జీవశాస్త్ర చరిత్ర

(2 వ భాగం)

ఐజాక్ అసిమోవ్

తెలుగు: వి. శ్రీనివాస చక్రవర్తి

అధ్యాయం 7

జన్యుశాస్త్రానికి శ్రీకారం

డార్విన్ సిద్ధాంతంలో లొసుగులు

పరిణామ సిద్ధాంతాన్ని అతిసులభంగా తప్పుగా అన్వయించడానికి ఒక కారణం వుంది. పందొమ్మిదవ శతాబ్దంలో అనువంశిక యంత్రాంగం గురించి పెద్దగా అవగాహన ఉండేది కాదు. మానవ ప్రవర్తనలో, సంస్కారంలో సత్వర పరిణామాలని ఊహించాడు స్పెన్సర్. ప్రత్యేక రీతుల్లో మనుషుల మధ్య సంబంధాలు కలుపుతూ మానవజాతిని త్వరగా సంస్కరించవచ్చని గాల్టన్ కలలు కన్నాడు. ఆ రోజుల్లో ఎందరో ఇతర జీవశాస్త్రవేత్తలకి ఉండే అజ్ఞానమే వీళ్లని కూడా అలా ఆలోచింపజేసింది.

నిజానికి అనువంశిక యంత్రాంగం పట్ల అవగాహన లేకపోవడమే డార్విన్ సిద్ధాంతంలో అతి పెద్ద బలహీనత. ఆ బలహీనత ఏమిటో క్లుప్తంగా ఇలా వివరించొచ్చు. ఏ జీవజాతి లోనైనా నిరవధిక వైవిధ్యంతో కొత్త సంతతి పుడుతుందని, అలా పుట్టిన రూపాంతరాలలో కొన్ని ఆ జీవి ఉండే పర్యావరాణానికి అనుగుణంగా ఏర్పడతాయని డార్విన్ భావించాడు. పసి జిరాఫీలలో అతిపెద్ద మెడ ఉన్న జిరాఫీకి అత్యధిక ఆహారం దొరుకుతుంది.

కాని ఒక తరంలో ఒక జిరాఫీకి బారైన మెడ ఉన్నప్పుడు, దాని సంతతికి కూడా ఆ లక్షణం సంక్రమిస్తుందని నమ్మకమేమిటి? ఆ జిరాఫీకి మరో బారైన మెడగల పెనిమిటి దొరుకుతుందని నమకం ఏముంది? కాస్త పొట్టి మెడ గల పెనిమిటి దొరికే అవకాశమే ఎక్కువ. పై తరం నుండి కింది తరానికి అనువంశిక లక్షణాలు ఎలా సంక్రమిస్తాయో డార్విన్ తన అనుభవంలో ఎన్నో చూశాడు. దాన్ని బట్టి అతడొక అవగాహనకి వచ్చాడు. పొడవు మెడ గల జిరాఫీకి, పొట్టి మెడ గల జిరాఫీకి మధ్య కలయిక జరిగినప్పుడు, వాటి సంతతిలో మధ్యస్థమైన పొడవు మెడ గల జిరాఫీలే ఉంటాయని డార్విన్ ఒక నిర్ణయానికి వచ్చాడు.

ఆ విధంగా యాదృచ్ఛికంగా ఏర్పడ్డ వైవిధ్యం కారణంగా పుట్టుకొచ్చిన మంచి, ఉపయోగకరమైన లక్షణాలన్నీ క్రమంగా సగటు విలువకి దగ్గరగా జరిగి మధ్యస్థ లక్షణాలుగా మారుతాయి. ఆ కారణం చేత మొదట్లో ఉండే వైవిధ్యం అంతా రూపుమాసి జీవరాసులలో సామాన్యమైన లక్షణాలు వృద్ధి చెందుతాయి. జీవరాసుల మధ్య యాదృచ్ఛికంగా సంపర్కం జరిగినప్పుడు వైవిధ్యం చెరిగిపోతుంది. వైవిధ్యం లేనప్పుడు ఇక ప్రకృతి ఎంపిక చెయ్యడానికి ఏమీ మిగలదు. ఈ విధంగా ఆలోచిస్తున్నప్పుడు అసలు పరిణామం ఎలా సాధ్యమో ఎవరికీ అర్థం కాలేదు.

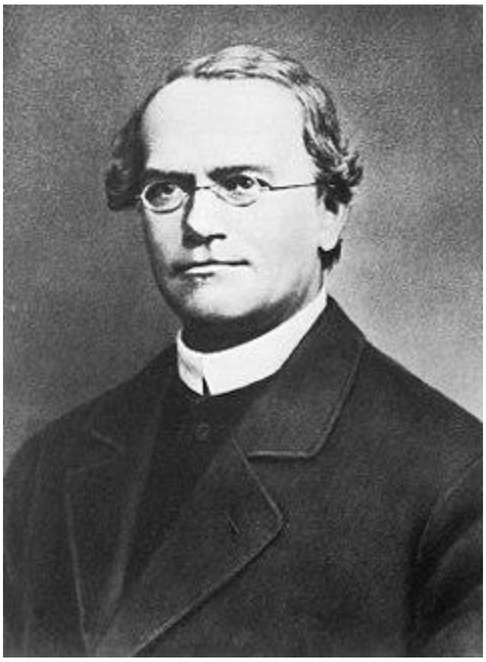
అలాంటి పరిస్థితుల్లో పరిణామం ఎలా జరుగుతుందో వివరించడానికి కొంతమంది జీవశాస్త్రవేత్తలు ప్రయత్నం చేశారు. కాని ఆ ప్రయత్నాలు పెద్దగా ఫలించలేదు. స్విస్ వృక్షశాస్త్రవేత్త కార్ల్ విల్హెల్మ్ ఫాన్ నెగేలీ (1817-1891) కి డార్విన్ సిద్ధాంతం అంటే గట్టి నమ్మకం. పరిణామాత్మక మార్పులని ఒక దిశలో ముందుకు తోయడానికి జీవరాశుల లోపలి నుండి ఏదో ప్రోద్బలం పని చేస్తూ ఉండాలని అతడు భావించాడు.

