என்ற நொதி சூப்பர் ஆக்ஸைடுகளை ஹைப்போ குளோரேட் அயனிகளாக மாற்றுகிறது. இந்த அயனிகள் பாக்ட்ரீயாக்களை அழிக்கும் திறன் மிக்கதாக உள்ளன.

வலைப்பின்னலோடு கூடிய என்டோதிலியல் அமைப்பு (Reticulo endothelial system)

இவை ஒரு உறுப்பிலோ அல்லது ஒரு இடத்தை குறிப்பிட்டுச் சொல்லும்படியாகவும் இல்லாமல் பரவி இருக்கின்றன. இவற்றின் அங்கமாக மோனோசைட்டுகளும், பெரிய விழுங்கணுக்களும் கருதப்படுகின்றன. இதில் பெரும் விழுங்கணுக்களின் பங்கு முதன்மையான எதிர்ப்பாற்றலைத் (First order defence) தர வல்லதாகும். ஏனென்றால் இவை விரைவாகவும் அதிக அளவிலும் நுண்ணுயிரிகளை விழுங்கிக் கொள்கின்றது. இதனால் இவை பெரும் விழுங்கணுக்கள் என பெயரிடப்படுகின்றன. பெரும் விழுங்கணுக்கள் உடற்காப்பு ஊக்கியை சிதைத்து பக்குவப்படுத்தி அளிப்பதிலும் பங்கேற்கின்றன. இவை மட்டுமில்லாது வலைப்பின்னலோடு கூடிய என்டோதிலியல் அமைப்பு, முதுமை அடைந்த சிவப்பணுக்களையும், இயல்பிழந்த புரதத்தையும், ஸ்டீராய்டுகள், சாயம், மற்றும் மருந்துக்களை உடலில் இருந்து வெளியேற்றுவதில் முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றது.

இந்தப் பெரிய விழுங்கணுக்கள் அவை இருக்கும் இடத்திற்கு ஏற்ப பெயரில் வேறுபடுகின்றன.

கல்லீரல்	-	குப்பர் செல்கள்
மூளை	-	நுண்ணிய கிளையல் செல்கள்

சிறுநீரகம்	-	மிசான்ஜியல் என்னும் பெரும் விழுங்கணுக்கள்
மண்ணீரல்	-	மண்ணீரலின் பெரும் விழுங்கணுக்கள்
வயிற்றறையிலுள்ள சவ்வுகளில் உள்ளவை (Peritoneal)		வயிற்றறையிலுள்ள சவ்வுகளைச் சார்ந்த பெரும் விழுங்கணுக்கள்
காற்றுச் சிற்றறை	-	காற்றுச் சிற்றறையின் பெரும் விழுங்கணுக்கள்

அழற்சி வினை (Inflammation)

காயமடைந்த அல்லது எரிச்சலைடந்த அல்லது நுண்ணுயிரியினால் பாதிக்கப்பட்ட திசுக்களைச் சுற்றி நடைபெறும் பாதுகாப்பு வினையே அழற்சிவினை ஆகும். அழற்சிவினை வலி, சிவத்தல், வீக்கமடைதல் மற்றும் செயலிழத்தல் போன்ற அறிகுறிகள் மூலம் அறியப் படுகின்றது. சாதாரணமாக எந்தத் திசு, உறுப்பு அல்லது எந்தப் பகுதி அழற்சியால் பாதிக்கப்படுகின்றதோ அவை ஆங்கிலத்தில் "itis" என்று கடைசியில் இணைக்கப்பட்டு பெயரிடப்படுகிறது. உதாரணமாக Conjectivitis, gastritis and pharyngitis ஆகியவைகளைக் கூறலாம்.

இந்த அழற்சி வினையானது இயற்கையான எதிர்ப்புச் சக்தியைத் தரவல்ல செல்களை, நுண்ணுயிரி இருக்கும் இடத்திற்கு இடம் பெயர்க்கும் தன்மையைக் கொண்டுள்ளது.

திசு சிதைவதால் வெளியிடப்படும் ஈர்க்கும் தன்மையுடைய இரசாயனப் பொருட்களான ஹிஸ்டமின் (மாஸ்ட் செல்லில் இருந்து) போன்றவை இரத்த நாளங்களை விரிவடையச் செய்கின்றன. காம்பளிமெண்டுகள் செயலாற்றல் பெற்று விழுங்கணுக்களை ஈர்க்கின்றன. இரத்த நாளங்கள் விரிவடைவதால் வெளிப்படும்

பிளாஸ்மாவில் (Plasma) காணப்படும் பைபரினோஜன் போன்ற இரத்தத்தை உறையச் செய்யும் காரணிகள் அனைத்தும் திசுயிடை நீர்மத்திற்கு வருகின்றன. இக்காரணிகள் தூண்டப்படுவதால் பிளாஸ்மா உறைகின்றது. இத்தகு செயலை பாதிப்படைந்த திசுக்களைச் சுற்றி அரண் அமைத்தல் என்று (Walling off Process) அழைக்கிறார்கள். இச்சுவர் அமைப்பு நோய் கிருமிகள் மேலும் உடலின் உள் பரவாமல் ஒரே இடத்தில் சிறையிட உதவுகின்றன.

இயற்கையான அழிக்கும் செல்கள் (Natural Killer cell)

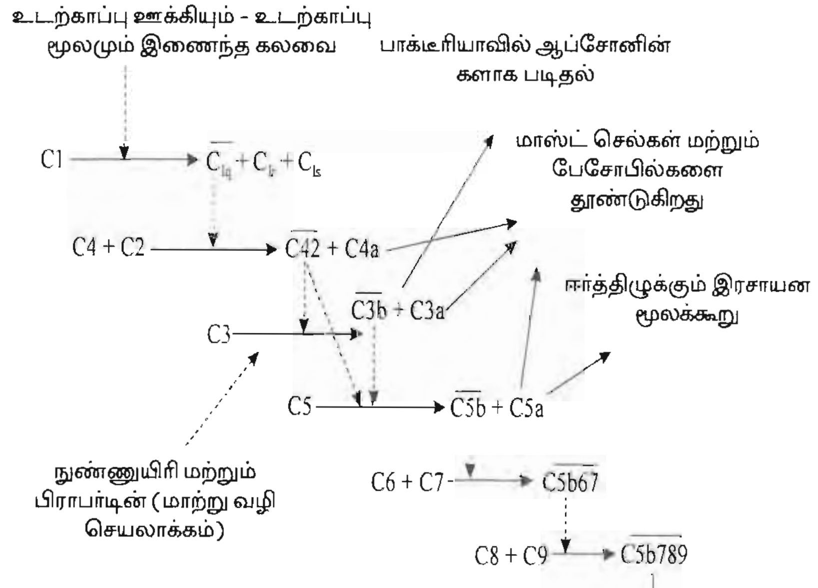
நோய் எதிர்ப்பாற்றலைத் தரவல்ல இவை வலியச் சென்று தாக்கவல்லவைகளாக உள்ளன. இவை கிருமிகளால் பாதிக்கப்பட்ட மற்றும் புற்றுநோய் உள்ள செல்களிடமிருந்து உடலை பாதுகாப்பு அளிப்பதில் முதன்மையாக இடம் வகிக்கின்றன. இவை பெரிய லிம்போசைட்டுகளாக இயற்கையான எதிர்ப்பாற்றல் மண்டலத்தின் பகுதியாக செயல்படுகிறன. இவற்றில் ஞாபகம் வைத்துக் கொள்ளும் செல் (Memory cells) கிடையாது. இந்த அழிக்கும் செல்கள் அழிக்கப்படவேண்டிய செல்களோடு இணைப்பை ஏற்படுத்திக் கொள்கின்றன. பின்பு சவ்வில் வாய்க்கால் போல் வழியை ஏற்படுத்தி பெர்பாரின் என்ற நச்சுத் தன்மையுடைய மூலக்கூறுகளை திட்டமிடப்பட்ட செல்லினுள் செலுத்துகின்றன. இதனால் செல்லினுள் உள்ள திரவம் கசிய ஆரம்பித்து, பின் செல் சிதைக்கப்படுகிறது.

இன்டெர்பெரான் (Interferon)

இன்டெர்பெரான் என்னும் புரதம் உடலில் உள்ள வைரஸினால் பாதிக்கப்பட்ட செல்களால் உற்பத்தி செய்யப்பட்டு இரத்த ஓட்டத்திலோ அல்லது திசுயிடை நீர்மத்திலோ சேரும்படிச் செய்கிறது. இவை நல்ல நிலையில் உள்ள செல்களைத் தூண்டி ஒரு நொதியை உருவாக்குகிறது. இந்நொதி வைரஸின் இனப் பெருக்கத்தைத் தடை செய்கிறது.

குறையை ஈடுசெய்யவல்ல மூலக்கூறுகள் (Complements)

குறையை ஈடு செய்ய வல்ல மூலக்கூறுகள் அல்லது காம்பிளிமெண்டுகள் என்பவை ஒரு குழுவைச் சார்ந்த புரதத்தினால் ஆன செயலாற்றல் பெறாத நொதிகளாக பிளாஸ்மாவில் (Plasma) சுற்றிக் கொண்டு இருப்பவை. இவை இயற்கை நோய்த் தடுப்பாற்றலின் (Natural Immunity) ஓர் அங்கமாக செயல்படுகின்றன. முக்கியமாக இவை கிராமின் சாயம் ஏற்காத (Gram Negative) பாக்டீரியாக்களை எதிர்த்து பாதுகாப்பு அளிப்பதில் முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது. இவை ஏறக்குறைய 20க்கும் மேற்பட்ட புரதங்களைக் கொண்டுள்ளது. இம்மூலக்கூறுகள் செயலாக்கம் பெறுவதைப் பின்வரும் படத்தில் காணலாம்.



படம் 10.2 ஈடுசெய்யவல்ல மூலக்கூறுகளின் வழிமுறை

இவற்றில் முக்கிய 9 புரதங்கள் இருவேறு வழிகளில் செயலாக்கம் பெறுகின்றன. இவற்றில் ஒன்று மரபு வழியாகவும் (Classical Pathway), மற்றொன்று மாற்று வழியாகவும் (Alternate Pathway) செயலாக்கம் பெறுகின்றன. இந்த இரண்டு வழிகளுமே C_3 என்னும் புரதம் செயலாக்கம் பெறும் இடத்திலிருந்து, ஒரே மாதிரியாக செயலாற்றல் பெறுகின்றன. இவற்றில் முக்கியமாக C_5 முதல் C_9 வரை உள்ள புரதங்களடங்கிய குழு நுண்ணியிரியின் சவ்வினைத் தாக்க வல்லதாகும். இந்தப் புரதக் குழு நுண்ணுயிரியின் சவ்வுடன் ஒட்டிக் கொள்ளும் பொழுது ஒரு துளையினை ஏற்படுத்தி நுண்ணுயிரியை அழிக்கின்றன.

செயலாக்கம் பெற்ற C_{3b} ஆனது ஆப்சோனின் எனப்படும் மூலக்கூறுகளாகச் செயலாக்கம் பெற்று நுண்ணியிர்களிடம் சென்று ஒட்டிக் கொள்கின்றன. C_{5a} என்ற மூலக்கூறு எதிர்நுண்ணியிரிகள் உள்ள இடத்திற்கு பெரும் விழுங்கணுக்கள், நியூட்ரோபில்கள் மற்றும் மோனோசைட்டுகளைக் கவர்ந்திழுக்கும் இரசாயனப் பொருளாகச் செயல்படுகிறது.

உடற்காப்பு ஊக்கியை பக்குவப்படுத்தி அளிக்கும் செல்கள் (Antigen Presenting Cells)

B-செல், டென்ரைட்டிக் செல் (நிணநீர் முடிச்சுகளில் உள்ளன), லாங்கர்ஹான்ஸ் செல் மற்றும் பெரும் விழுங்கணுக்கள் ஆகியவை உடற்காப்பு ஊக்கியை பக்குவப்படுத்தி அளிக்கும் செல்களாக கருதப்படுகிறது. இந்த அனைத்து செல்களும் உடற்காப்பு ஊக்கியை பக்குவப்படுத்தி அதனோடு சேர்த்து வெளிப்புறச் சவ்வுகளில் மேஜர் ஹிஸ்டோ கம்பாட்டபிளிடி கலவை II உடன் இணைத்து செல்லின் புறப்பரப்பில் வெளிப்படுத்தப்படுகின்றன.

முதிர்ந்த திசுக்களின் ஒற்றுமையை அறியவல்ல - »UT ÖPÎ ß P»øÁPÒ (Major Histocompatibility Complex - MHC)

இவைகள் செல்லின் வெளிப்புறச் சுவர்களில் காணப்படும் கிளைக்கோ புரோட்டீன்கள் (Glycoproteins) ஆகும். பெரும்பாலும் தன் உடலின் திசுக்களிலிருந்து அயலானாக கருதப்படும் உடற்காப்பு ஊக்கியை வேறுபடுத்திக் காட்டவும், பக்குவப்படுத்தப்பட்ட உடற்காப்பு ஊக்கியை T-செல்களுக்கு அளிக்கவும் MHC மூலக்கூறுகள் பயன்படுகின்றன. இவை MHC-I என்றும் MHC-II என்றும் இரண்டு வகைகளாக பிரிக்கப்படுகின்றன. MHC-I மூலக்கூறு உட்கருவோடு கூடிய எல்லா செல்களின் சவ்வின் வெளிப்புற பரப்பிலும் காணப்படுகின்றன. பக்குவப்படுத்தப்பட்ட உடற்காப்பு ஊக்கியோடு MHC-I பிரிவும் சேர்ந்து நோய்வாய்ப்பட்ட செல்லின் புறப்பரப்பில் வெளிப்படுத்தப்படும்பொழுது அவற்றை T-நச்சுத்தன்மையுடைய செல்கள் (T cytotoxic Cell - CD_8) அறிந்து கொள்கின்றன. MHC-II மூலக்கூறுகள் உடற்காப்பு ஊக்கியை பக்குவப்படுத்தி அளிக்கவல்ல செல்களின் புறப்பரப்பில் பக்குவப்படுத்தப்பட்ட உடற்காப்பு ஊக்கியோடு வெளிப்பட்டு T-உதவியாளர் (T helper Cell - CD_4) செல்லுக்கு அளிக்கப் படுகின்றது.

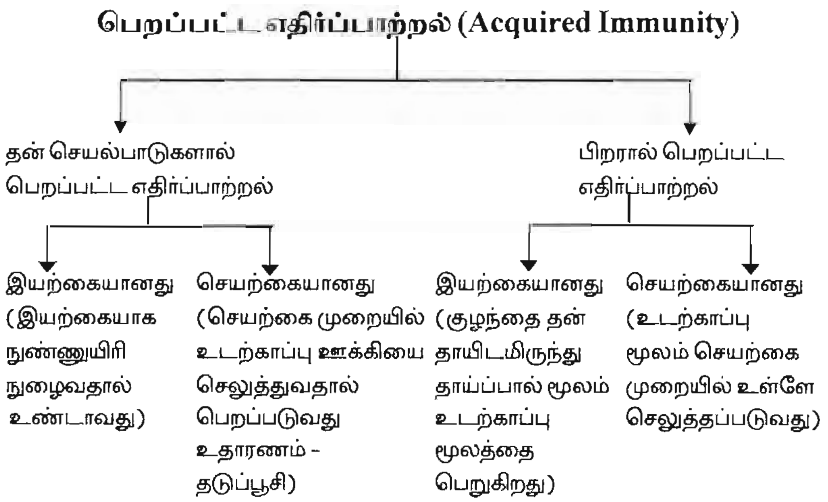
10.2.2 பெறப்பட்ட எதிர்ப்பாற்றல் (Acquired Immunity)

அயலான் என கருதப்படும் நுண்ணுயிரிகளுக்கோ அல்லது புரதத்திற்கோ எதிராக குறிப்பிடப்பட்ட மூலக்கூறுகளையோ, செல்களையோ உருவாக்கும் நோய் எதிர்ப்பாற்றலே பெறப்பட்ட எதிர்ப்பாற்றல் எனப்படும்.