ఉదాహరణకి శిలాజాల సాక్ష్యాధారాల బట్టి గుర్రం ఓ చిన్న నాలుగు కాళ్ల జంతువు నుండి పరిణామం చెందిందని మనకి తెలుసు. ఆ పూర్వ జంతువు పరిమాణంలో ఓ కుక్కని పోలి ఉంటుందని, దాని ఒక్కొక్క కాలికి నాలుగు గిట్టలు ఉంటాయని కూడా తెలుసు. కాలక్రమేణా పరిణామంలో ఆ జంతువు సంగతికి చెందిన జీవాలలో క్రమంగా గిట్టల సంఖ్య తగ్గింది. ఆ క్రమంలో చివరిలో ఒకే గిట్ట గల గుర్రం తయారయ్యింది. ఆ పరిణామ క్రమంలో, భావి తరాలకి చెందిన జంతువులు ఇంకా ఇంకా పెరగడమే కాకుండా, గిట్టల సంఖ్య ఇంకా తగ్గుతుందని నెగేలీ భావించాడు. భావి గుర్రాల శరీరాలు అలా పెరుగుతూ పోతే, వాటి గిట్టల సంఖ్య అలా తరుగుతూ పోతే ఒక దశలో తక్కువ గిట్టలు గల కాళ్లు అంత భారీ శరీరాన్ని మోయలేకపోవచ్చు. అలాంటి జంతువుకి సులభంగా ప్రాణాపాయం సంభవించవచ్చు. శాత్రువుల నుండి తప్పించుకోలేని ఆ జంతువులు క్రమంగా సంఖ్య తరిగి నామరూపాల్లేకుండా పోవచ్చు. నెగేలీ ఆలోచనలు ఈ రకంగా సాగాయి.

ఈ సిద్ధాంతానికి orthogenesis అని పేరు. ఆధునిక జీవశాస్త్రవేత్తలు ఈ సిద్ధాంతాన్ని ఒప్పుకోలేదు. కాని నెగేలీ మనసులో ఆ సిద్ధాంతం రూపుదిద్దుకోవడం వల్ల అనుకోని కీడు సంభవించింది. ఆ కథేంటో చూద్దాం.

మెండెల్ బఠాణీలు

పైన చెప్పుకున్న సమస్యకి పరిష్కారం ఆస్ట్రియాకి చెందిన గ్రెగర్ మెండెల్ (1822-1884) అనే సాధువు చేసిన వైజ్ఞానిక ప్రయోగాల వల్ల దొరికింది. మెండెల్ కి గణితం లోను, వృక్ష శాస్త్రంలోను ఆసక్తి మెండుగా ఉండేది. ఆ రెండు రంగాలని కలుపుతూ బఠాణీలని గణాంక శాస్త్ర పరంగా ఎనిమిది ఏళ్ల పాటు అధ్యయనం చేశాడు. ఆ అధ్యయనాలు 1857 లో మొదలయ్యాయి.



గ్రెగర్ మెండెల్

మెండెల్ తన ప్రయోగాలలో బఠాణీ మొక్కల్లో ఎంతో జాగ్రత్తగా ఆత్మపరాగ సంపర్కం (self-pollination) కలిగేలా చేశాడు. ఆ పద్ధతి వల్ల ఏవైనా లక్షణాలు అనువంశికంగా సంక్రమించినా అవి ఒకే తల్లి మొక్క నుండి సంక్రమిస్తాయి. అలా ఏర్పడ్డ గింజలని ఏరి, వాటిని వేరు వేరుగా పాతి, అలా పుట్టిన మొక్కల లక్షణాలని జాగ్రత్తగా అధ్యయనం చేశాడు.

మరుగుజ్జు బఠాణీ మొక్కల నుండి వచ్చిన గింజలు పాతినప్పుడు మరుగుజ్జు బఠాణీ మొక్కలే పుట్టాయి. ఆ తరువాతి తరం మొక్కలు కూడా మరుగుజ్జు బఠాణీ మొక్కలే అయ్యాయి. అలా పుట్టిన మొక్కలు "శుద్ధ సంతతి" '("true bred") మొక్కలుగా పరిగణించబడతాయి.

కాని పొడవాటి బఠాణీ మొక్కల నుండి వచ్చిన గింజల తీరు వేరుగా వుంది. పొడవాటి మొక్కల తదుపరి సంతతిలో కొన్ని (రమారమి మూడో భాగం) కూడా పొడవాటి మొక్కలే అయ్యాయి. అంటే అవి 'శుద్ధ

సంతతి' జాతి (true breed) మొక్కలు అన్నమాట. కాని తక్కిన మొక్కలు పొడవుగా లేవు. అంటే పొడవాటి మొక్కల నుండి వచ్చిన గింజల్లో కొన్నిటి నుండి వచ్చిన మొక్కలు పొడవాటివే అయితే కొన్ని పొట్టిగా ఉన్నాయి. అలా పుట్టిన మొక్కల్లో ఎప్పుడూ పొడవు మొక్కల సంఖ్య పొట్టి మొక్కల సంఖ్య కన్నా రెండు రెట్లు ఉండడం కనిపించింది. ఆ విధంగా చూస్తే పొడవు మొక్కల్లో రెండు రకాలు ఉన్నట్టు అనిపించింది. పొడవు మొక్కలని పుట్టించేవి, పొట్టి మొక్కలని పుట్టించేవి అని వాటిలోనే రెండు ఉపజాతులు ఉన్నట్టు అనిపించింది.