முதன்முறையாக ஒரு உடற்காப்பு ஊக்கி அறிமுகம் ஆன முதன்மையான நோய் எதிர்ப்பாற்றலை (Primary Immune Response) நினைவில் வைத்துக் கொண்டு, மறுமுறை அதே மாதிரியான உடற்காப்பு ஊக்கியை இரண்டாம் முறையாக சந்திக்கும்போது,

மிகவும் விரைவாக அதிக அளவில் செயல்படுகின்ற எதிர்பாற்றலை (Secondary Immune Response) வெளிப்படுத்துகிறது. இத்தகு நோய் எதிர்பாற்றிலின் தன்மையே தடுப்பூசி உருவாக அடிப்படை காரணமாக அமைந்துள்ளது.

குறிப்பாக பெறப்பட்ட எதிர்ப்பாற்றலை இரண்டாக பிரிக்கலாம். அவையாவன நோய்க்கிருமிகளுக்கு எதிராக செல்களே நேரடியாகச் சென்று வினை புரிவது செல்வழி எதிர்ப்பாற்றல் (Cell Mediated Immunity) என்றும், உடற்காப்பு மூலம் இரத்த ஓட்டத்தின் வழியாகச் சென்று தேவையான இடத்தை அடைவதை உடற்காப்பு மூலத்தினால் செயல்படும் எதிர்ப்பாற்றல் (Humoral Immunity) என்றும் வகைப்படுத்தப்படுகிறது. இந்த இரண்டு வகை எதிர்ப்பாற்றலுமே உடற்காப்பு ஊக்கி எதிர்ப்படும்போது தூண்டப்படுகிறது.

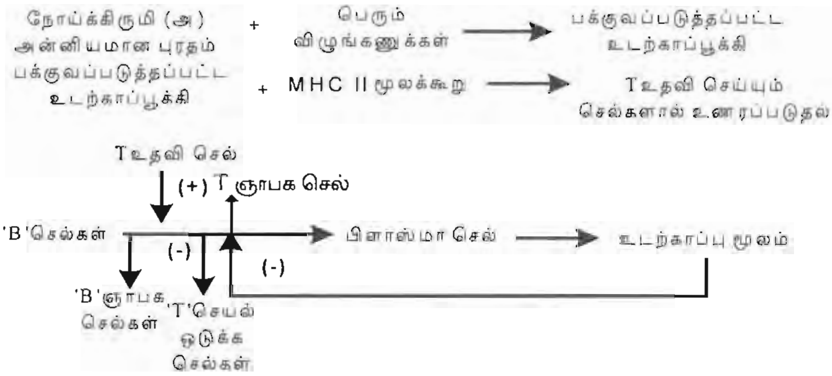


10.2.3 செயல்படும் எதிராற்றல் (Humoral Immunity)

குறிப்பாக பெறப்பட்ட நோய் எதிர்ப்பாற்றலை செல் வழி எதிர்ப்பாற்றல், உடற்காப்பு மூலத்தினால் செயல்படும் செயலாற்றல் என இருவகைகளாக பிரித்தாலும், இவை ஒன்றை ஒன்று சார்ந்து வினை புரிந்தே திறம்பட செயலாற்றுகின்றன. உடற்காப்பு மூலத்தினால் செயல்படும் எதிர்ப்பாற்றல், உடற்காப்பு ஊக்கியை அறிந்து கொள்ளும் போதுதான் ஆரம்பிக்கிறது. குறிப்பட்ட T-செல்கள் தூண்டப்படும் போது (lymphokine) லிம்போகைன் எனப்படும் இரசாயன மூலக்கூறு வெளிப்பட்டு, அவை B-செல்களைத் தூண்டுவதால் B-செல்கள் பெருக்கமடைந்து மாற்றமடைகின்றன. சில சமயங்களில் மிகப்பெரிய உடற்காப்பு ஊக்கி மூலக்கூறுகள் B-செல்களை நேரடியாகவேத் தூண்டும் தன்மையைப் பெற்றிருக்கின்றன. குழுக்களின் தேர்வு முறையில் குறிப்பட்ட B-செல்கள் தூண்டப்படுகின்றன. அவ்வாறு தூண்டப்பட்டவை B-லிம்போபிளாஸ்ட் எனப்படும் பிளாஸ்மா செல்லாக அளவில் பெரிதாக உருமாறி புறப்பரப்பில் உள்ள உடற்காப்பு மூலத்தை உதிர்க்கின்றன. இந்த இறுதி நிலைமாற்றமே உடற்காப்பு ஊக்கி உண்டாக காரணமாகிறது. IgM எனப்படும் உடற்காப்பு ஊக்கித்தான் முதன்மையாக, நோய் எதிர்ப்பாற்றலின் பொழுது உருவாக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு மாற்றமடைந்த B-செல்களில் சில நீண்டகாலம் வாழும் ஞாபகசக்தி செல்களாக (Memory Cells) மாற்றம் அடைகின்றன. இவை உடற்காப்பு மூலத்தை உருவாக்கும் தன்மையற்ற செல்களாகும். ஆனால் மறுபடியும் அதே உடற்காப்பு ஊக்கியை சந்திக்கும் போது இந்தச் செல்கள் விரைந்து செயல்பட்டு மிக அதிக அளவில் IgG, IgA மற்றும் IgE வகை உடற்காப்பு மூலங்களை உருவாக்குகிறது. இதனால் மிகத்திறமை வாய்ந்த இரண்டாவது நோய் எதிர்ப்பாற்றலை உருவாக்க முடிகிறது.

B-செல்கள் மாற்றமடையும் போது அவற்றின் உடற்காப்பு மூலத்தில் உள்ள கனத்த சங்கிலிகளின் வேறுப்பட்ட பகுதி மற்றும் இலேசான சங்கிலிகளில் உள்ள வேறுபட்ட பகுதியின் நியூக்ளிக் அமிலங்கள் (DNA) மாற்றி அமைக்கப்பட்டு புதிய உடற்காப்பு மூலம் உருவாகின்றன. ஆயினும் இத்தகுமாற்றங்கள் ஒரு உடற்காப்பு ஊக்கியின் அறிமுகத்தின் போது, T-செல்களிலிருந்து வெளிப்படும்

லிம்போகைனின் எனப்படும் இரசாயன மூலக்கூறுகளால் மட்டுமே தூண்டப்படுகின்றன. இவ்வாறாக தூண்டப்படும் B-செல்கள் முதலில் B லிம்போபிளாஸ்ட்டாக பெரிதாக மாறுகின்றன.



IgM முதன்மையான நோய் எதிர்ப்பாற்றலின் போது உருவாகிறது. இதற்குப் பதிலாக, இதே செல்கள் இரண்டாவது முறையாக அதே உடற்காப்பு ஊக்கிக்கு அறிமுகம் ஆகும் போது நியூக்ளிக் அமிலங்களை மாற்றியமைத்து மாற்றம் அடைவதால் IgG, IgA மற்றும் IgE, ஆகிய உடற்காப்பு மூலங்கள் இரண்டாவது நோய் எதிர்ப்பாற்றலின் போது உருவாகின்றன. T-செயல் ஒடுக்கி செல் தேவையான அளவு உடற்காப்பு மூலம் உருவானதும் இந்த நிகழ்வினை ஒடுக்குகிறது. உருவான உடற்காப்பு மூலத்தின் மூலமே ஒடுக்கப்படுவது மற்றொரு முறையாகும். இதனை 'உடற்காப்பு ஊக்கியின் தடை' என்று கூறுகிறார்கள். அதிக அளவு உடற்காப்பு மூலம் முழுமையான உடற்காப்பு ஊக்கியோடு வினைபுரியும் போது அந்த உடற்காப்பு ஊக்கியானது, B-செல்களின் ஏற்பியோடு வினைபுரிவதை தடை செய்கிறது.

10.2.4 செல்வழி எதிர்ப்பாற்றல் (Cell mediated Immunity)

T-செல்கள், செல்வழி எதிர்ப்பாற்றலை உருவாக்குகின்றன. T-செல்கள் முதலில் எலும்பு மஜ்ஜையில் உருவாகிப் பின்னர் தைமஸில் முதிர்ச்சி மற்றும் வேறுபாடு அடைகின்றன. முதிர்ச்சியடைந்த T-செல்கள் இரண்டாம் நிலை நிணநீர் உறுப்புகளுக்கு இடம்பெயர்கின்றன. T-செல்கள் செயலாற்றும் தன்மையைப்

பொறுத்தும் புறப்பரப்பில் காணப்படும் மூலக்கூறுகளின் (CD - Cluster of Differentiation) அமைப்பைப் பொறுத்தும் அவை வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. T-செல்கள் அவைகளின் செயல் தன்மைக்கேற்ப T-உதவி செல், T-செயல் ஒடுக்கச் செல், T-ஞாபகச் சக்தி செல் மற்றும் T-கொலைகாரச் செல் என்று நான்கு வகைகளாக வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. T-செல்களில் சில வகை ஒவ்வாமை (allergy) வினையில் குறிப்பாக காலம் தாழ்த்தித் தோன்றும் மிகை உணர்வு (Delayed Hyper Sensitivity) போன்ற விளைவுகளை ஏற்படுத்துவதோடு, ஒருவர் உடலில் மற்றொருவரின் உறுப்பை பொருத்தும் போது மாற்று உறுப்பை நிராகரிக்கும் படியும் செய்கின்றன.

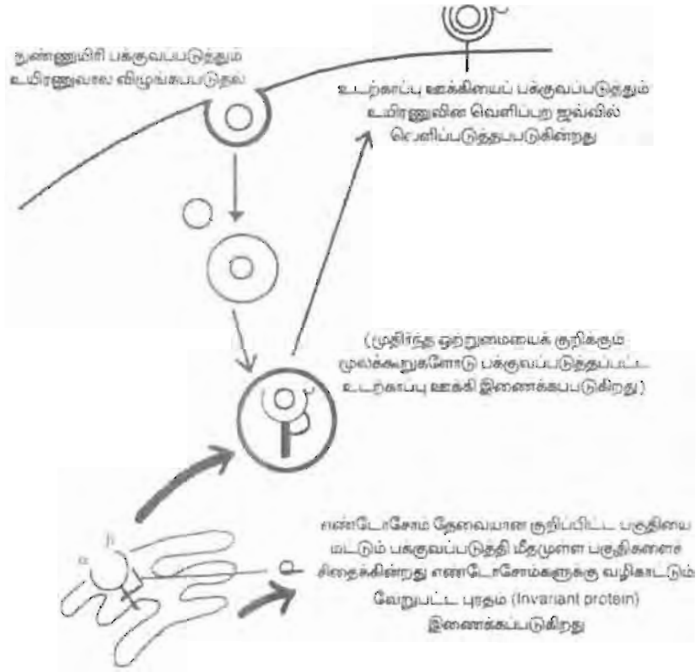
MHC ஒவ்வொருவர் உடலிலும் குறிப்பட்ட தனித் தன்மையுடன் தன்னுடைய திசு மூலக்கூறுகளை அடையாளம் காட்டுவதாக அமைந்துள்ளது. இவை எப்போது உடற்காப்பு ஊக்கி, நோய்த் தடுப்பாற்றல் மண்டலத்திற்கு அளிக்கப்படுகின்றதோ, அப்போது மேற்கோளாக (Reference) தன் உடல் திசுவில் இருந்து மற்ற திசுக்களை வேறுப்படுத்திக் காட்ட அளிக்கப்படுகிறது.

T-உதவி செல் (CD4), T-சார்ந்த உடற்காப்பு ஊக்கியைத் தந்து (பெரும்பாலான புரதத்தன்மை வாய்ந்த) B செல்களைத் தூண்டி அதற்கு எதிரான உடற்காப்பு மூலத்தை உருவாக்குகிறது.

T-உதவி செல், MHC-II யுடன் இணைக்கப்பட்ட உடற்காப்பு ஊக்கியை, உடற்காப்பு ஊக்கியைப் பக்குவப்படுத்தி அளிக்கும் செல்லின் புறப்பரப்பில் இருக்கும் போது அறிந்து கொள்கிறது. உடற்காப்பு ஊக்கியைப் பக்குவப்படுத்தி அளிக்கும் செல்கள் அனைத்தும் IL-1 எனப்படும் சைட்டோகைன்களை வெளியிடுகின்றன. மேலும் T-உதவி செல்லைத் தூண்டி IL-2 என்னும் சைட்டோகைன்களை சுரக்கச் செய்கின்றன. உடற்காப்பு ஊக்கியினால் தூண்டப்பட்ட T-உதவி செல்கள் மட்டுமே IL-2விற்குரிய ஏற்பிகளைக் கொண்டுள்ளதால் இந்த T-செல் குறிப்பாக உடற்காப்பு ஊக்கிக்கு எதிராகச் செயல்படுகிறது. உருவாக்கப்படும் IL-2 மற்றும் பிற சைட்டோகைன்கள், T-செல் வழி எதிர்ப்பாற்றலையும், பிளாஸ்மா வழி எதிர்ப்பாற்றலையும் தூண்டுவதால் எதிர்ப்பாற்றல் அதிகரிக்கப்படுகிறது.

எயிட்ஸில் மனித நோய் எதிர்ப்பாற்றலை குறைவுப்படுத்தும் வைரஸ், இத்தகு T-உதவியாளர் செல்களை பாதிக்கின்றன. T-செயல்

ஒடுக்கி செல் தேவையான அளவு உடற்காப்பு மூலம் உருவானதும் நோய் எதிர்ப்பாற்றலை ஒழுங்குபடுத்த உதவுகின்றன. நச்சுத்தன்மை பெற்ற T-செல்கள் (CD8) வைரஸால் பாதிக்கப்பட்ட செல்களை அடையாளம் கண்டு பர்பாரின் எனும் மூலக்கூறுகளை அவற்றின் உள் செலுத்தி வைரஸால் பாதிக்கப்பட்ட செல்களைச் சிதைக்கின்றன. தூண்டப்பெற்ற சில T-செல் ஞாபகச்சக்தியுடைய செல்லாக மாறுகிறது.



படம் 10.3 **ஆன்டிஜென் முதிர்ந்த திசுக்களின் ஒற்றுமையை அறியவல்ல மூலக்கூறுகளின் கலவைகள்**

10.2.4.1 லிம்போகைன்களின் செயல்கள் (Functions of Lymphokines)

லிம்போகைன்கள் என்பவை சைட்டோகைன் வகையைச் சார்ந்தவை. இவை லிம்போசைட்டுகள் தூண்டப்படும் போது சுரக்கப்படும் சிறிய மூலக்கூறுகள் ஆகும். இம்மூலக்கூறுகளே செல்லுக்கு இடையே 'சமிக்ஞை' (Signal) செய்ய உதவுகிறது. இன்டெர்லூக்கின் என்னும் சொல் லியூக்கோசைட்டுகளால் உண்டாக்கப்படும் சைட்டோகைன்களை குறிப்பதாக அடிக்கடி விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. எப்போதும் இந்த தனித்தனி லிம்போகைன்கள் சில செயல்களில் பொதுவாக ஒன்றை ஒன்று சார்ந்து பங்கு கொள்கின்றன. பெரும்பாலான விளைவுகளை ட்யூமர் நெக்ரோஸிஸ் காரணி ஆல்பா (TNF-α), IL-2 விலிருந்து IL-12 வரை பகிர்ந்து கொள்கின்றன. இவற்றில் அழற்சியை உண்டாக்கும் முந்தைய சைட்டோகைன்கள், நோய் எதிர்ப்பாற்றலைத் தூண்டும் வண்ணம், நியூட்ரோபில்களை எலும்பு மஜ்ஜையிலிருந்தும், டென்ரைடிக் செல்களை நிணநீர் முடிச்சுக்களுக்கு இடம் பெயர்ந்து செல்லச் செய்கின்றன. மேலும் இவை அடிப்போஸ் என்னும் கொழுப்புத் திசுக்களில் மாற்றத்ததைத் தொடங்குவதோடு, தசைகளின் வளர்ச்சிதை மாற்றத்தை அதிகரித்து, காய்ச்சலை உண்டாக்குவதற்கும் காரணமாகிறது.