మెండెల్ మరో అడుగు ముందుకు వేశాడు. మరుగుజ్జు మొక్కలకి, శుద్ధసంతతి జాతి పొడుగు మొక్కలకి మధ్య సంపర్కం జరిపించాడు. ఆ సంపర్కం వల్ల పుట్టిన సంకర జాతి విత్తుల నుండి పుట్టిన ప్రతీ మొక్క పొడవు మొక్కే అయ్యింది. ఆ మొక్కలలో పొట్టిదనం అనే లక్షణం మటుమాయం అయినట్టు అనిపించింది.

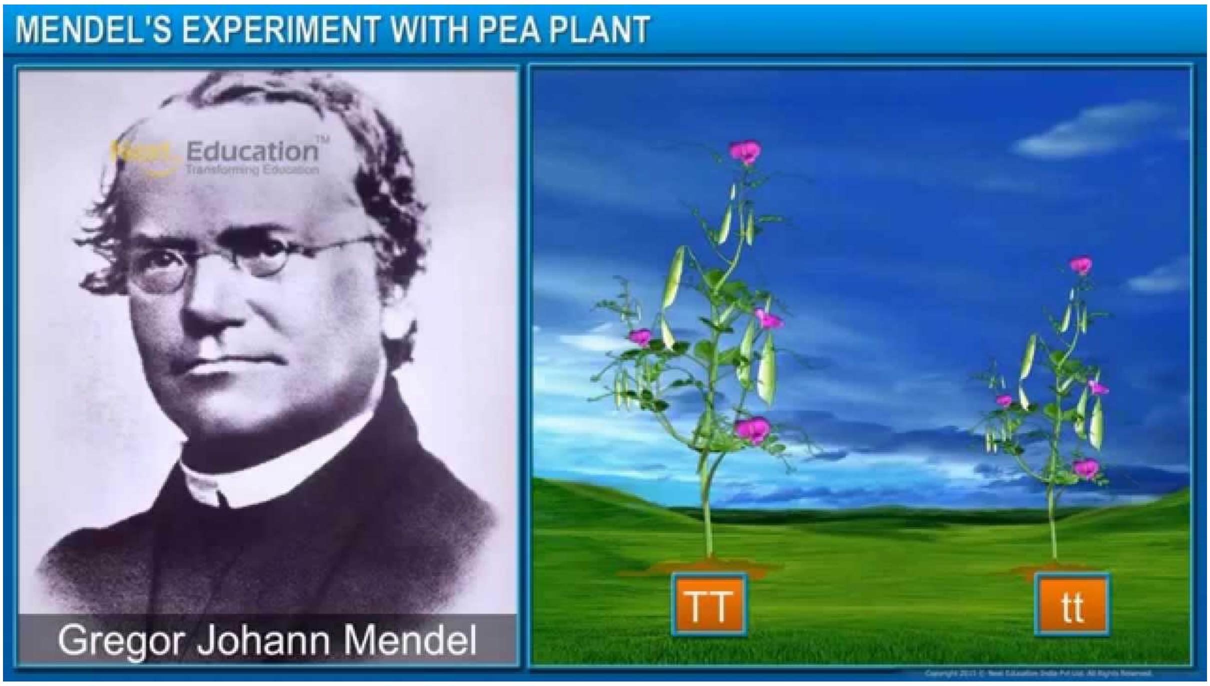
తరువాత మెండెల్ అలా పుట్టిన మొక్కలలో స్వపరాగ సంపర్కం (self-pollination) జరిపించాడు. వాటి నుండి వచ్చిన విత్తుల లక్షణాలు పరిశీలించాడు. అలా పుట్టిన సంకర జాతి మొక్కలలో ఏవీ కూడా శుద్ధ సంతతికి చెందినవి కావని మెండెల్ గమనించాడు. ఆ మొక్కల విత్తులలో పావు వంతు విత్తుల నుండి పొట్టి మొక్కలు పుట్టాయి. మరో పావు వంతు విత్తుల నుండి శుద్ధ సంతతికి చెందిన పొడవు మొక్కలు పుట్టాయి. మిగతా సగ భాగపు విత్తుల నుండి శుద్ధ సంతతికి చెందని పొడవు మొక్కలు పుట్టాయి.

తను గమనించిన బఠాణీ మొక్కల ప్రయోగ ఫలితాలని మెండెల్ ఇలా వివరించడానికి ప్రయత్నించాడు.

ప్రతీ బఠాణీ మొక్కలోను ఒక్కొక్క లక్షణానికి, ఆ లక్షణాన్ని నిర్దేశించే రెండు కారణాంకాలు (factors) ఉంటాయని భావించాడు. మొక్కలో పురుష భాగంలో ఒక కారణాంకం ఉంటుంది, స్త్రీ భాగంలో ఒక కారణాంకం ఉంటుంది. పరాగ సంపర్కం జరిగినప్పుడు రెండు కారణాంకాలు కలుస్తాయి. కొత్త తరం

మొక్కల్లో ప్రతీ మొక్కకి రెండు కారణాంకాలు సంక్రమిస్తాయి. రెండు మొక్కల మధ్య సంపర్కం వల్ల కొత్త మొక్క ఏర్పడినప్పుడు, తల్లి మొక్క నుండి ఒక కారణాంకాం, తండ్రి మొక్క నుండి ఒక కారణాంకం పిల్ల మొక్కకి దక్కుతాయి. మరుగుజ్జు మొక్కల్లో “మరుగుజ్జు” కారణాంకాలు మాత్రమే ఉంటాయి. అందుచేత స్వపరాగ సంపర్కం (self-pollination) చేత గాని, పరపరాగ సంపర్కం చేత గాని (cross-pollination) రెండు మరుగుజ్జు మొక్కలని కలిపినప్పుడు వాటికి మరుగుజ్జు మొక్కలే పుడతాయి. శుద్ధ సంతతికి చెందిన పొడవు మొక్కల్లో “పొడవు” కారణాంకాలే ఉంటాయి. అందుకే అలాంటి మొక్కలకి పొడవాటి మొక్కలే పుడతాయి.

శుద్ధ సంతతికి చెందిన పొడవు మొక్కలకి, మరుగుజ్జు మొక్కలకి మధ్య సంపర్కం జరిపినప్పుడు, “పొడవు” కారణాంకాలకి “మరుగుజ్జు” కారణాంకాలకి మధ్య కలయిక జరుగుతుంది. అప్పుడు తదుపరి తరం మొక్కలు సంకర జాతి మొక్కలు అవుతాయి. అవి పొడవాటి మొక్కలే అవుతాయి. ఎందుకంటే “పొడవు” అనే కారణాంకానికి ప్రాధాన్యం (dominance) అనే లక్షణం ఉంటుంది. అది బట్టబయలు అవుతూ మరుగుజ్జు లక్షణాన్ని కప్పి ఉంచుతుంది. అలాగని మరుగుజ్జు లక్షణం పూర్తిగా మాయమైపోదు. అది ప్రచ్ఛన్నంగా నేపథ్యంలో ఉంటుంది.



పొట్టి, పొడవు మొక్కలతో మెండెల్ చేసిన ప్రయోగం

అలాంటి సంకరజాతి మొక్కల మధ్య పరపరాగ సంపర్కాన్ని గాని, స్వపరాగ సంపర్కాన్ని గాని జరిపినప్పుడు వాటి సంతతి “శుద్ధ సంతతి” కాలేదు. ఎందుకంటే సంకరజాతి మొక్కలలో రెండు కారణాంకాలు ఉంటాయి. ఆ రెండు కారణాంకాలు పలు విధాలుగా కలుస్తాయి. వాటి కలయిక ఎలా ఏర్పడుతుంది అనేది కేవలం యాదృచ్ఛికంగా జరుగుతుంది. ఒక “పొడవు” కారణాంకం మరో “పొడవు” కారణాంకంతో కలియవచ్చు. ఆ కలయిక వల్ల శుద్ధ సంతతికి చెందిన పొడవు మొక్కే పుడుతుంది. తదుపరి తరంలో నాలుగో వంతు మొక్కలు ఈ రకమైనవే అవుతాయి. లేదా ఒక “మరుగుజ్జు” కారణాంకం మరో “మరుగుజ్జు” కారణాంకంతో కలిసి మరో మరుగుజ్జు మొక్కకి జన్మని ఇవ్వొచ్చు. ఇది కూడా పావువంతు సందర్భాలలో జరగొచ్చు. ఇక తక్కిన సగం సందర్భాల్లోను ఒక “పొడవు” కారణాంకం ఒక “మరుగుజ్జు” కారణాంకంతో కలియడం గాని, ఒక “మరుగుజ్జు” కారణాంకం ఒక “పొడవు” కారణాంకంతో

కలియడం గాని జరుగుతుంది. ఆ కలయిక వల్ల పుట్టిన మొక్కలు శుద్ధ సంతతికి చెందని పొడవు మొక్కలే అవుతాయి.

ఒక్క పొడవు మాత్రమే కాక ఇతర ఎన్నో జీవలక్షణాల అనువంశిక సంక్రమణాన్ని ఈ రకమైన వివరణల సహాయంతో అర్థం చేసుకోవచ్చని మెండెల్ సూచించాడు. ఇతర లక్షణాల విషయంలో కూడా విపరీత లక్షణాలు గల జీవాల మధ్య సంపర్కం జరిపినప్పుడు మధ్యస్థమైన లక్షణాలు గల జీవాలు పుట్టలేదు. విపరీత లక్షణాలు విపరీత లక్షణాలుగానే మిగిలిపోయాయి. ఒక తరంలో ఒక లక్షణం మాయమైనా తదుపరి తరంలో అది మళ్లీ ప్రత్యక్షమవుతుంది.

ఈ భావనలకి పరిణామ సిద్ధాంతానికి లోతైన సంబంధం వుంది. (అయితే తన సిద్ధాంతాలని పరిణామ సిద్ధాంతానికి వర్తింపజేయాలని మెండెల్ ఎప్పుడూ అనుకోలేదు.) ఆ విధంగా చూస్తే జీవజాతుల పరిణామ క్రమంలో యాదృచ్ఛికంగా ఏర్పడ్డ వైవిధ్యాలు కాలానుగతంగా చెరిగిపోయి విపరీత లక్షణాల స్థానంలో సగటు లక్షణాలు రావడం జరగదు. విపరీత లక్షణాలు ఎక్కడికీ పోవు. ప్రకృతి ఎంపిక వాటిని పూర్తిగా వాడుకున్నంత వరకు విపరీత లక్షణాలు తరతరాలుగా మళ్లీ మళ్లీ ప్రత్యక్షమవుతూనే ఉంటాయి.