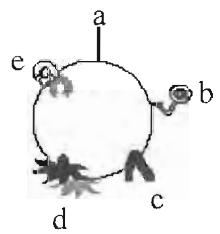
10.3 உடற்காப்பு ஊக்கி (Antigen)

உடற்காப்பு ஊக்கிகள் அயலான் எனப்படும் மூலக்கூறுகள் ஆகும். இவை எதிர்ப்பாற்றல் மண்டலத்தினால் இனமறியப் படுகின்றன. இவற்றை வரையறுத்துக் கூற வேண்டுமெனில் உடற்காப்பு ஊக்கி என்பது குறிப்பாக எதிர்ப்பாற்றல் மண்டலத்தின் லிம்போசைட் போன்ற செல்களோடும், எதிர்காப்பு மூலத்துடனும் (Antibody) குறிப்பாக இணைகின்றன. இம்மியூனோஜென் (Immunogen) எனப்படுவது B செல் அல்லது T செல் அல்லது B, மற்றும் T செல் தொடர்பான எதிர்ப்பாற்றலைத் தூண்டவல்லது. உடற்காப்பு மூலம் முழுமையான உடற்காப்பு ஊக்கியோடு இணைய

இயலாது. ஏனெனில் உடற்காப்பு மூலம் ஆனது உடற்காப்பு ஊக்கியின் பரப்பில் காணப்படும், ஒரு குறிப்பட்ட உடற்காப்பு மூலத்தை உண்டாக்கக் காரணமான மூலக்கூறுகளோடு இணைகிறது. இவை எபிடோப்புகள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

10.3.1 உடற்காப்பு ஊக்கியின் உருவ அமைப்பும், விதங்களும் (Structure and Types of Antigen)

ஒரு உடற்காப்பு ஊக்கியில் பலதரப்பட்ட உடற்காப்பு மூலத்தை உருவாக்கக் காரணமான மூலக்கூறுகள் மிகுந்து காணப்படுகின்றன. ஒரு செல்லின் புறப்பரப்பில் உள்ள வேறுபட்ட மூலக்கூறுகளின் குழுக்களைப் படம் 10.4இல் காணலாம்.



படம் 10.4 உடற்காப்பு ஊக்கி (Antigen)

இருப்பினும் a மற்றும் d என்னும் குழுக்களே உடற்காப்பு மூலத்தை உருவாக்கும் உடற்காப்பு ஊக்கியாக செயல்பட பக்குவப்படுத்துவதற்காகத் தேர்ந்தெடுக்கப்படுகிறது. பொதுவாக உடற்காப்பு ஊக்கி பல குறிக்கோள்களைக் கொண்ட மூலக்கூறுகளை உடையது.

உடற்காப்பு ஊக்கியின் வகைகள்

உடற்காப்பு ஊக்கி கொண்டுள்ள சில சிறப்பான குறிப்பிடத்தக்க மூலக்கூறுகளின் அமைப்பு, எதிர்ப்பாற்றலை உண்டுபண்ணக் கூடியவையாக உள்ளன. பெரும்பாலான உடற்காப்பு ஊக்கியானது புரதமாக இருக்கின்றன. மற்றவை நியூக்ளிக் புரதமாகவோ, கொழுப்பு இணைந்த புரதமாகவோ அல்லது கார்போஹைட்ரேட் இணைந்த கிளைக்கோ- புரோட்டீன்களாகவோ அல்லது பாலிசாக்ரேட் மூலக்கூறுகளாக எடையில் 10,000 டால்டன்களுக்கும் அதிகமானதாகவும் கூட இருக்கின்றன. உடற்காப்பு ஊக்கியாக செயல்பட அதிக மூலக்கூறு எடை தேவைப்படுகிறது. பெரிய உடற்காப்பு ஊக்கியின் பரப்பில் உடற்காப்பு மூலத்தினைத் தூண்ட வல்ல மூலக்கூறுகள் அதிகமாக காணப்படுகின்றன. இருப்பினும் எடை குறைவாக உள்ளவைகளும் சில உடற்காப்பு மூலத்தோடு இணையும் தன்மையைப் பெற்றுள்ளன. ஆனால் இவற்றால் உடற்காப்பு மூலத்தின் உருவாக்கத்தைத் தூண்ட இயலாது. இவைகளை ஹாப்டன் (Hapton) என்று அழைக்கிறார்கள். இருப்பினும் இவை வேறு சில புரதங்களோடு (Carrier Molecules) சகபிணைப்பால் இணைக்கப்படும் போது உடற்காப்பு மூலத்தை உருவாக்கும் தன்மையை அடைகின்றன. உடற்காப்பு ஊக்கி உடற்காப்பு மூலத்தினை உருவாக்கத் தூண்டுவதால் இவற்றிற்கு இம்மினோஜன் என்ற பெயரும் உண்டு.

10.3.2 உடற்காப்பு ஊக்கியின் திறனை அதிகரிக்கும் காரணிகள்

உடற்காப்பு ஊக்கியானது அயலானாக இருத்தல் அவசியமானது. எந்த அளவுக்கு அவை அயலான் தன்மை அதிகரித்து காணப்படுகின்றதோ அதற்கேற்றாற்போல அவை எதிர்ப்பாற்றலை தூண்டவல்லவைகளாக உள்ளன.

கீழே காணப்படும் காரணிகள் உடற்காப்பு ஊக்கியின் திறனை மாற்ற வல்லவைகளாக உள்ளன.

1. உடற்காப்பு ஊக்கியின் திறனானது உருவாகியுள்ள உடற்காப்பு மூலத்தின் அளவினைக் கொண்டு அளவிடப்படுகிறது. இவை உள்ளே செலுத்தப்படும் உடற்காப்பு ஊக்கியின் அளவைப் பொறுத்தும் (Dosage), எந்த வழியாக செலுத்தப்படுகின்றது (Route of Entry) என்பதைப் பொறுத்தும், அட்ஜுவண்ட் என்றழைக்கப்படும் ஊக்குவிக்கும் துணைப்பொருள் சேர்த்து அளிக்கப்பட்டதா என்பதைப் பொறுத்தும் அமைகிறது.

2. மூலக்கூறுகளின் எடையைப் பொறுத்து உடற்காப்பு ஊக்கியின் திறன் அமைகிறது. எடை குறைந்த மூலக்கூறுகள் உடற்காப்பு மூலத்தோடு இணையும் திறனை மட்டுமே பெற்றுள்ளன (ஹாப்டன்கள்).

3. மிகவும் எடை குறைந்த மூலக்கூறுகளால் உடற்காப்பு ஊக்கியாக செயலாற்ற முடியாது. இதன் காரணமாகவே வைரஸ் எனப்படும் நுண்ணுயிரி எதிர்ப்பாற்றல் திறனிலிருந்து தப்பித்துக் கொள்கிறது.

4. மிகப்பெரிய எடை உள்ள உடற்காப்பு ஊக்கியானது T-செல்களின் பங்கின்றி தானாகவே B-செல்களை தூண்டும் தன்மையைப் பெற்றிருக்கின்றன.

5. T-செல் சார்ந்து செயல்படும் உடற்காப்பு ஊக்கிகள் எளிதில் சிதைக்கப்படும் தன்மை மிக்கதாக இருத்தல் வேண்டும். ஏனெனில், உடற்காப்பு ஊக்கியை பக்குவப்படுத்தும் செல்கள் அவற்றைச் சிதைத்து பக்குவப்படுத்தியப்பின் MHC-II மூலக்கூறுகளோடு இணைத்து T-செல்களுக்கு வழங்குகின்றன. இத்தன்மை பெற்ற உடற்காப்பு ஊக்கி T-செல் சார்ந்த உடற்காப்பு ஊக்கி என்று அழைக்கப்படுகிறது.

6. உடற்காப்பு ஊக்கியைச் செலுத்துவதற்கு முன்னதாகவோ அல்லது செலுத்தியபின் சிறிதுநேரம் கழித்தோ, அதற்குரிய பிறரால் பெறப்பட்ட உடற்காப்பு மூலத்தை செலுத்தும்போது உடற்காப்பு ஊக்கியின் செயல்திறன் முழுவதும் குறைக்கப்பட்டுவிடுகிறது. (இந்த அடிப்படையை பயன்படுத்தி Rh உடற்காப்பு ஊக்கியினால் தாயின் உடலில்

உடற்காப்பு மூலம் உண்டாவது தடைசெய்யப்படுகிறது. இதனால் எரித்ரோ பிளாஸ்டோசிஸ்பீடாலிஸ் என்னும் நோய் தடுக்கப்படுகிறது).

10.4 உடற்காப்பு மூலங்கள் (Antibodies)

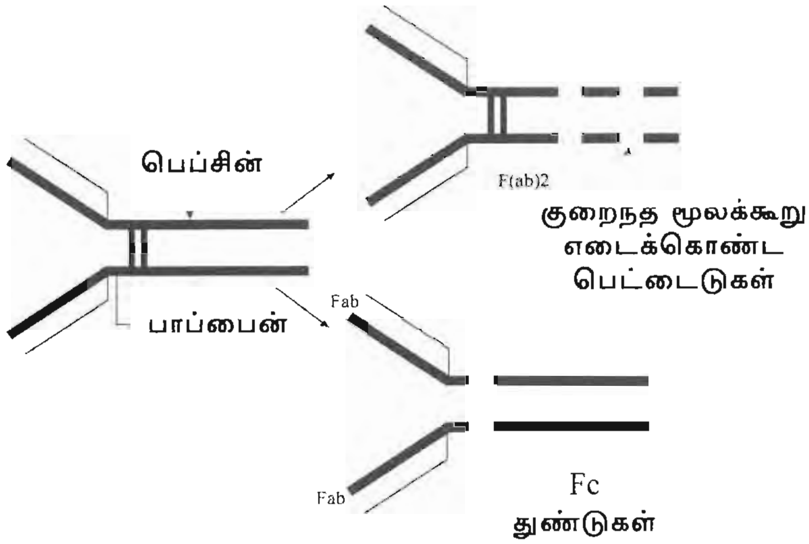
உடற்காப்பு மூலம் முதுகெலும்பு பிராணிகளின் பிளாஸ்மா மற்றும் உடலில் உள்ள திரவங்களில் காணப்படுகிறது. இது குறிப்பாக அதற்குரிய உடற்காப்பு ஊக்கியோடு இணைகிறது. இவை கோள வடிவமான புரத வகுப்பைச் சேர்ந்த இம்மியூனோ குளோபுலின்கள் (உடற்காப்பு மூலங்கள்) ஆகும். குறிப்பாக எதிர்ப்பாற்றல் புரதமாகிய உடற்காப்பு மூலம் காமாகுளோபுலின்கள் என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. இவை சாதாரணமான எதிர்ப்பாற்றல் நிகழும் போது பலதரப்பட்டவைகளாக உள்ளன. இவை முக்கியமாக செல்களுக்கு வெளியே உள்ள உடற்காப்பு ஊக்கிகளுக்கு எதிராகச் செயல்படுகிறது.

உடற்காப்பு மூலத்தின் இரு முக்கிய வேலைகள்

1. இவை குறிப்பாக, அதற்குரிய உடற்காப்பு ஊக்கியோடு அல்லது அயலானாக கருதப்படும் மூலக்கூறுகளோடு இணைகின்றன.

2. இவை மற்ற செல்கள் மற்றும் மூலக்கூறுகளோடு சேர்ந்து நோய்க்கிருமிகளை அழிக்கின்றன.

ஒரு உடற்காப்பு மூலத்தில் உள்ள வெவ்வேறு பகுதிகளின் வேலைகளைப் புரிந்துக்கொள்ள அதிக அளவில் காணப்படும் IgG உடற்காப்பு மூலத்தை பாப்பைன் (Papain) மற்றும் பெப்சின் (Pepsin) நொதிகளை கொண்டு சிதைக்கும் போது ஏற்படும் மாற்றங்களை படத்தில் காணலாம் (படம்5).



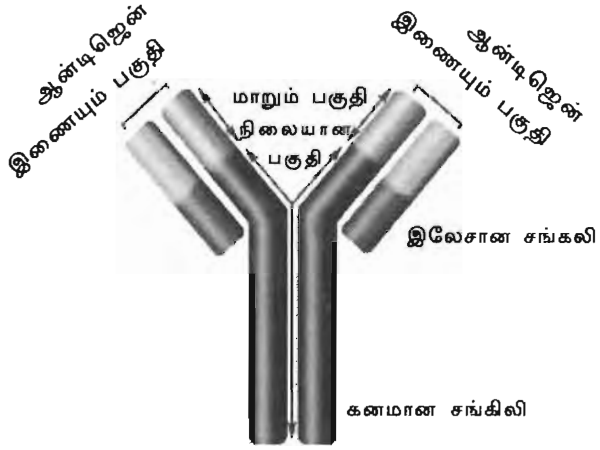
படம் 10.5 பாப்பைன் மற்றும் பெப்சின் சிதைவுறுதல்

பாப்பைன் நொதி ஓரிணைத்திறன் கொண்ட 2 Fab மூலக்கூறுகளையும் (Fab - Fragment antigen binding) மற்றும் Fc என்ற படிகமாக மாறும் தன்மை பெற்ற (FC - Fraction Crystalizable) பகுதியையும் தருகிறது. உடற்காப்பு ஊக்கியோடு இணையும் திறன் கொண்ட Fab மூலக்கூறு IgG வகை உடற்காப்பு ஊக்கி பெப்சின் நொதியால் சிதைக்கப்படும் போது உடற்காப்பு ஊக்கியோடு ஈரிணைத் திறன் கொண்ட இணையும் பகுதியும், துகள்களாக சிதைக்கப்பட்ட Fc பகுதியும் கிடைக்கின்றது. இவ்வித்தியாசங்கள், நொதிகளால் சிதைக்கும் இட வேறுபாட்டால் ஏற்படுகின்றன. பாப்பைன் நொதி கனத்த சங்கலியின் உள்ள வளையும் பகுதிக்கு முன்பாகவும், டை-சல்பைடு பிணைப்புகளுக்கு பின்னால் உள்ள பகுதியையும் சிதைக்கிறது. பெப்சின் நொதி டை-சல்பைடு பிணைப்புகளுக்கு முன்னால் சிதைக்கிறது. இந்நொதிகளின்

சிதைப்பின் மூலம் உடற்காப்பு ஊக்கியிலுள்ள கனத்த சங்கிலிகளை பிணைப்பது டை-சல்பைடு பிணைப்பு என்று அறிந்து கொள்ளலாம். Fc பகுதி உடற்காப்பு மூலத்தின் செயலாற்றலுக்குத் தேவைப்படுகின்றது. Fc பகுதி விருந்தோம்பியின் செல்களோடு இணைவதற்கும், காம்பளிமென்டுகளோடு (Complement) இணைவதற்கு அல்லது பிளாசண்டாவை (Placenta) கடந்து செல்லவும் உதவியாக உள்ளன.