ఎన్నో సందర్భాలలో రెండు జీవాల మధ్య యాదృచ్ఛికంగా జరిగిన కలయిక లోంచి పుట్టిన లక్షణాలు, పితృజీవాల లక్షణాలకి మధ్యస్థంగా ఉన్నట్టు కనిపించడం వెనుక ఒక కారణం వుంది. మొక్కలని, జంతువులని పెంచే వాళ్లు అలా సంపర్కం జరిగినప్పుడు పుట్టిన నవతరం జీవాల లక్షణాలు మధ్యస్థంగా ఉన్నట్టు పొరబాటుగా భావిస్తారు. ఎన్నో సందర్భాల్లో నిజంగా వాళ్లు చూస్తున్నది ఏకైక లక్షణాలని కాదు, అనేక లక్షణాల సమాహారాన్ని. వివిధ లక్షణాలు ప్రత్యేకంగా వేరువేరుగా అనువంశికంగా

సంక్రమిస్తాయి. ప్రతీ ఒక్క లక్షణం 'ఉంది-లేదు' అనే తరహాలో సంక్రమిస్తాయి. అలా 'ఉంది' అనే సందర్భాలని, 'లేదు' అనే సందర్భాలని ఎన్నిటినో సమిష్టిగా తీసుకున్నప్పుడు మధ్యస్థ లక్షణాలు సంక్రమించినట్టు తోస్తుంది.

మెండెల్ ఆవిష్కరణలు యూజెనిక్స్ కి (eugenics) చెందిన భావాల మీద కూడా ప్రభావం చూపాయి. ఒక అవాంఛనీయ లక్షణాన్ని రూపుమాపడం అనుకున్నంత సులభం కాదు. ఒక తరంలో అది మాయమైనట్టు కనిపించినా తదుపరి తరంలో మళ్లీ ప్రత్యక్షం కావడం కనిపిస్తుంది. ప్రత్యేక ఎంపిక పద్ధతుల ఆధారంగా పెంపకం జరిపినప్పుడు, గాల్టన్ ఊహించిన దాని కన్నా చాలా సునిశితంగా, మరీంత దీర్ఘకాలం కొనసాగిస్తే తప్ప ఫలితాలు కనిపించవు.

అయితే ప్రపంచం ఇవన్నీ అర్థం చేసుకునే పరిస్థితిలో లేదు. కాని మెండెల్ తన ప్రయోగ ఫలితాలని చాలా శ్రద్ధగా, నిర్దుష్టంగా నమోదు చేసుకున్నాడు. తను కేవలం ఒక వైజ్ఞానిక ఔత్సాహికుడు మాత్రమేనని, పేరుమోసిన శాస్త్రవేత్త కాడని అతడిని బాగా తెలుసు. అందుకే ఎవరైనా ప్రఖ్యాత వృక్షశాస్త్రవేత్తకి తన పరిశోధనలు చూపించి వాళ్ల ఆమోదముద్ర పొందాలని అనుకున్నాడు. కాబట్టి 1860 లలో అతడు తన సిద్ధాంత వ్యాసాన్ని నెగేలీ కి పంపించాడు. నెగేలీ ఆ వ్యాసం చదివి సుముఖంగా స్పందించక, పొడిపొడిగా రెండు మాటలు అని ఊరుకున్నాడు. బఠాణీ మొక్కలని లెక్కపెడుతూ చేసిన ఆ ప్రయోగాలు అతణ్ణి మెప్పించలేకపోయాయి. ప్రయోగం చెప్పే సాక్ష్యాలకి దూరంగా ఏవో భావలోకాల్లో తేలిపోతూ చేసే ఊహాగానాలంటేనే అతడికి ఎక్కువ మక్కువ.

నెగేలే స్పందన మెండెల్ కి నిరుత్సాహం కలిగించింది. 1866 లో అతడు తన వ్యాసాన్ని ప్రచురించగలిగాడు. కాని ఆ తరువాత తన పరిశోధనలని కొనసాగించలేదు. అంతేకాక నెగేలీ మన్ననని, ఆమోదాన్ని పొందని ఆ వ్యాసాన్ని ఎవరూ పట్టించుకోలేదు. ప్రస్తుతం మనం జన్యుశాస్త్రం (genetics) అనే రంగానికి మెండెల్ ప్రాణం పోశాడు. కాని ఆ సమయంలో అతడు సాధించిన విజయం ఎంత గొప్పదో అతడికి గాని, అన్యులకి గాని తెలియదు.

ఉత్పరివర్తన (mutation)

పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు రెండవ భాగంలో పరిణామ సిద్ధాంతానికి సంబంధించి మరో సమస్య వచ్చి పడింది. అతి దీర్ఘమైనది అనుకున్న పృథ్వీ చరిత్ర ఇప్పుడు కాస్త కుదించబడినట్టు అనిపించింది. భౌతికశాస్త్రంలో కనుక్కోబడ్డ కొత్త ఆవిష్కరణలే అలాంటి చింతనకి కారణం. శక్తి నిత్యత్వ సూత్రం కనుక్కోబడ్డ తరువాత సౌరశక్తి ఎక్కడి నుండి వస్తోంది అన్న ప్రశ్న బయల్దేరింది. ఆ రోజుల్లో రేడియోధార్మిక శక్తి గురించి గాని, కేంద్రక శక్తి గురించి గాని ఎవరికీ ఏమీ తెలీదు. పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు భౌతిక శాస్త్ర దృష్టితో చూసినప్పుడు సూర్యుడు అంత గొప్ప శక్తి భండారంలా ఎలా ప్రవర్తిస్తున్నాడో, అంత కాలంగా ఎలా ప్రచండ కాంతులు విరజిమ్ముతున్నాడో ఎవరికీ అర్థం కాలేదు. అంత శక్తిని విడుదల చేయగల సూర్యుడి వయసు కేవలం కొన్ని పదుల మిలియన్ల సంవత్సరాల కన్నా ఎక్కువ అయ్యే అవకాశమే లేదని అనుకునేవారు.