10.4.1 உடற்காப்பு மூலத்தின் உருவமைப்பு (Structure of antibody)

ஒரு உடற்காப்பு மூலம் Y என்ற ஆங்கில எழுத்தின் வடிவத்தை ஒத்து காணப்படும் இரசாயன மூலக்கூறு. இது கிளைக்கோ புரதங்களின் வகையைச் சார்ந்த காமா குளோபுலின்களாக பிளாஸ்மா காணப்படுகிறது. (படம் 10.6) பெரும்பாலான உடற்காப்பு மூலம் 4 அமினோ அமிலங்களால் ஆன சங்கிலிகளைக்(Chains) கொண்டுள்ளது. இரண்டு கனத்த சங்கிலிகளும் இரண்டு இலேசான சங்கிலிகளையும் கொண்டுள்ளது. ஒரு குறிப்பட்ட உடற்காப்பு மூலத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதி எப்போதும் வேறுபடாமல் (Constant) நிரந்தரமாக உள்ளது. IgM உடற்காப்பு மூலத்தில் μ என்ற சங்கிலியும், IgG இல் γ வும், IgA இல் α வும், IgD இல் δ வும் IgE இல் ε என்ற சங்கிலிகளும் கனத்த சங்கிலிகளாக உள்ளன. இலேசான சங்கிலிகள் k அல்லது λ எனப்படும் இரண்டு விதமான சங்கிலிகளாக இருக்கின்றன.



படம் 10.6 உடற்காப்பு மூலம் (Antibody)

இந்தச் சங்கிலிகளில் கோள வடிவில் மடிந்துள்ள டொமைன் என்ற கூண்டுப் பகுதிகள் குறிப்பிட்ட பகுதிகளில் காணப்படுகின்றன. இலேசான சங்கிலியில் 2 டொமைன்களும் கனத்த சங்கிலியில் 4 முதல் 5 டொமைன்களும் காணப்படுகின்றன. நிரந்தரமான பகுதிகளின் தனித்திருக்கும் முனையானது Fc பகுதியைக் கொண்டுள்ளது. கனத்த சங்கிலியிலும் லேசான சங்கியிலும் ஒரு வேறுபடும் பகுதி உள்ளது. இந்தப் பகுதி உடற்காப்பு ஊக்கியோடு இணைகிறது. இதனால் ஒவ்வொரு உடற்காப்பு மூலத்தில் இரண்டு உடற்காப்பு ஊக்கியோடு இணையும் பகுதிகள் உள்ளன.

10.4.2 இமினோகுளோபுலின்களின் வகைகள் (Types of immunoglobulins)

உடற்காப்பு மூலம் (அல்லது) இமினோகுளோபுலின்கள் ஒரு கிளைக்கோ புரதங்களாக B செல்லினால் உருவாக்கப்படுகின்றன. இவை குறிப்பாக தான் உருவாக காரணமாக இருந்த உடற்காப்பு

ஊக்கியோடு இணையும் தன்மையைப் பெற்றுள்ளன. உடற்காப்பு மூலம் 5 பெரும் பிரிவுகளாக, அவற்றின் கனத்த சங்கிலிகளின் நிரந்தரமான பகுதிகளைக் கொண்டு, IgM, IgG, IgA, IgD மற்றும் IgE என வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. ஒரு உடற்காப்பு மூலத்தில் இரண்டு ஒரே விதமான உடற்காப்பு ஊக்கி இணையும் பகுதியுள்ளது. இவை இவற்றின் இணையும் திறனாகும் (Valency).

10.4.3 இமினோகுளோபுலின்களும் அவற்றின் வேலைகளும்

IgG உடற்காப்பு மூலம் இரு k அல்லது λ எனப்படும் இலேசான சங்கிலிகளையும் இரண்டு வகையான γ வகையான கனத்த சங்கிலிகளையும் கொண்டு IgG1, IgG2, IgG3 மற்றும் IgG4 வகைகளாக உள்ளது. இவை மனிதர்களின் பிளாஸ்மாவில் 80 சதவீதத்திற்கு மேலாக அதிகமாக காணப்படும் இமினோகுளோபுலின் வகையாகும். இரண்டாவது முறையாக அதே உடற்காப்பு ஊக்கி உடலில் நுழையும் போது (Secondary Immune response) குறிப்பாக IgG உடற்காப்பு மூலம் உருவாகின்றது. IgG உடற்காப்பு மூலம் விழுங்கணுக்களைத் தூண்டுகிறது, காம்பளிமென்டுகளை செயலாற்றல் பெறச் செய்கிறது, நியூட்ரோபில்களோடு இணைகின்றன. மேலும் நச்சுத்தன்மையை, நடுநிலையாக்கி நச்சுதன்மையை அகற்றுகிறது. முக்கியமாக இந்த உடற்காப்பு மூலம் மட்டுமே பிளாசன்டாவைக் கடந்து சிசுவிற்கு எதிர்ப்பாற்றலைத் தர வல்லதாக உள்ளது.

IgA இரண்டு k அல்லது λ எனப்படும் இலேசான சங்கிலிகளையும், இரண்டு α கனத்த சங்கிலிகளையும் கொண்டு, IgA1, IgA2 என்ற இருவகைகளாகக் காணப்படுகிறது. இவை மனிதனின் பிளாஸ்மாவில் 13 சதவிகிதமே காணப்படுகிறது. ஆயினும் சுரக்கப்படுகின்ற சுரப்பு நீரில் மிகுந்து காணப்படும் உடற்காப்பு மூலம் IgA ஆகும். IgA வை சுரப்பிகள் (கண்ணீர், உமிழ்நீர், மூக்கினுள் சுரக்கும் நீர் மற்றும் மார்பகச் சுரப்புநீர்) சுரக்கின்றவற்றில் காணப்படுவதால் அதனை சுரக்கின்ற எதிர்ப்பாற்றல் புரதம் என்று அழைக்கின்றார்கள். இவை முக்கியமாக நாடாப் புழுக்களுக்கு எதிராக எதிர்ப்பாற்றலைத் தருகின்றன.

சீம்பாலிலும் இருக்கிறது. குழந்தைகளை, அவர்களின் குடலில் வளரும் நோய்க்கிருமிகளிடம் இருந்து பாதுகாக்கின்றன.

IgM இரண்டு லேசான k அல்லது λ சங்கிலிகளையும், μ எனப்படும் கனத்த சங்கிலியையும் கொண்டு பிளாஸ்மாவில் 8 சதவிகிதம் காணப்படுகிறது. இது மிகப் பெரிய இமினோகுளோபுளின் ஆக கூறப்படுவதற்கு காரணம், இவை 5க்கு மேற்பட்ட இணைத்திறன் கொண்டவைகளாக இருக்கின்றன. முதன் முதலாக ஒரு உடற்காப்பு ஊக்கி உடலின் உள்நுழையும் போது முதலாவதாக (Primary Immune response) தோன்றுவதால், சமீபத்தில் நோய் வந்ததை இது அடையாளம் காட்டுகிறது. பெரும்பாலான இயற்கையான உடற்காப்பு மூலம், ஏ, பி, ஓ இரத்த பிரிவு வகைக்கு காரணமானவை IgM வகையைச் சார்ந்தவையாக உள்ளன. B செல்கள், பெரும்விழுங்கணுக்கள் மற்றும் குறையை ஈடு செய்யவல்ல மூலக்கூறுகளை முதன் முதலில் தூண்ட IgM காரணமாகிறது.

IgD இரண்டு லேசான சங்கிலிகளும் k அல்லது λ வகையைச் சார்ந்தவை. கனத்த சங்கிலி δ வகையைச் சார்ந்தவை ஆகும். இவை பிளாஸ்மாவில் ஒரு சதவிகித்திற்கும் குறைவாகவே காணப்படுகிறது. லிம்போசைட்டுகளின் செயல்திறனை ஒடுக்குவதில் முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது. B செல்லின் புறப்பரப்பில் அதிகமாக காணப்படுகிறது. IgD ஒற்றை இணையும் திறன் கொண்டுள்ளது.

IgE இதனை ரியாஜினிக் உடற்காப்பு மூலம் என்றழைக்கப்படுகிறார்கள். இவற்றிலும் 2 லேசான k அல்லது λ சங்கிலிகளையும் இரண்டு கனத்த சங்கிலிகளை (ε)ஆகவும் கொண்டுள்ளன. இவை 0.003 சதவீதத்திற்கு குறைவாக மனிதனின் பிளாஸ்மாவில் காணப்படுகின்றன. இவை ஒவ்வாமையை ஏற்படுத்தும் இடையீட்டுப் பொருளாக (Mediator) செயல்புரிகின்றன. அவற்றில் முக்கியமானது ஹிஸ்டமின்களை சுரக்கும் செயல்களைத் தூண்டி விடுவதாகும். ஒட்டுண்ணியால் ஏற்படும் நோய்களின் போதும் மற்றும் மிகை உணர்வினால் உண்டாகும் பிரிவு ஒன்றைச் சார்ந்த நோய்நிலைகளிலும் பங்கேற்கின்றன.

10.5 உடற்காப்பு ஊக்கி-உடற்காப்பு மூலத்தின் வினைகள் (Antigen-Antibody reactions)

உடற்காப்பு ஊக்கியின் நிர்ணயிக்கப்பட்ட மூலக்கூறுடன் உடற்காப்பு மூலத்தில் உள்ள இரு இணையும் பகுதிகளும் இணைவதால் கூட்டுக்கலவை (Complex) அல்லது உடற்காப்பு ஊக்கியும், உடற்காப்பு மூலமும் இணைந்த கலவை (Antigen - Antibody Complex) உருவாகின்றது. இவ்வாறு உடற்காப்பு ஊக்கியும், மூலமும் இணைவதற்கு பல காரணிகள் உதவுகின்றன. உடற்காப்பு மூலம் என்கின்ற தடுப்பாற்றல் புரதம் குறிப்பாக தான் உண்டாகக் காரணமான உடற்காப்பு ஊக்கியுடன் இணையும் தன்மையுடையதாக (Specificity) உள்ளது. இத்தன்மைக்கு உடற்காப்பு ஊக்கியில் காணப்படும் மூலக்கூறுகளுக்கு (Epitope) உடற்காப்பு மூலத்தில் உள்ள எதிர்மூலக்கூறுகளும் (Paratope) முக்கிய காரணங்களாகும். மேலும் இவற்றுக்கிடையே உள்ள இணையும் விசை, அவற்றின் நெருக்கம், அவற்றுக்கிடையே உள்ள கவர்ந்து இழுக்கும் மற்ற விசைகள், ஈர்ப்புத் தன்மை (Affinity), இணையும் திறன் (Avidity) போன்றவையும் இதில் அடங்கும்.

முதன் முறையாக உடற்காப்பு ஊக்கியிடம் உள்ள மூலக்கூறுகளுடன் அதற்குரிய உடற்காப்பு மூலம் இணையும் போது முதன்மையாக உடற்காப்பு ஊக்கி, மூலத்தின் கலவை உருவாகின்றது. இந்த முதலாவதாக இணையும் கலவை வினை மிகவும் வேகமாக நிகழ்கிறது. இவை அயனிகளைச் (Electrolyte)சார்ந்து இருப்பதில்லை. ஆயினும் இந்த வினை கண்களுக்குப் புலப்படுவதில்லை. இந்த முதலாவதாக இணைந்த கலவை கண்களுக்குப் புலப்படும் வண்ணம் ஏற்படும் திரட்சி வினையை இரண்டாவதாக ஏற்பட்ட உடற்காப்பு ஊக்கி, உடற்காப்பு மூலத்தின் வினைகள் (Secondary Antigen-Antibody Reaction) என்று அழைக்கிறார்கள். கண்களுக்கு புலப்படும் தன்மை வாய்ந்த இரண்டு வினைகள் முறையே திரிதல் வினை (Pricipitation Reaction), திரட்சி வினை (Agglutination) ஆகும்.

10.5.1 திரிதல் வினை (Precipitation)

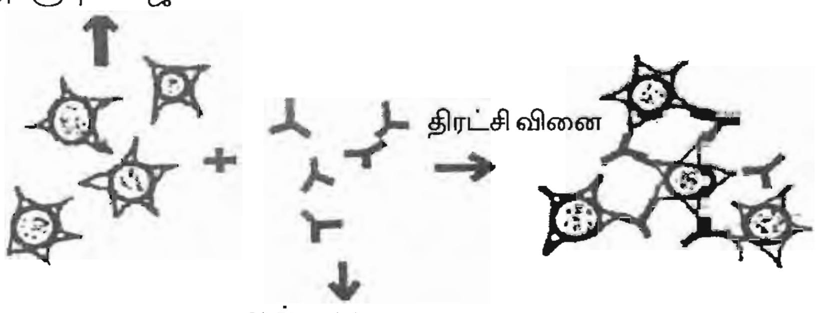
திரிதல் என்கிற வினை திரவத்தில் கரைந்திருக்கும் உடற்காப்பு ஊக்கியோடு உடற்காப்பு மூலத்தை சேர்க்கும் போது வேதியியல் முறிவு ஏற்படுவதால் உண்டாகிறது. எதிர்ப்பாற்றல் உருவாக்கும் புரதங்கள் இணைந்து கண்களுக்கு புலப்படும்படி உண்டாகும் திரட்சியை வைத்து அவற்றை அளவிட்டுக் கூற முடியும். இவை வினையில் பங்கேற்கும் உடற்காப்பு ஊக்கி மற்றும் உடற்காப்பு மூலத்தின் விகிதங்களைப் பொறுத்து அவற்றுக்கிடையே உள்ள இணைப்புகள் மாறுபடுவதால் திரிதலின் அளவும் மாறுபடுகிறது. இவற்றால் உடற்காப்பு ஊக்கி அளவில் மிகுந்த நிலை, உடற்காப்பு மூலமும், ஊக்கியும் சரியான அளவில் உள்ளநிலை, உடற்காப்பு மூலம் மிகுந்த நிலை என்று திரட்சியின், நிகழ்வு வேறுபடுகின்றது. திரிதல் வினையை, வெப்பநிலை, அமிலம்/காரத் தன்மைகள் (pH) உப்பு மூலக்கூறுகளின் அடர்த்தி, மற்றும் வினைபுரியும் திரவத்தின் அளவு (Volume) போன்றவை பாதிக்கின்றன.

10.5.2 திரட்சி வினை (Agglutination)

உடற்காப்பு ஊக்கி எப்பொழுது ஒரு செல்லை ஒத்து (Particulate) உள்ளதோ, அப்போது உடற்காப்பு மூலம் இணையும் போது திரட்சி உருவாகின்றது. இத்தகு திரட்சி வினையை, பண்பறிந்தோ (Qualitative) அல்லது ஓரளவு அளவிட்டோ (Semi quantitative) கூற முடியும். இவை அளவுக்கு அதிகமாக மிகக் குறிப்பட்ட தனித்தன்மையுடன் நிகழ்வதால், இந்தத் திரட்சிவினையைப் பல்வேறு சோதனைகளுக்கு அடிப்படையாகப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

திரட்சி வினையை நேரடி திரட்சி வினை என்றும் மறைமுக திரட்சி வினை என்றும் இரண்டு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். உடற்காப்பு ஊக்கி எப்பொழுது இயற்கையாகவே ஒரு துகளின் பகுதியாக உள்ளதோ அப்போது உண்டாகும் திரட்சி நேரடி திரட்சியாகும். ஒரு துகளோடு கரைகின்ற தன்மையுடைய உடற்காப்பு

ஊக்கி இணைக்கப்பட்டு, அதன்பின் உடற்காப்பு மூலம் அதனோடு வினை புரியும்போது மறைமுகத் திரட்சி உண்டாகின்றது. இவ்வாறு இணைவதால் கரையும் தன்மையுள்ள உடற்காப்பு ஊக்கி கரையாத தன்மையுள்ளதாக மாற்றப்படுகிறது.