మరి డార్విన్ ఊహించినట్టుగా అతి నెమ్మదిగా పరిణామం సాగడానికి కావలసిన సమయం లేదని అనిపించింది. కాబట్టి నెగేలీ, కోలికర్ వంటి జీవశాస్త్రవేత్తలు పరిణామం సమ వేగంతో కాకుండా మధ్య

మధ్యలో గంతులు వేస్తుందేమో నని సందేహించసాగారు. అయితే సూర్యుడి ఆయుర్దాయాన్ని అంచనా వెయ్యడంలో పెద్ద పొరబాటు జరిగిందని తరువాత తెలిసింది. సూర్యుడి వయసు కేవలం కొన్ని పదుల మిలియన్ల సంవత్సరాలకి బదులు కొన్ని బిలియన్ల సంవత్సరాలు ఉంటుందని తెలిసింది. కాబట్టి పరిణామ క్రమం మొత్తాన్ని మరీ క్లుప్తమైన వ్యవధిలోకి కుదించనక్కర్లేదని తెలిసింది. అయినా కూడా పరిణామ క్రమంలో గంతులు ఉంటాయన్న భావన ఎంతో ఉపయోకరమైనదని తరువాత తెలిసింది.

పరిణామం గంతులు వేస్తుందని ఊహించిన వారిలో డచ్ వృక్ష శాస్త్రవేత్త హూగో డీ వ్రీస్ (1848-1935) ఒకడు. ఇతడు ఒక సారి ఒక బంజరు పొలంలో పెరుగుతున్న అమెరికన్ ప్రిమ్ రోజ్ పూల మొక్కలు చూశాడు. ఆ మొక్కలని కొంత కాలం క్రితమే నెథర్లాండ్స్ దేశంలోకి ప్రవేశపెట్టారు. వృక్షశాస్త్రంలో సునిశిత దృష్టి గల డీ వ్రీస్ ఆ మొక్కల విషయంలో ఒక విచిత్రమైన లక్షణాన్ని గుర్తించాడు. ఆ మొక్కలన్నీ ఒకే మూలజాతి నుండి పుట్టినా రూపు రేఖల్లో వాటి మధ్య ఎంతో వైవిధ్యం ఉందని గమనించాడు.

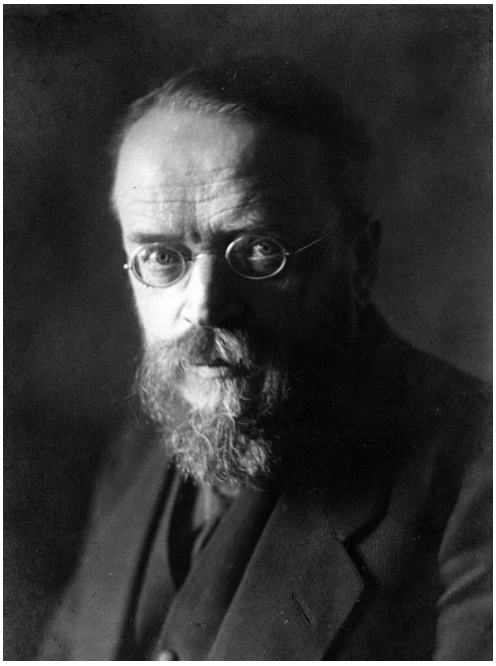
హ్యూగో డీ వ్రీస్

ఆ మొక్కలని తన తోటలోకి తెచ్చి వాటిని వేరు వేరుగా పెంచి, వాటి మీద ప్రయోగాలు చేశాడు. లోగడ మెండెల్ కనుక్కున్న విషయాలనే ఇతడు కూడా నిర్ధారించుకున్నాడు. మొక్కల వ్యక్తిగత లక్షణాలు తరతరాలుగా సంక్రమిస్తాయని, విపరీత విలువలు సగటు విలువలని సమీపించవని అతడు గమనించాడు. అయితే అప్పుడప్పుడు ఓ కొత్తరకం మొక్క పుడుతుంది. తక్కిన మొక్కలకి దానికి మధ్య చెప్పరాని భేదం ఉంటుంది. అలా పుట్టిన కొత్త రకం మొక్క యొక్క లక్షణాలు అక్కడి నుండి కింది తరాలకి సంక్రమిస్తాయి. అలా హఠాత్తుగా వచ్చిన మార్పుని డీ వ్రీస్ 'ఉత్పరిమాణం' (mutation) అని పిలిచాడు. తన కళ్ల ఎదుటే పరిణామం గంతులు వేయడం అతడికి కనిపించింది. (నిజానికి సాయంకాలపు ప్రిమ్ రోజ్ మొక్కలు వ్యక్తం చేసే ఉత్పరిమాణాలు చాలా సరళమైనవి. అవి నిజంగా అనువంశిక కారాణాంకాలలో వచ్చిన మార్పుల వల్ల జరిగినవి కావు. అలా నిజంగా అనువంశిక కారణాంకాలలో వచ్చిన మార్పుల వల్ల పుట్టిన ఉత్పరిమాణాలు ఆ తరువాత కనుక్కోబడ్డాయి.)

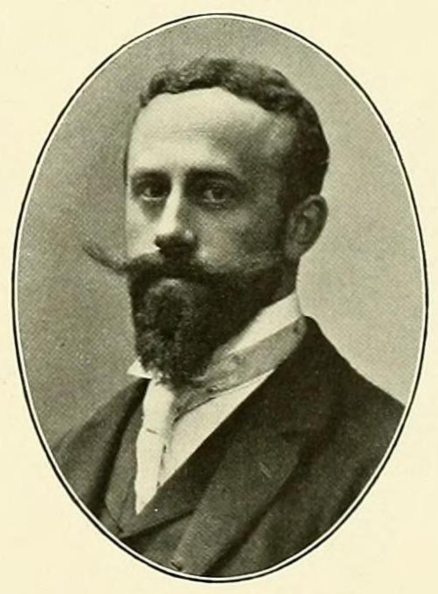
ఇలాంటి "విచిత్ర జీవాల" (ఇంగ్లీష్ లో వీటిని "freaks" అని, "sports" అని అంటారు) గురించి గొర్రెల కాపర్లకి, రైతులకి అనాదిగా తెలుసు. ఉదాహరణకి అమెరికాలో ని న్యూ ఇంగ్లండ్ రాష్ట్రంలో 1791 లో పొట్టి కాళ్లు ఉన్న గొర్రె ఒకటి పుట్టింది. కాళ్లు పొట్టివి కనుక పొట్టి కంచెలు కూడా గెంతలేకపోయేది. అందుచేత గొర్రెల కాపర్లు దాన్ని చేరదీసి జాగ్రత్తగా పెంచారు.తక్కిన గొర్రెల లాగానే ఇతర గొర్రెలతో అది కలిసేలా చేశారు. అయితే గొర్రెల కాపర్లు సామాన్యంగా వారి గొర్రెల పెంపకం గురించి వైజ్ఞానిక ఫక్కీలో పరిశోధనలు చేయరు. అలాగే శాస్త్రవేత్తలు కూడా గొర్రెల పెంపకం గురించి పెద్దగా పట్టించుకోరు.

కాని డీ వ్రీస్ విషయంలో గొర్రెల పెంపకం మీద ఓ శాస్త్రవేత్త శ్రద్ధ వహించడం జరిగింది. 1900 దరిదాపుల్లో అతడు తన పరిశోధనా ఫలితాలని లోకానికి వెల్లడి చెయ్యడానికి సిద్ధంగా ఉన్నాడు. ఆ సందర్భంలో ఆ అంశం మీద గతంలో ఏవైనా పరిశోధనలు జరిగాయా అని పాత శాస్త్రీయ సాహిత్యాన్ని సమీక్షించాడు. ఆ గాలింపులో ముప్పై నాలుగేళ్ల క్రితం మెండెల్ రాసిన శాస్త్ర పత్రాలు బయటపడ్డాయి.

అయితే డీ వ్రీస్ కి తెలియకుండా మరి ఇద్దరు శాస్త్రవేత్తలు కూడా డీ వ్రీస్ వచ్చిన నిర్ణయానికే వచ్చారు. అయితే వారిద్దరిలో కూడా ఒకరు చేసిన పరిశోధనల గురించి మరొకరికి తెలియదు. వారిలో ఒకరు జర్మనీకి చెందిన కార్ల్ ఎరిక్ కోరెన్స్ (1864-1933). రెండవ వ్యక్తి ఆస్ట్రియాకి చెందిన ఎరిక్ షర్మాక్ ఫాన్ సెయ్సెనెగ్ (1871-1962). వాళ్లిద్దరూ కూడా పాత సాహిత్యాన్ని గాలించి మెండెల్ రచనలు కనుక్కుని చదివారు.



కార్ల్ కోరెన్స్



ఎరిక్ షర్మాక్ ఫాన్ సెయ్సెనెగ్

ఆ ముగ్గురు శాస్త్రవేత్తలు – డీ వ్రీస్, కోరెన్స్, షర్మాక్ ఫాన్ సెయ్సెనెగ్ లు – 1900 లో తమ పరిశోధనలని ప్రచురిస్తూ, అంతకు ముందు మెండెల్ చేసిన పరిశోధనలని కూడా తమ రచనల్లో ప్రస్తావించారు. మెండెల్ లోగన కనుగొన్న విషయాలని తమ పరిశోధనలు కేవలం నిర్ధారిస్తున్నాయని నిగర్వంగా ప్రకటించుకున్నారు. అలాంటి రచనల నుండే మెండెల్ ప్రతిపాదించిన 'అనువంశికతా ధర్మాలు' (Laws of Inheritance) పుట్టాయి. ఆ ధర్మాలకి డీ వ్రీస్ కనుగొన్న ఉత్పరివర్తనలని కలిపినప్పుడు జీవ సృష్టిలో వైవిధ్యం ఎలా ఏర్పడుతుందో, ఆ వైవిధ్యం ఎలా స్థిరపడుతుందో అర్థమయ్యింది. ఆ విధంగా డార్విన్ సిద్ధాంతాలలోని లొసుగులు పూరించబడ్డాయి.

క్రోమోజోమ్ లు

మెండెల్ సూత్రీకరించిన 'అనువంశికతా ధర్మాలు' 1866 లో కన్నా 1900 లలో శాస్త్రసమాజానికి మరింత అర్థవంతంగా తోచాయి. ఎందుకంటే ఆ నడిమి కాలంలో ఎన్నో ముఖ్యమైన శాస్త్రీయ ఆవిష్కరణలు జరిగాయి.

పద్దెమినిదవ, పందొమ్మిదవ శతాబ్దాలలో కాస్తో కూస్తో మెరుగైన మైక్రోస్కోప్ లో ఎన్నో సార్లు కణాలని చూశారు గాని వాళ్ళు నిజానికి పెద్దగా ఏమీ చూడలేకపోయారు. ఎందుకంటే కణాల దేహం ఇంచుమించుగా పారదర్శకంగా ఉంటుంది. అందులోని పదార్థం కూడా అలాగే పారదర్శకంగా ఉంటుంది. కాబట్టి అదొక నిర్దిష్టమైన రూపం లేని చలివిడి ముద్దలా కనిపిస్తుంది. దాన్ని పరిశీలించిన జీవశాస్త్రవేత్తలు దాని రూపాన్ని, పరిమాణాన్ని పైపైన వర్ణించి దాంతో సరిపెట్టుకున్నారు. కొన్ని సందర్భాలలో కణం కేంద్రంలో కొంచెం సాంద్రమైన ప్రాంతం కనిపించింది (దాన్నే ఇప్పుడు మనం కేంద్రకం లేదా nucleus అంటున్నాం). అయితే ప్రతీ కణంలోను కేంద్రంలో ఇలాంటి అంశం ఉంటుందని మొట్టమొదట గుర్తించిన వాడు స్కాట్లాండ్ కి చెందిన రాబర్ట్ బ్రౌన్ (1773-1858) అనే వృక్షశాస్త్రవేత్త. ఆ సూచనని అతడు 1831 లో చేశాడు.