படம் 10.7 திரட்சி வினை

10.6 இரத்தத்தின் வகைகள்

1901ம் வருடம் காரெல் லான்ட்ஸ்டீனர் என்பவர் ஒரு மனிதனுடைய இரத்தத்தை மற்றொரு மனிதனுக்கு மாற்று இரத்தமாக உடலினுள் செலுத்தும்போது, அவர்கள் இருவருக்கிடையேயும் இரத்தம் வேறுபடும்பொழுது, இரத்தம் பெற்றவருக்கு அதிர்ச்சி, மஞ்சள் காமாலை மற்றும் சிறுநீரகம் செயல் இழத்தல் போன்றவை நிகழ்வதைக் கண்டு பிடித்தார். இரத்தத்தின் வகைக்குரிய உடற்காப்பு ஊக்கியின் குழுக்களும், உடற்காப்பு மூலமும் திரட்சி (agglutination) வினையில் ஈடுபடுவதால், இந்த உடற்காப்பு ஊக்கிக்கு அக்ளுடினோஜன் எனவும் உடற்காப்பு மூலம் அக்ளுடினின் என்றும் அழைக்கப்படுகின்றது. இரத்த வகைக்குரிய உடற்காப்பு ஊக்கிகள் இரத்த சிவப்பணுவின் சவ்வின் புறப்பரப்பில் காணப்படுகின்றன. லான்ட்ஸ்டீனர், இவற்றை பற்றி வரையறுத்துக் குறிப்பிடுகையில், எப்போது உடற்காப்பு ஊக்கி இரத்த சிவப்பணு

புறப்பரப்பில் காணப்படுகிறதோ, அப்போது அதற்குரிய குறிப்பிட்ட உடற்காப்பு மூலம் பிளாஸ்மாவில் காணப்படுவதில்லை என்கிறார். ஆகவே ஒருவரின் இரத்த வகையானது, அவர்கள் இரத்த சிவப்பணு சவ்வில் காணப்படும் உடற்காப்பு ஊக்கியைப் பொறுத்து பெயரிடப்படுகிறது.

10.6.1 ABO இரத்த வகைகள்

லாண்ட்ஸ்டீனர் இரண்டு வகையான உடற்காப்பு ஊக்கிகள், இரத்த சிவப்பணு சவ்வில் உண்டென்று கண்டுபிடித்தார். அவை A உடற்காப்பு ஊக்கி மற்றும், B உடற்காப்பு ஊக்கியாகும். இவற்றிற்குரிய குறிப்பான உடற்காப்பு மூலம் முறையே α, β ஆகும். இவைகள் திரட்சி வினையில் ஈடுபடுவதால் உடற்காப்பு ஊக்கி ஆக்ளுடினோஜன் எனவும் உடற்காப்பு மூலம் அக்ளுடினின் என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. லான்ஸ்டீனர் விதியில் ஒரு குறிப்பிட்ட அக்ளுடினோஜன் சிவப்பணுவில் காணப்படும்போது அதற்குரிய உடற்காப்பு மூலம் இருக்காது என்று கூறப்பட்டுள்ளது. உடற்காப்பு ஊக்கி இருப்பதையும் இல்லாததையும் அடிப்படையாக வைத்து மனிதனின் இரத்தம் நான்கு பெரும் பரிவுகளாக **A, B, AB** மற்றும் **O** என்று பிரிக்கப்படுகின்றது.

A இரத்த பிரிவு

நீங்கள் A இரத்தப் பிரிவைச் சேர்ந்தவராக இருக்கும் பொழுது உங்களின் இரத்த சிவப்பணு சவ்வின் புறப்பரப்பில் A உடற்காப்பு ஊக்கியும், பிளாஸ்மாவில் β உடற்காப்பு மூலமும் காணப்படும்.

B இரத்தப் பிரிவு

நீங்கள் இரத்தப் பிரிவை சார்ந்தவராக இருந்தால் உங்கள் இரத்த சிவப்பணு சவ்வின் புறப்பரப்பில் B உடற்காப்பு ஊக்கியும், பிளாஸ்மாவில் α உடற்காப்பு மூலமும் காணப்படும்.

AB இரத்தப் பிரிவு

நீங்கள் AB இரத்தப் பிரிவை சார்ந்தவராக இருந்தால் உங்களிடம் இரத்த சிவப்பணு புறப்பரப்பில் A B உடற்காப்பு ஊக்கி காணப்படும் ஆனால் பிளாஸ்மாவில் உடற்காப்பு மூலங்கள் (α மற்றும் β) இருப்பதில்லை.

O இரத்தப் பிரிவு

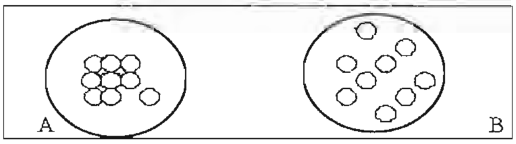
நீங்கள் O இரத்தப் பிரிவைச் சேர்ந்தவராக இருக்கும்பொழுதில் உங்களிடம் A, B உடற்காப்பு ஊக்கிகள் சிவப்பணு சவ்வின் புறப்பரப்பில் காணப்படுவது இல்லை. ஆனால் α மற்றும் β ஆகிய இரு உடற்காப்பு மூலங்களும் பிளாஸ்மாவில் காணப்படுகின்றது.

ரீசஸ் வகைகள் (Rhesus Types)

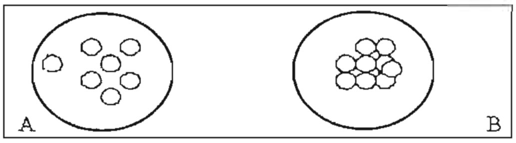
இவை இரத்த பிரிவுகளைச் சேர்ந்த உடற்காப்பு ஊக்கியைப் போன்றே இரத்தச் சிவப்பணு செல்களின் சவ்வில் காணப்படும் மூலக்கூறுகள் ஆகும். இவை ரீசஸ் எனப்படும் குரங்கு வகைகளில் முதல் முறையாக கண்டறியப்பட்டதால் இந்த உடற்காப்பு ஊக்கி ரீசஸ் உடற்காப்பு ஊக்கி என்றும் Rh காரணி என்றும் அழைக்கிறார்கள். பெரும்பாலான மனிதர்கள் (Rh Factor) 'ரீசஸ் பாஸிடிவ்' எனக் கருதப்படுகின்றனர். ஏனென்றால் இவர்களிடம் இந்த ரீசஸ் உடற்காப்பு ஊக்கி அவர்களின் இரத்த சிவப்பணு சவ்வில் காணப்படுவதே காரணமாகும். பொதுவாக 20 பேரில் 3 மனிதர்களுக்கு இந்த ரீசஸ் உடற்காப்பு ஊக்கி இருப்பதில்லை. இவர்கள் ரீசஸ் நெகடிவ் பிரிவைச் சேர்ந்தவர்களாகும்.

எவ்வாறு இரத்தத்தின் பிரிவு பரிசோதித்து அறியப்படுகிறது?

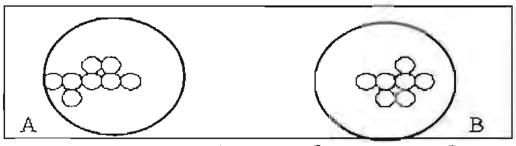
இரத்தப் பரிவு A மற்றும் B வகை உடற்காப்பு ஊக்கிகளுக்கு எதிரான உடற்காப்பு மூலம் தனித்தனியாக எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டு, அவற்றோடு அறியப்பட வேண்டிய இரத்தம் துளிகளாக சேர்க்கப்படுகிறது.



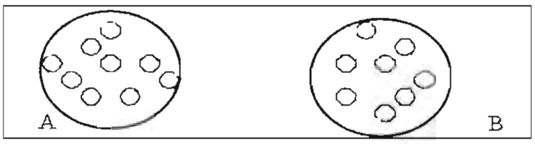
'A' உடற்காப்பு ஊக்கிக்கு எதிரான உடற்காப்பு மூலத்தோடு திரட்சி வினை - **'A'** பிரிவு இரத்தம்



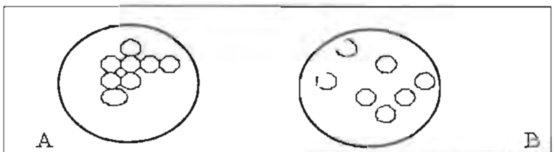
'B' உடற்காப்பு ஊக்கிக்கு எதிரான உடற்காப்பு மூலத்தோடு திரட்சி வினை - **'B'** பிரிவு இரத்தம்



'A' மற்றும்**'B'** உடற்காப்பு ஊக்கிகளுக்கு எதிரான உடற்காப்பு மூலங்களோடு திரட்சி வினை - **'AB'** பிரிவு இரத்தம்



'A' மற்றும்**'B'** ஆகிய இருவகைஉடற்காப்பு ஊக்கிகளுக்கு எதிரான உடற்காப்பு மூலங்களோடு திரட்சி வினைநிகழவில்லை **'O'** பிரிவு இரத்தம்



Rh உடற்காப்புஊக்கிக்கு எதிரான உடற்காப்பு மூலத்தோடு **(A)** இரத்தத்தில் திரட்சி வினை - **Rh** ஊக்கி இருக்கிறது **(Postitive)**
Rh உடற்காப்புஊக்கிக்கு எதிரான உடற்காப்பு மூலத்தோடு **(B)** பிரிவு இரத்தத்தில் திரட்சி வினை இல்லை - **Rh** ஊக்கி இல்லை **(Negative)**

திரட்சியானது A உடற்காப்பு ஊக்கியோடு உடற்காப்பு மூலத்தை சேர்த்த திரவத்தில் உண்டானால் A பிரிவு இரத்தம் என்றும் இதே போன்ற திரட்சி B உடற்காப்பு ஊக்கியின் உடற்காப்பு மூலத்தில் சேர்த்தபோது ஏற்பட்டால் B இரத்த வகை என்கிறார்கள். A, B இரண்டுவகை உடற்காப்பு மூலத்தோடும் திரட்சி வினை நிகழ்ந்திருந்தால் அது AB பிரிவு என்றும், இரண்டிலும் வினை நிகழவில்லை என்றால் O பிரிவைச் சார்ந்தவர் என்றும் அறிகின்றனர்.

இதே போன்று Rh உடற்காப்பு ஊக்கிக்கு எதிரான உடற்காப்பு மூலத்தை எடுத்துக் கொண்டு துளி இரத்தம் சேர்த்து அதில் திரட்சி உண்டாகி இருந்தால் Rh இருக்கிறது (Positive) என்றும் திரட்சி உண்டாகவில்லை என்றால் Rh (Negative) இல்லை என்றும் அழைக்கிறார்கள்.

இரத்தத்தின் பிரிவும் கருத்தரித்த நிலையும்

கர்ப்பம் அடைந்த பெண்களுக்கு இரத்தப் பிரிவுகளைப் பற்றிய சோதனை மிக அவசியமான ஒன்றாகின்றது. தாயின் இரத்தமானது Rh நெகடிவாக இருந்து சிசுவின் இரத்தம் Rh பாஸிட்டிவாக (Rh பாஸிடிவ் தந்தையிடம் இருந்து பெறப்பட்டது), இருக்கும்போது சில பிரச்சனைகள் உருவாகின்றது. சிசுவின் இரத்தம் தாயின் உடலினுள் சில காரணங்களால் செல்ல நேரிட்டால் தாயின் உடலில் எதிர்ப்பாற்றல் வினைகள் தூண்டப்படுகிறது. தாயின் எதிர்ப்பாற்றல் மண்டலம் Rh உடற்காப்பு ஊக்கிக்கு எதிரான உடற்காப்பு மூலத்தை உருவாக்குகின்றன. எப்பொழுது இந்த உடற்காப்பு மூலம் சிசுவின் உள் நுழைகின்றதோ, அப்போது சிசுவின் இரத்த சிவப்பணுக்கள் தாக்கப்படுகின்றன. இதனால் செயலாற்றல் பெற்ற இரத்த சிவப்பணுக்களின் எண்ணிக்கை சிசுவின் உடலில் குறையத் துவங்குகின்றன. இவற்றை ஈடு செய்ய செயலாற்றல் பெறாத முதிராத ப்ளாஸ்டு எனப்படும் உட்கரு கொண்ட சிவப்பணுக்கள் (சிவப்பணுவில் உட்கரு கிடையாது) இரத்தத்தில்

தென்பட ஆரம்பக்கின்றன. இதனையே எரித்ரோ பிளாஸ்டோசிஸ் பீடாலிஸ் என்கின்றனர் (எரித்ரோ = சிவப்பணு, பிளாஸ்டோ - உட்கரு கொண்ட, பீடாலிஸ் = சிசுவில் நடைபெறுகிறது). பொதுவாக, இதற்கு தகுந்த சிகிச்சை செய்து கொள்ளாவிடில், தாயின் முதல் கர்ப்பத்திற்குப் பிறகு எதிர்ப்பாற்றல் மண்டலம் தூண்டப்படுவதால், அதற்கு பின்வரும் கர்ப்ப நிலைகள் பிரச்சனைகளுக்குரியதாகின்றன. இத்தகு பாதிப்பிற்கு ஆளான சிசுக்கள், இரத்த சோகை, மஞ்சள் காமாலை மற்றும் மூளை வளர்ச்சியடையாத நிலைக்கு உட்படுத்தப் படுகிறார்கள்.

10.6.1.1 ABO இரத்தப் பிரிவுகளும் அவற்றைச் சார்ந்த உடற்காப்பு ஊக்கியும், இயற்கையில் உள்ள E h ØPõ¨ ¦ PÐ ® (Antigens and nutral antibodies of ABO blood groups)

ஐசோ ஆன்டிபாடிகள் (Iso Antibodies) எனப்படுபவை ஒரே இனத்தைச் சேர்ந்தவற்றில் காணப்படும் உடற்காப்பு மூலம். இத்தகு உடற்காப்பு மூலம் ஒருவரின் உடலில் உண்டாக்கப்பட்டு அதே இனத்தைச் சேர்ந்த மற்றொருவரில் உள்ள உடற்காப்பு ஊக்கியோடு வினைபுரிகின்றது. உதாரணமாக A உடற்காப்பு ஊக்கிக்கு எதிரான αவும், B உடற்காப்பு ஊக்கிக்கு எதிராக β (பீட்டா)வையும் கூறலாம். இந்த இரு உடற்காப்பு மூலம் இவ்வகை ஐசோ ஆன்டிபாடிஸ் ஆகும்.

ஐசோ ஆண்டிஜன் (Iso Antigen) எனப்படும் உடற்காப்பு ஊக்கி அதே இனத்தைச் சார்ந்த மரபணு ஒற்றுமை இல்லாத (Genetically Different) ஒருவரின் உடலில் எதிர்ப்பாற்றல் வினைகளைத் தூண்டும் தன்மையையுடையது.

இயற்கையில் காணப்படும் உடற்காப்பு மூலங்கள்

மனிதர்கள் தம் இரத்தப் பிரிவு அல்லாத வேறு இரத்த பிரிவைச் சார்ந்த உடற்காப்பு ஊக்கிகளுக்கு எதிராக உடற்காப்பு

மூலத்தை உருவாக்கி கொண்டுள்ளனர். இத்தகு உடற்காப்பு மூலங்கள் இயற்கையிலேயே உண்டாக்கப்படுவதால் இயற்கையில் காணப்படும் உடற்காப்பு மூலம் என்றும் ஐசோஅக்ளுடினின் என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. இவைகள் IgM, IgG மற்றும் IgA வகையை சார்ந்தவைகளாக உள்ளன. உடற்காப்பு மூலம் உருவாவது 3 மாத குழந்தையில் ஆரம்பித்து பருவமடைந்த நிலையில் (adult) உச்சநிலையை (Optimal Stage) அடைகிறது. பின் வயது அதிகரிக்க அதிகரிக்க இவை உருவாவது படிப்படியாக குறையத் துவங்குகின்றன. பொதுவாக B பிரிவைச் சார்ந்தவர்கள் A பிரிவைச் சார்ந்தவர்களை விட அதிகம் காணப்படுவதால் A உடற்காப்பு ஊக்கிக்கு எதிரான உடற்காப்பு மூலம் அதிகம் காணப்படுகிறது.

பயிற்சிகள்

I. சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடு.

a. T மற்றும் B ஞாபக செல்களின் செயல்கள் யாது?

(i) விழுங்குதல் (ii) இரண்டாவது நிலை எதிர்ப்பாற்றல் வினை அதிக அளவில் தூண்டப்படுகிறது (iii) முதல்நிலை எதிர்ப்பாற்றல் வினை, (iv) உடற்காப்பு மூலம் உண்டாவது தடுக்கப்படுகிறது.

b. எந்த உடற்காப்பு மூலம் (இமினோகுளோபுளின்கள்) பிளாசண்டாவை கடந்து செல்கிறது.

(i) IgA, (ii) IgE, (iii) IgM, (iv) IgG

c. IgM மூலக்கூறில் காணப்படும் கனத்த சங்கிலி எது?

(i) δ (ii) κ (iii) μ (iv) α

d. எயிட்ஸ் நோயில் மனித எதிர்ப்பாற்றலை குறைக்கும் வைரஸினால் பாதிக்கப்படும் செல் எது?

(i) மாஸ்ட் செல் (ii) T உதவி செல் (iii) T வினை ஒடுக்க செல், (iv) B ஞாபகச் செல்

e. ஹாப்டன்கள்

(i) குறைந்த எடையுள்ள மூலக்கூறாக இருப்பதால் உடற்காப்பு மூலத்தை உருவாக்க இயலாது.

(ii) அதிக எடையுள்ள மூலக்கூறுகளாக இருப்பதால் உடற்காப்பு மூலத்தை உண்டாக்குகின்றன.

(iii) இணைக்கப்படும் புரதங்களுக்கு (Carrier) எதிராக உருவாகும் எதிர்ப்பாற்றல் புரதம்

(iv) இவை நேரடியாக B செல்களைத் தூண்ட வல்லவை.

II. கோடிட்ட இடத்தை நிரப்புக.

a. மருத்துவமனைகளில் தங்கும்போது பெறப்படும் நோய் பாதிப்பு நிலையை ------------- என்று கூறுகிறார்கள்.

b. புற்றுநோய் செல்களை இனங்கண்டு அவற்றை அழிக்கும் செல் ---------------

c. நச்சுத் தன்மை கொண்ட T செல்கள் வைரஸால் பாதிக்கப்பட்ட செல்களுக்குள் செலுத்தும் பொருள்----------------- என்று அழைக்கப்படுகிறது.

d. அப்சோனைசேஷன் என்னும் வினையால் பாக்டீரியாக்களை மூடும் வினையாவது, காம்பளிமெண்டுகளின் ------------- என்னும் பகுதியால் செய்யப்படுகிறது.

e. Fab எனப்படும் உடற்காப்பு மூலப் பகுதியின் வேலையானது ----------------- ஆகும்

f. எரித்ரோ பளாஸ்டோசிஸ் பீடாலிஸ் என்னும் நிலை --------- உடற்காப்பு ஊக்கியால் ஏற்படுகிறது.

III. சரியா? தவறா?

(1) இயற்கை எதிர்ப்பாற்றலுக்குரிய செல்களும், பெறப்பட்ட எதிர்ப்பாற்றலுக்குரிய செல்களும் இணைந்து வினை புரிவதில்லை.

(2) லிம்போகைன்கள் என்னும் இடையீட்டான மூலக்கூறு T அழிக்கும் செல்லால் கட்டிகளை உருவாக்கும் செல்களை அழிப்பதற்காக வெளியிடப்படுகிறது.

(3) ஆப்சோனின்கள் விழுங்குதலை தடை செய்வதாகும்.

(4) பெறப்பட்ட எதிர்ப்பாற்றல் வினைகள் குறிப்பிட்டவைகளாக இல்லாது பொதுவாக உள்ளது

(5) இன்டெர்பெரான்கள் நோயால் பாதிக்கப்படும்போது காய்ச்சல் உண்டாகக்கூடிய சூழ்நிலை உருவாகிறது.

IV பொருத்துக

1.	ஒட்டிக் கொள்ளும் மூலக்கூறுகள்	-	உடற்காப்பு ஊக்கியை அழிக்கவல்ல செல்களால் வெளிப்படுத்தப்படுவது
2.	இரசாயன மூலக் கூறுகளால் ஈர்த் திழுக்கப்படுதல்	-	விழுங்கணுக்களைக் கவர்ந்திழுக்கின்றது
3.	MHC- II	-	அழற்சியைக் குறிக்கின்றது
4.	குப்பர் செல்கள்	-	தந்துகி சுவர்களில் ஒதுங்க (Margination) உதவுகின்றது.
5.	பாரின்ஜைடிஸ்	-	வலைப் பின்னலோடு கூடிய எண்டோதிலியல் அமைப்பு

செய்முறை

1. இரத்தம் சேகரித்தல்

நோக்கம்

இரத்தம் சேகரித்தல்.

இரத்தம்

எல்லா ஆய்வகங்களிலும், உடல் சம்பந்தப்பட்ட நோய்களைக் கண்டறிய, இரத்தம் ஒரு பொதுவான ஆய்வுப் பொருளாக கருதப்படுகிறது. இரத்தம் உடலிலிருந்து வெளியெடுக்கப்பட்ட சில நிமிடங்களிலேயே உறைந்து விடும். இரத்தம் சேகரிக்கும் போது இரத்தம் உறைதலைத் தடுக்கும் சில தடுப்பான்களை (Anticoagulant) உபயோகப்படுத்தினால் இரத்தம் உறைவது தவிர்க்கப்படும். இந்தத் தடுப்பான்களோடு சேகரிக்கப்படும் இரத்தம் 'முழு இரத்தம்' (Whole blood) எனப்படும். இவ்வகையான இரத்தம் நோய் தடுப்பியல் (Immunology) சம்மந்தப்பட்ட ஆய்வுகளுக்காக பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த தடுப்பான்கள் ஏதாவது ஒன்றைச் சேர்த்து சேகரிக்கப்படும் இரத்தம் மையவிலக்கு முறைக்கு உட்படுத்தப்பட்டால் மேலே தங்கும் திரவம் பிளாஸ்மா எனப்படும். தடுப்பான்கள் இல்லாமல் சேகரிக்கப்படும் இரத்தம் உறைந்த பிறகு மையவிலக்கு முறைக்கு உட்படுத்தப்பட்டால் மேலே தங்கும் திரவம் '' சீரம்'' (serum) எனப்படும். உறைந்த இரத்தம், இரத்த வகையை கண்டறியவும், இரத்த வங்கிகளின் (Blood Bank) ஆய்வகங்களுக்கும் தேவைப்படுகிறது. இருப்பினும் இரத்த தொகுதிகளை கண்டறிய எத்திலீன் டைஅமீன் டெட்ரா அசிடிக் அமிலம் (EDTA) (உறைதல் தடுப்பான்) சேர்க்கப்பட்ட இரத்தத்தை பயன்படுத்த முடியும்.

உறைதல் தடுப்பான்கள்

இவை உறைதலை தவிர்கின்றன. இரத்தம் உறைதலைத் தடுக்கும் தடுப்பான்களாக பின்வரும் வேதிப் பொருட்கள் உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றன.

1. எத்திலின் டை அமின் டெட்ரா அசிடிக் அமிலம்
2. ஹெப்பாரின் (Heparin)
3. சோடியம் சிட்ரேட்
4. சோடியம் புளோரைடு
5. பொட்டாசியம் ஆக்ஸலேட் முதலியன

2. உயிர் வேதியியல் தயாரிப்புகள்

2.1 உருளைக் கிழங்கிலிருந்து ஸ்டார்ச் தயாரித்தல்

நோக்கம்

கொடுக்கப்பட்டுள்ள உருளைக் கிழங்கிலிருந்து ஸ்டார்ச் தயாரிப்பது.

தேவையான பொருட்கள்

1. பச்சை உருளைக் கிழங்குகள்
2. மெல்லிய மஸ்லின் துணி

செய்முறை

100 கிராம் பச்சை உருளைக் கிழங்குகளை எடுத்து சுத்தம் செய்து தோல் நீக்க வேண்டும். பிறகு சிறு சிறு துண்டுகளாக வெட்டி, துண்டுகளை மிக்ஸியில் போட்டு நன்றாக அரைக்க வேண்டும். அரைக்கும் போது போதிய அளவு நீர் சேர்த்துக் கொள்ளவேண்டும். அரைக்கப்பட்ட கலவையை ஒரு கண்ணாடி பீக்கரில் (Beaker) சேகரித்து எடுக்க வேண்டும். மேலே தங்கும் வழவழப்பான

பொருளை நீக்கி விட்டு, மீதமுள்ள கலவையை இரண்டு மடிப்பாக உள்ள மஸ்லின் துணியால் வடிகட்ட வேண்டும். வடிகட்டிய கரைசலை அப்படியே ஒருமணி நேரம் வைக்க வேண்டும். மேலே உள்ள திரவத்தை நீக்கி விட்டு கீழே தங்கியுள்ள ஸ்டார்ச்சை மறுபடியும் நீர் கொண்டு சுத்தம் செய்ய வேண்டும். நீரை முழுவதுமாக நீக்கி விட்டு, காற்றில் உலர்த்த வேண்டும். பின்னர் ஸ்டார்ச்சின் எடையை துல்லியமாக அளக்க வேண்டும்.

கணக்கீடு

உருளைக் கிழங்கின் எடை	=	100 கி
ஸ்டார்ச்சின் எடை	=	X கி
∴ 100 கிராம் உருளைக் கிழங்கில் உள்ள ஸ்டார்ச்சின் எடை	=	X கி

முடிவு

கொடுக்கப்பட்ட உருளைக் கிழங்கில் உள்ள ஸ்டார்ச்சின் அளவு = ------------- கி/100 கி.

2.2 பாலில் இருந்து கேசின் தயாரித்தல்

நோக்கம்

பாலில் இருந்து கேசின் தயாரிப்பது

தத்துவம்

கேசின் என்பது பாலில் உள்ள ஒரு முக்கியப் புரதமாகும். இது ஒரு லிட்டர் பாலில் 30 கி முதல் 40 கி வரை உள்ளது. இந்தப்

புரதத்தில் பாஸ்பரஸ் அடங்கியுள்ளது. கேசினின் ஐசோ எலக்ட்ரிக் pH 4.8ல், கேசின் வீழ்படிவாக்கப்பட்டு பிரிக்கப்படுகிறது. கேசின் எத்தனால் மற்றும் ஈதர் ஆகிய கரிம திரவங்களில் கரையாத தன்மை கொண்டது. எனவே பிரித்தெடுக்கப்பட்ட கேசினில் உள்ள கொழுப்புப் பொருட்கள், இந்த திரவங்களைக் கொண்டு நீக்கப்படுகின்றன.

தேவையான பொருட்கள்

1. பால் - 100 மி.லி
2. சோடியம் அசிடேட் தாங்கல் கரைசல் 0.2M, pH 4.8
3. எத்தில் ஆல்கஹால் (Ethanol)
4. ஈதர்
5. மெல்லிய மஸ்லின் துணி

செய்முறை

100 மி.லி அளவு பாலை, 500 மி.லி கனஅளவு கொண்ட பீக்கரில் எடுத்துக் கொண்டு அதனை 40°C ல் சூடு செய்ய வேண்டும். மற்றோரு பீக்கரில் 100 மி.லி அளவு அசிட்டேட் கரைசலை சூடு செய்ய வேண்டும். அசிட்டேட் கரைசலை மெதுவாக (சிறதுசிறிதாக) பாலில் சேர்த்து தொடர்ச்சியாக கலக்க வேண்டும். பீக்கரில் உள்ள கலவையின் pHஐ அசிடேட் கரைசல் கொண்டு 4.8 க்கு கொண்டு வரவேண்டும் இதனை pH பேப்பரை கொண்டும் சரிபார்க்கலாம். கலவையின் வெப்பநிலை அறையின் வெப்பநிலைக்கு வரும் வரை 10 நிமிடம் முதல் 15 நிமிடம் வரை அப்படியே வைக்க வேண்டும்.

பின்னர், கலவையை சுத்தமான மஸ்லின் துணியின் வழியாக வடிகட்ட வேண்டும். வீழ்படிவை நீரினால் சுத்தம் செய்து, மற்றொரு பீக்கரில் சேகரித்து வைத்துக் கொள்ள வேண்டும் அதில் 30 மி.லி எத்தனால் சேர்த்துக் கலக்க வேண்டும். கலவையை மறுபடியும்

வடிகட்ட வேண்டும். இதுபோல எத்தனால் கொண்டு இரண்டு முறையும், ஈதர் கொண்டு ஒரு முறையும் வீழ்படிவை சுத்தம் செய்ய வேண்டும். பின்னர் கலவையை வடிகட்டிக் காகிதத்தில் பரப்பி காற்றில் உலர்த்த வேண்டும். நன்றாக உலர்த்தப்பட்ட கேசின் எடையை துல்லியமாக அளக்க வேண்டும்.

கணக்கீடு

எடுத்துக் கொள்ளப்பட்ட பாலின் கன அளவு	= 100 மி.லி
கேசினின் எடை அளவு	= X கி
100 மி.லி பாலில் உள்ள கேசினின் அளவு	= X கி
சதவிகித அளவு = 100 x X / 100 கி	= Y கி

முடிவு

கொடுக்கப்பட்ட 100 மிலி பாலில் உள்ள கேசினின் (புரதத்தின்) அளவு = ---------- Y கி.

3. ஒளிமின் நிறமானியில் அளவிடுதல்

3.1 ஒளிமின் நிறமானியில் புரதத்தின் அளவை கணக்கிடுதல் - பையூரட் முறை

நோக்கம்

கொடுக்கப்பட்ட பிளாஸ்மாவில் உள்ள புரதத்தின் அளவை ஒளிமின் நிறமானி கொண்டு கணக்கிடுதல்.

தத்துவம்

புரதத்தின் அடுத்தடுத்துள்ள இரண்டு பெப்டைடு பிணைப்புகள் காரத் தன்மையோடு கூடிய காப்பர் அயனிகளோடு

வினை புரியும் போது ஊதா நிற கூட்டுச்சேர்மங்கள் உருவாகின்றன. இவற்றின் நிறச் செறிவை 540 நானோ மீட்டரில் கணக்கிடலாம். எல்லா புரதங்களும் பெப்டைடு பிணைப்புகளை கொண்டவை. ஆதலால், இந்த ஆய்வு புரதத்தை கணக்கிட மட்டுமே உபயோகப்படுத்தப்படுவதாகும்.

தேவையான வினைப் பொருட்கள்

1. பையூரட் ஸ்டாக் கரைசல்

45 கிராம் சோடியம் பொட்டாசியம் டார்டரேட்டை 0.2N திறன் கொண்ட, 400 மி.லி சோடியம் ஹைட்ராக்சைடில் கரைத்து, பின் 15 கி காப்பர் சல்பேட்டை சேர்க்க வேண்டும். காப்பர் சல்பேட் ஒன்றாக கரையும் வரையில் கலக்கவும், 5 கிராம் பொட்டாசியம் அயோடைடு உப்பு சேர்த்து 0.2N திறன் கொண்ட சோடியம் ஹைட்ராக்சைடு கரைசலைக் கொண்டு ஒரு லிட்டர் அளவிற்கு கொண்டு வரவேண்டும்.

2. உபயோகத்திற்கான பையூரட் கரைசல்

200 மி.லி பையூரட் ஸ்டாக் கரைசலை, ஒரு லிட்டருக்கு 5 கி பொட்டாசியம் அயோடைடைக் கொண்டுள்ள 0.2N திறன் கொண்ட சோடியம் ஹைட்ராக்சைடு கரைசல் கொண்டு, ஒரு லிட்டர் அளவாக நீர்க்க வேண்டும்.

3. ஸ்டாக் புரதம் திட்டக் கரைசல்

1 கிராம் முட்டை ஆல்புமினை (egg albumin) மிகச் சரியாக எடை அறிந்து எடுக்க வேண்டும். பின்னர் அதை 100 மி.லி கனஅளவு குடுவையில் சேர்த்து வாலை வடிநீரில் கரைக்கவும். குறிக்கப்பட்டுள்ள அளவு வரும் வரை வாலைவடி நீரால் நிரப்ப வேண்டும்.

புரதத்தின் செறிவு - 10 மி.கி / மி.லி.

4. உபயோகத்திற்கான திட்டக் கரைசல்

10 மி.லி ஸ்டாக் திட்டக் கரைசலை 100 மி.லி கனஅளவு குடுவையில் எடுத்துக் கொண்டு அதில் குறிக்கப்பட்டள்ள அளவு வரும் வரை வாலை வடிநீரால் நிரப்ப வேண்டும்.

புரதத்தின் செறிவு = 1 மி.கி / மி.லி.

செய்முறை

புரதத்தை அளவிடல்

5 சோதனைக் குழாய்களில் (S1-S5) 0.5 மி.லி முதல் 2.5 மி.லி வரை தனித்தனியாக, உபயோகத்திற்கான திட்டக் கரைசலை எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். இந்த கரைசல்களில் உள்ள புரதத்தின் செறிவு 0.5 மி.கி முதல் 2.5 மி.கி. வரை இருக்கிறது மற்றும் இரண்டு சோதனைக் குழாய்களில் (T_1 & T_2) 0.1 மி.லி பிளாஸ்மாவை எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். வாலை வடிநீர் கொண்டு அனைத்து சோதனைக் குழாய்களில் உள்ள கரைசலின் கனஅளவை 5 மி.லிக்கு கொண்டு வரவேண்டும். 5மிலி வாலை வடிநீர் ஒரு சோதனைக் குழாயில் எடுத்துக் கொண்டு சுழிக் கரைசலாக வைக்கப்படுகிறது.

பிறகு 3 மி.லி அளவு, உபயோகத்திற்கான பையூரட் கரைசலை அனைத்து ஆய்வுக் குழாய்களிலும் (சுழிக் கரைசல் உட்பட) சேர்த்து நன்றாக கலக்க வேண்டும். சோதனைக் குழாய்களை அப்படியே அறையின் வெப்ப நிலையில் 10 நிமிட நேரம் வைத்து கரைசலின் நிறச் செறிவை 540 நானோ மீட்டரில் அளக்க வேண்டும்.

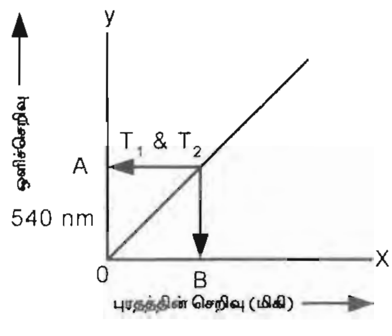
X அச்சில் புரதத்தின் செறிவையும் Y அச்சில் ஒளிச்செறிவையும் குறித்து, ஒரு வரைபடத்தினை உருவாக்க வேண்டும். இதிலிருந்து கொடுக்கப்பட்ட பிளாஸ்மாவில் உள்ள புரதத்தின் அளவை கணக்கிட வேண்டும்.

புரதத்தை அளவிடுவதற்கான புரோட்டாகால் (Protocol)

வரிசை எண்.	தேவையான வினைப் பொருட்கள்	சுழிக் கரைசல்	திட்டக்கரைசல்					பிளாஸ்மா	
			S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	T_1	T_2
1.	புரதத்தின் திட்டக் கரைசலின் கன அளவு (மி.லி)	-	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	-	-
2.	புரதத்தின் செறிவு (மி.கி)	-	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	-	-
3.	பிளாஸ்மாவின் கனஅளவு (மி.கி)	-	-	-	-	-	-	0.1	0.1
4.	வாலை வடிநீரின் கனஅளவு (மி.கி)	5	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	4.9	4.9
5.	பையூரட் காரணியின் கனஅளவு (மி.லி)	3	3	3	3	3	3	3	3
6.	மறைதிறன் (540 nm)								

வரைபடம்

வரைபடத்தில் காட்டியுள்ளபடி சோதனைக் குழாய்களின் T_1 & T_2 மறைதிறன் "A" என்றும் அதனுள் இருக்கும் புரதத்தின் செறிவு "B" என்றும் கொள்ளவும்.



கணக்கீடு

T_1 & T_2 சோதனைக் குழாய்களின் மறைதிறன் Aற்கு நிகராக உள்ள புரதத்தின் அளவு = B மி.கி.

0.1 மி.லி பிளாஸ்மாவில் உள்ள புரதத்தின் அளவு = B மி.கி.

100 மி.லி பிளாஸ்மாவில் உள்ள புரதத்தின் அளவு = $\frac{100 \times B}{0.1}$

= Z மி.கி. புரதம்

முடிவு

கொடுக்கப்பட்ட 100 மி.லி பிளாஸ்மாவில் உள்ள புரதத்தின் எடை = Z மி.கி.

3.2 குளுக்கோஸை அளவிடல் - ஆர்த்தோ டொலுடின் முறை

நோக்கம்

கொடுக்கப்பட்ட இரத்தத்தில் உள்ள குளுக்கோஸின் அளவை கணக்கிடுதல்

தத்துவம்

அசிட்டிக் அமிலத்தோடு கூடிய ஆர்த்தோ டொலுடின் கரைசல், குளுக்கோஸோடு வினைபுரிந்து நீலநிற விளைபொருளை உண்டாக்குகிறது. இவற்றின் நிறச் செறிவை 640nmல் ஒளி மின் நிறமானி கொண்டு அளக்கலாம். இவ்வாறு உருவாகும் சேர்மங்களின் நிறச்செறிவு இரத்தத்தில் உள்ள குளுக்கோஸின் உண்மையான அளவாகும்.

தேவையான வினைப் பொருட்கள்

1. குளுக்கோஸ் ஸ்டாக் திட்டக் கரைசல்

100 மி.கி. குளுக்கோஸ் மிகச் சரியாக எடை அறிந்து, 100 மி.லி திட்டக் குடுவையில் வாலைவடிநீர்க் கொண்டு கரைக்க வேண்டும். பிறகு அதில் குறிப்பிட்டுள்ள அளவு வரும் வரை வாலை வடிநீரால் நிரப்ப வேண்டும்.

குளுக்கோஸின் செறிவு = 1மி.கி. / மி.லி.

2. உபயோகத்திற்கான குளுக்கோஸ் திட்டக் கரைசல்

10 மி.லி ஸ்டாக் திட்டக் கரைசலை 100 மி.லி வாலை வடிநீரால் நிரப்ப வேண்டும்.

குளுக்கோஸின் செறிவு = 100 மைக்ரோ கிராம் (μg) / மி.லி.

3. ஆர்த்தோ டொலுடின் வினை பொருள்

12.5 கி தயோ யூரியாவையும், 12கி போரிக் அமிலத்தையும், 50 மி.லி வாலை வடிநீர் சேர்த்து மிதமான சூட்டில் கரைக்க வேண்டும். இதில் மீண்டும் காய்ச்சி வடித்த 75 மி.லி ஆர்த்தோ டொலுடின் திரவத்தையும் 375 மி.லி அசிட்டிக் அமிலத்தையும் கலந்த கலவையை சேர்க்க வேண்டும். இந்தக் கரைசலை நன்கு கலந்து 500 மி.லி அளவுக் குடுவையியில் அசிட்டிக் அமிலத்தினால் நிரப்ப வேண்டும் இந்தக் கலவையை ஒரு நாள் முழுவதும் குளிர்சாதனப் பெட்டியில் 4°C வெப்பநிலையில் வைக்க வேண்டும்.

4. இரத்தத்தை பதனிடுதல் (Processing - Preparation of Blood Sample)

0.2 மி.லி இரத்தத்தை ஒரு மைய விலக்கு சோதனைக் குழாயில் எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். இதில் 0.3 மிலி 10%

சோடியம் டங்ஸ்டேட் கரைசல், 0.3 மி.லி. 2/3N கொண்ட கந்தக அமிலம் மற்றும் 3.2 மி.லி வாலை வடிநீர் ஆகியவற்றை சேர்க்க வேண்டும். 10 நிமிடத்திற்குப் பின் கலவையை (3000 rpm) வேகத்தில் மைய விலக்குதல் விசைக்கு (Centrifugation) உட்படுத்த வேண்டும். 1 மி.லி அளவு மேல் திரவத்தை (Supernatant)பிரித்தெடுத்து அதில் குளுக்கோஸ் அளவை கணக்கிட வேண்டும்.

செய்முறை

குளுக்கோஸின் அளவை அறிதல்

S_1 - S_5 என்று குறியிடப்பட்ட ஐந்து சோதனைக் குழாய்களில் 0.2 மி.லி - 1.0 மி.லி குளுக்கோஸ் திட்டக் கரைசலை எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். இந்த சோதனைக் குழாய்களில் உள்ள குளுகோஸின் அளவு முறையே 20 மைக்ரோகிராம் முதல் 100 மைக்ரோ கிராம் வரையாகும். மேலும் இரண்டு சோதனைக் குழாய்களில் (T1 & T2) 1 மி.லி மேல் திரவத்தை (பதப்படுத்திய இரத்தத்தில்) எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். S_1 - S_5 சோதனைக் குழாய்களில் உள்ள கலவையின் கன அளவை, வாலை வடிநீர் கொண்டு 1 மி.லி அளவுக்கு கொண்டு வர வேண்டும். 1 மி.லி வாலை வடிநீர் மட்டும் கொண்ட சோதனைக் குழாய், சுழிக் கரைசலுக்காக எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது.

பிறகு அனைத்து சோதனைக் குழாய்களிலும் 4 மி.லி ஆர்த்தோ டொலுடின் கரைசலைச் சேர்த்து 20 நிமிட நேரம் கொதிக்கும் நீர் கொண்ட பாத்திரத்தில் வைக்க வேண்டும். குளிர்ந்த பின், சோதனைக் குழாய்களில் உருவாகும் நீல நிறச் சேர்மங்களின் நிறச் செறிவை 640 nmல் ஒளிமின் நிறமானியில் அளக்க வேண்டும்.

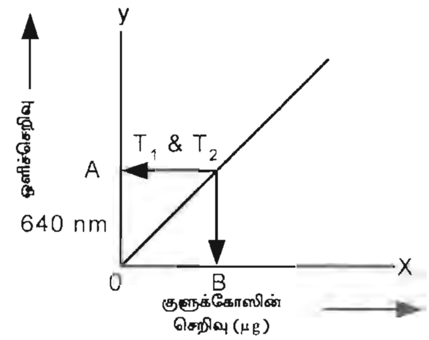
திட்டக் குளுக்கோஸின் செறிவு (X அச்சு) மற்றும் ஒளிச் செறிவு (Y அச்சு) ஆகியவற்றைக் கொண்டு ஒரு வரைபடத்தை உருவாக்க வேண்டும். இந்த வரைபடத்தைக் கொண்டு இரத்தத்தில் உள்ள குளுக்கோஸின் அளவு நிர்ணயிக்கப்படுகிறது.

குளுக்கோஸை அளவிடுவதற்கான புரோட்டோகால் (Protocol)

வரிசை எண்.	தேவையான வினைப் பொருட்கள்	சுழிக் கரைசல்	திட்டக்கரைசல்					பிளாஸ்மா அல்லது பதப்படுத்தப்பட்ட இரத்தம்	
			S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	T_1	T_2
1.	குளுக்கோஸ் திட்டக் கரைசலின் கனஅளவு (மி.லி)	-	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	-	-
2.	குளுக்கோஸின் செறிவு (மைக்ரோ கிராம்)	-	20	40	60	80	100	-	-
3.	பதப்படுத்தப்பட்ட இரத்தம் (அ) மேல் திரவம் (மி.லி)	-	-	-	-	-	-	1.0	1.0
4.	வாலை வடிநீரின் கனஅளவு (மி.லி)	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	-	-	-
5.	ஆர்த்தோ டொலுடின் கரைசலின் கனஅளவு (மி.லி)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
சோதனைக் குழாய்களின் கரைசல்கள் கொதிக்கும் நீரில் 20 நிமிடங்கள் வைக்கப்பட வேண்டும்									
6.	640nmல் ஒளிச்செறிவு								

வரைபடம்

வரைபடத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள படி சோதனைக் குழாய்களின் T_1 & T_2 ஒளிச்செறிவு "A" என்றும் அதனுள் இருக்கும் குளுக்கோஸின் செறிவு "B" என்றும் கொள்ளவும்.



கணக்கீடு

T_1 & T_2 ஆகிய சோதனைக் குழாய்களில் மறைதிறன் Xற்கு நிகரான குளுக்கோஸின் செறிவு B மைக்ரோகிராம்

1 மி.லி பதப்படுத்தப்பட்ட இரத்தத்தில்
உள்ள குளுக்கோஸின் அளவு = B மைக்ரோகிராம்
4 மி.லி பதப்படுத்தப்பட்ட இரத்தத்தில்
உள்ள குளுக்கோஸின் அளவு = B × 4 = Z மைக்ரோகிராம்.
0.2 மி.லி இரத்தத்தில் (Whole blood)
உள்ள குளுக்கோஸின் செறிவு = Z மைக்ரோ கிராம்

$$= \frac{100 \times Z}{0.2}$$

(1 மிகி = 1000 மைக்ரோ கிராம்)

100 மி.லி இரத்தத்தில் உள்ள
குளுக்கோஸின் செறிவு = C மி.கி.
100 மி.லி. இரத்தத்தில் உள்ள குளுக்கோஸின் செறிவு C மி.கி.

முடிவு

கொடுக்கப்பட்ட 100 மி.லி இரத்தத்தில் உள்ள குளுக்கோஸின் அளவு = -------------- மி.கி

4. கால்சியத்தின் அளவை அறிதல் - தரம் பார்த்தல் முறை

நோக்கம்

கொடுக்கப்பட்ட சீரத்தில் உள்ள கால்சியத்தின் செறிவை நிர்ணயித்தல்.

தத்துவம்

சீரத்தில் உள்ள கால்சியம், அம்மோனியம் ஆக்ஸலேட்டோடு வினைபுரிந்து கால்சியம் ஆக்ஸலேட்டாக வீழ்படிவாக்கப்படுகிறது. இந்த வீழ்படிவில் உள்ள குளோரைடு அயனிகள், அம்மோனியா கரைசலைக் கொண்டு நீக்கப்படுகின்றன. பின் கால்சியம் ஆக்ஸலேட் வீழ்படிவு 1N கொண்ட கந்தக அமிலத்தோடு வினைப்படுத்தப்படுகிறது. இதனால் உருவாகும் ஆக்ஸாலிக் அமிலம் திட்ட பொட்டாசியம் பெர்மாங்கனேட் கரைசலால் தரம் பார்க்கப்படுகிறது. ஆக்ஸாலிக் அமிலத்தின் செறிவு, சீரத்தில் உள்ள கால்சியம் செறிவுக்கு சமம்.

வினைப் பொருட்கள்

1. 4% அம்மோனியம் ஆக்ஸலேட் கரைசல்

4கி அம்மோனியம் ஆக்ஸலேட் உப்பை 100 மி.லி வாலை வடிநீரில் கரைக்க வேண்டும்.

2. 2% அம்மோனியா திரவம்

2 மிலி அம்மோனியா 100 மிலி கனஅளவுக்கு நீர் கொண்டு நீர்த்தல் செய்யப்படுகிறது.

3. 0.1N பொட்டாசியம் பெர்மாங்கனேட் கரைசல்

3.16 கி பொட்டாசியம் பெர்மாங்கனேட்டை மிகச் சரியாக எடை அறிந்து வாலை வடிநீரில் கரைத்து, 1 லிட்டர் அளவுக்கு கொண்டு வர வேண்டும். இந்த கரைசலின் திறன் 0.1N.

4. **திட்ட ஆக்ஸாலிக் அமில கரைசல் : (0.1N)**

630 மி.கி. ஆக்ஸாலிக் அமிலத்தை மிகச்சரியாக எடை அறிந்து, 100 மி.லி கனஅளவு குடுவையில் இட்டு வாலை வடிநீர் சிறிதளவு சேர்த்து கரைக்க வேண்டும்.

5. 1N கந்தக அமிலம் (1 N Sulphuric acid)

செய்முறை

தரம் பார்த்தல் - I

பொட்டாசியம் பெர்மாங்கனேட்டின் திறன் அறிதல்

10 மி.லி 0.1N ஆக்ஸாலிக் அமிலத்தை ஒரு சுத்தமான கூம்புக் குடுவையில் எடுத்துக் கொண்டு, அதில் 10 மி.லி. 1N கந்தக அமிலத்தை சேர்க்க வேண்டும். அந்த கலவையை 60°Cற்கு சூடாக்க வேண்டும். பியூரெட்டை பொட்டாசியம் பர்மாங்கனேட்டினால் கழுவிய பின்பு அதே கரைசலால் நிரப்ப வேண்டும். சூடாக்கிய கூம்புக் குடுவையில் உள்ள கலவையை, பொட்டாசியம் பர்மாங்கனேட்டுடன் தரம் பார்க்க வேண்டும். நிலையான இளம் சிவப்பு நிறம் தோன்றுதல் தரம் பார்த்தலின் இறுதி நிலையாகும்.

பியூரெட்டில் உள்ள பொட்டாசியம் பெர்மாங்கனேட்டின் கனஅளவை குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். ஒத்த அளவீடு வரும் வரை தரம் பார்த்தலை தொடர்ந்து செய்ய வேண்டும்.

தரம் பார்த்தல் - II

கால்சியம் ஆக்ஸலேட் வீழ்ப்படிவை உருவாக்குதல்

2 மி.லி சீரத்தை ஒரு மைய விலக்குக் குழாயில் (Centrifuge tube) எடுத்துக் கொண்டு அதில் 1.0 மி.லி 4% அம்மோனியம்

ஆக்ஸலேட் கரைசல் மற்றும் 2 மி.லி வாலைவடிநீர் சேர்த்து ஒன்றாக கலக்க வேண்டும். கலவை 4°C ல் 12 மணி நேரம் வைக்க வேண்டும். இதனால் இரத்தத்தில் உள்ள கால்சியம் முழுவதும் கால்சியம் ஆக்ஸலேட்டாக வீழ்படிவாக்கப்படுகிறது. மையவிலக்கு இயந்திரம் (centrifuge) மூலம் வீழ்படிவு பிரிக்கப்பட்டு, பிறகு 3 மி.லி அம்மோனியா திரவத்தைக் கொண்டு வீழ்படிவில் உள்ள குளோரைடு அயனிகள் நீக்கப்பட வேண்டும். 2% அம்மோனியா திரவத்தை மூன்று நான்கு முறைகள் உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது. பிறகு மேல் திரவத்தை கவனமாக நீக்கி விட்டு கீழேயுள்ள வீழ்படிவை 10 மி.லி கந்தக அமிலத்தைச் (1.0N திறன்) சேர்த்து சூடாக்க வேண்டும். பின் திறனறிந்த பொட்டாசியம் பெர்மாங்கனேட்டுடன் தரம் பார்க்க வேண்டும். நிலையான இளம் சிவப்பு நிறம் தோன்றுதல் தரம் பார்த்தலின் இறுதி நிலையாகும். ஒத்த அளவு வரும் வரை தரம் பார்த்தலை தொடர வேண்டும்.

10 மி.லி 1N கந்தக அமிலம் சுழிக் கரைசலாக பயன்படுத்தப்பட்டு பொட்டாசியம் பெர்மாங்கனேட்டிற்கு எதிராக தரம் பார்க்கப்படுகிறது.

தரம் பார்த்தல் - I

பொட்டாசியம் பர்மாங்கனேட்டின் திறனறிதல் திட்ட ஆக்ஸாலிக் அமிலத்தை பொட்டாசியம் பெர்மாங்கனேட்டிற்கு எதிராக தரம் பார்த்தல்.

வரிசை எண்.	திட்ட ஆக்ஸாலிக் அமிலத்தின் கன அளவு (மி.லி) V_1	பியூரேட் அளவுகள் (மி.லி)		பொட்டாசியம் பர்மாங்கனேட் கரைசலின் கன அளவு V_2	நிலைக் காட்டி
		ஆரம்பம்	இறுதி		
1.	10	0	X	X	சுய நிலைக் காட்டி
2.	10	0	X		

கணக்கீடு

திட்ட ஆக்ஸாலிக் அமிலத்தின் கனஅளவு	V_1	=	10 ml
திட்ட ஆக்ஸாலிக் அமிலத்தின் திறன்	N_1	=	0.1 N
பொட்டாசியம் பெர்மாங்கனேட்டின கனஅளவு	V_2	=	X ml
பொட்டாசியம் பெர்மாங்கனேட்டின் திறன்	N_2	=	?

$$= \frac{V_1 N_1 / V_2}{} = N_2$$

$$= \frac{10 \times 0.1}{X} = YN$$

தரம் பார்த்தல் 2

கால்சியம் ஆக்ஸலேட்டிலிருந்து வெளிவிடப்பட்ட ஆக்ஸாலிக் அமிலத்தை திறனறிந்த பொட்டாசியம் பெர்மாங்கனேட் கரைசலுக்கு எதிராக தரம் பார்த்தல்

வரிசை எண்.	(சீரம்) ஆக்ஸாலிக் அமிலத்தின் கன அளவு (மி.லி) V_1	பியூரேட் அளவுகள் (மி.லி)		பொட்டாசியம் பர்மாங்கனேட் கரைசலின் கனஅளவு V_2	நிலைக் காட்டி
		ஆரம்பம்	இறுதி		
1.	(சீரம்) கால்சியம் ஆக்ஸலேட்டிலிருந்து வெளிவந்த ஆக்ஸாலிக் அமிலம் + 20 மி.லி கந்தக அமிலம்	0	X_2	$\frac{(X_2 - X_3)\,X_1}{X_1}$	சுயநிலைக் காட்டி
2.	20 மி.லி கந்தக அமிலம் கழிக்கரைசல்	0	X_3		

கணக்கீடு

இரத்தத்தில் உள்ள கால்சியத்தின் அளவைக் கணக்கிட கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டை உபயோகப்படுத்தலாம்.

1 மி.லி, 0.1 N திறன் கொண்ட பொட்டாசியம் பொர்மாங்கனேட் கரைசல் 0.2 மி.கி. கால்சியத்திற்கு சமமானது

∴ X_3 மி.லி, YN திறன் கொண்ட பொட்டாசியம் பெர்மாங்கனேட்

$$\frac{0.2 \times X_3 \times Y}{1 \times 0.1} = Y \text{ மி.கி. கால்சியம்}$$

2 மி.லி சீரத்தில் உள்ள கால்சியத்தின் செறிவு = Y மி.கி.

∴ 100 மி.லி சீரத்தில் உள்ள கால்சியத்தின் செறிவு = $\frac{Y \times 100}{2.0}$

= A மி.கி. கால்சியம்

முடிவு

கொடுக்கப்பட்ட 100 மி.லி சீரத்தில் உள்ள கால்சியத்தின் அளவு = A மி.கி.

5. இரத்தத்தின் வகைளை அறிதல்

நோக்கம்

கொடுக்கப்பட்ட இரத்தத்தின் வகையை கண்டுபிடித்தல்.

தத்துவம்

இந்த ஆய்வு சிவப்பணுக்களின் மேல் உள்ள ஆன்டிஜன்களும், அதற்குப் பொருத்தமான சீரத்தில் உள்ள

ஆன்டிபாடிகளும் வினை புரிவதால் உண்டாகும் ஆன்ட்டிஜன் - ஆன்டிபாடி கூட்டுச் சேர்மங்களைப் பொருத்து அமைகிறது.

உபகரணங்களும் வினைப் பொருட்களும்

1. ஆன்டி A
2. ஆன்டி B
3. ஆன்டி D
4. சுத்தமான லான்செட்
5. வெள்ளை சலவைக் கல்லாலான படிகம் (tile)
6. கலக்குவதற்காக குச்சிகள்
7. ஆல்கஹால்

செய்முறை

சுத்தமான ஒரு வெள்ளைப் படிகத்தை எடுத்து அதை நான்கு சதுர சம பாகங்களாக பென்சிலால் வரைந்து கோடிட வேண்டும். நான்கு பாகங்களிலும் A, B, C, D என்று பெயரிட வேண்டும்.

இரத்த வகை அறிவதற்காக வந்திருக்கும் நபரின் இடது கை நடுவிரலின் உச்சி பாகத்தை ஆல்கஹால் கொண்டு சுத்தம் செய்ய வேண்டும். பின்னர் அதிகப்படியான ஆல்கஹாலை சுத்தமான பஞ்சு கொண்டு துடைத்து எடுக்க வேண்டும்.

படிகத்தில் A என்று குறிக்கப்பட்ட பகுதியில் ஒரு துளி ஆன்டி A யையும், B என்று குறிக்கப்பட்ட பகுதியில் ஆன்டி Bயையும், D என்று குறிக்கப்பட்ட பகுதியில் ஆன்டி Dயையும் வைக்க வேண்டும். C பகுதி கண்டறியப்பட்ட இரத்த வகையை உறுதி செய்ய பயன்படுத்தப்படுகிறது. சுத்தம் செய்யப்பட்ட விரலின் நுனியில் லான்செட் கொண்டு சிறிய காயத்தை (Prick) உண்டாக்க வேண்டும். வெளிவரும் முதல் துளி இரத்தத்தை பஞ்சு கொண்டு துடைத்து எடுத்துவிட வேண்டும். அடுத்து வெளிவரும் இரத்தத் துளிகளை ஒவ்வொரு துளியாக A, B, D என்று குறிக்கப்பட்ட பகுதிகளில், ஏற்கனவே வைக்கப்பட்ட துளிகளுக்கு வெகு அருகாமையில் வைக்க வேண்டும். பின்னர் ஒவ்வொரு பகுதிக்கும் தனியாக குச்சிகளை பயன்படுத்தி இரண்டு துளிகளையும் நன்றாக கலக்க வேண்டும். அவ்வாறு கலக்கும் போது திரிதல் (Agglutination) உண்டாகிறதா என்பதை கவனிக்க வேண்டும்.

A பகுதியில் திரிதல் உண்டானால் இரத்தம் A வகையை சார்ந்ததாகும். B பகுதியில் திரிதல் உண்டானால் இரத்தம் B பிரிவைச் சார்ந்ததாகும். AB ஆகிய இரண்டு பகுதிகளிலும் திரிதல் உண்டானால் இரத்தம் AB பிரிவைச் சார்ந்ததாகும். A,B ஆகிய இரண்டு பகுதிகளிலும் திரிதல் உண்டாக வில்லை என்றால் இரத்தம் O பிரிவைச் சார்ந்ததாகும்.

D பகுதியில் உண்டாகும் திரிதல் இரத்தல் Rh+ பிரிவைச் சார்ந்ததாக காட்டுகிறது. D பகுதியில் திரிதல் உண்டாகவில்லையென்றால் இரத்தம் Rh- பிரிவைச் சார்ந்ததாகும்.

A பகுதியிலும் D பகுதியிலும் திரிதல் உண்டானால் இரத்தம் A+ பிரிவைச் சார்ந்ததாகும். B பகுதியிலும் D பகுதியிலும் உண்டாகும் திரிதல் இரத்தம் B+ சேர்ந்ததாகும்.

A, B, D ஆகிய மூன்று பகுதிகளிலும் உண்டாகும் திரிதல் இரத்தம் AB+ வகையைச் சார்ந்ததாக உணர்த்தும். A, B, D ஆகிய மூன்று பகுதிகளிலும் திரிதல் உண்டாகவில்லையென்றால் இரத்தம் O- வகையைச் சார்ந்ததாக தெரிவிக்கும். A பகுதியில் உடனடியாக திரிதல் ஏற்பட்டால் இரத்தம் A_1 வகையைச் சார்ந்ததாகும். திரிதல் சற்று நேரத்திற்குப் பிறகு ஏற்பட்டால் இரத்தம் A_2 வகையைச் சார்ந்ததாகும்.

கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள அட்டவணையில் திரிதல் மற்றும் இரத்தப் பிரிவு வகைகள் பற்றிய விளக்கம் அளிக்கப்பட்டுள்ளது.

வரிசை எண்.	ஆண்டிபாடி	திரிதல் உண்டாகிறதா? இல்லையா?	இரத்தவகை
1.	ஆண்டி A ஆண்டி D	ஆம் ஆம்	A^{-}
2.	ஆண்டி A ஆண்டி D	ஆம் இல்லை	A^{-}
3.	ஆண்டி B ஆண்டி D	ஆம் ஆம்	B^{+}
4.	ஆண்டி B ஆண்டி D	ஆம் இல்லை	B^{-}
5.	ஆண்டி A&B ஆண்டி D	ஆம் ஆம்	AB^{+}
6.	ஆண்டி A&B ஆண்டி D	ஆம் இல்லை	AB^{-}
7.	ஆண்டி A&B ஆண்டி D	இல்லை ஆம்	O^{+}
8.	ஆண்டி A&B ஆண்டி D	இல்லை இல்லை	O^{-}

முடிவு

கொடுக்கப்பட்ட இரத்தத்தின் வகை ------------------

பயிற்சிகள்

1. உருளைக்கிழங்கிலிருந்து ஸ்டார்ச்சை தயாரித்து அதன் அளவினை அறியவும்.
2. கொடுக்கப்பட்ட இரத்தத்திலுள்ள குளுக்கோஸின் அளவை கணக்கிடவும்.
3. கொடுக்கப்பட்டுள்ள மாதிரியில் உள்ள புரதத்தின் அளவினைக் கணக்கிடவும்.

மேற்கண்ட சோதனைகளின் முடிவுகளை உற்றுநோக்கல் பதிவேட்டில் குறிக்க வேண்டும்.