ఏడేళ్ల తరువాత ష్లైడెన్ కణ సిద్ధాంతాన్ని మరింత అభివృద్ధి పరచాడు. ఆ సిద్ధాంతంలో కేంద్రకానికి ప్రత్యేకమైన ప్రాముఖ్యత నిచ్చాడు. కణం యొక్క పునరుత్పత్తికి (reproduction) కేంద్రకానికి సంబంధం ఉందని సూచించాడు. కొత్త కణాలు పుట్టినప్పుడు అవి కేంద్రక ఉపరితలం లోంచి పైకి తన్నుకొస్తాయన్నాడు. అయితే 1846 కల్లా అది తప్పని నెగెలీ సూచించాడు. అయితే ష్లైడెన్ పూర్తిగా పొరబడ్డాడని కాదు. కేంద్రకానికి నిజంగానే పునరుత్పత్తిలో ముఖ్యమైన పాత్ర ఉంది. అయితే కచ్చితంగా

ఆ విషయంలో కేంద్రకం పాత్రం ఏమిటో అర్థం చేసుకోడానికి కావలసిన సాంకేతిక నైపుణ్యం ఆ కాలంలో లేకపోయింది.

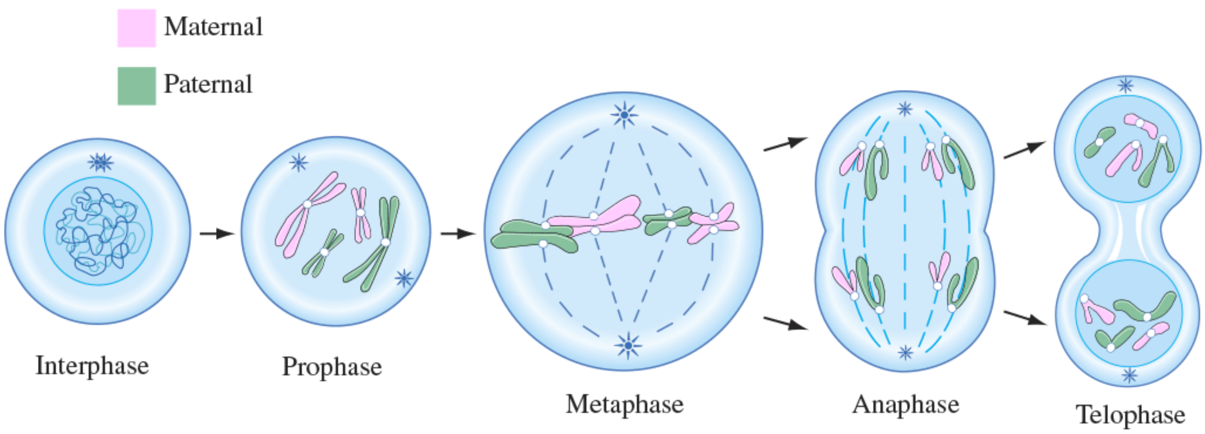
అలాంటి సాంకేతికత కర్బన రసాయన శాస్త్రం నుండి వచ్చింది. బెర్థెలో చూపించిన దారిలో వేగంగా పురోగమించిన కర్బన రసాయన శాస్త్రవేత్తలు ప్రకృతిలో లేని కర్బన రసాయనాలని ఎలా సంయోజించాలో త్వరగా నేర్చుకున్నారు. వాటిలో చాలా వాటికి ధగధగలాడే రంగులు ఉన్నాయి. వాటి ఆధారంగా 1850 లలో ఓ బ్రహ్మాండమైన "సంయోజిత అద్దకాల" (synthetic dyes) పరిశ్రమ రూపుదిద్దుకుంది.

కణంలోని అంతరంగం అంతా అసమజాతీయంగా (heterogeneous, అన్ని భాగాలు ఒకే విధంగా ఉండకుండా) ఉంటే, కొన్ని భాగాలు కొన్ని ప్రత్యేక రసాయనాలతో చర్య జరపవచ్చు. ఇతర భాగాలు ఆ ప్రత్యేక రసాయనంతో చర్య జరపకపోవచ్చు. అలాంటప్పుడు కణం మీదకి ప్రయోగించబడ్డ రసాయనం ఒక అద్దకమే అయితే, కణంలో కొన్ని భాగాలు ఆ అద్దకంతో చర్యజరిపి రంగుదేలుతాయి. మిగతా భాగాలు రంగులేకుండా, నిర్వర్ణంగా మిగిలిపోతాయి. అలాంటి "రంగుల పూత" (staining) వల్ల కణంలో మునుపు కనిపించని భాగాలు ఇప్పుడు స్పష్టం కావచ్చు.

ఆ విధంగా కణాల మీద రంగులు అద్దే ప్రయత్నం చేసిన జీవశాస్త్రవేత్తలు ఎంతో మంది ఉన్నారు. వారిలో గొప్ప విజయాన్ని సాధించినవాడు జర్మనీకి చెందిన కణశాస్త్రవేత్త (cytologist) వాల్టర్ ఫ్లెమ్మింగ్ (1843-1905). ఫ్లెమ్మింగ్ రకరకాల జంతు కణాలతో పని చేశాడు. తను ప్రయోగించిన రంగులు ప్రత్యేకించి కేంద్రకంలో కొన్ని స్థానాలలో బాగా పడుతున్నాయని గమనించాడు. నిర్వర్ణమైన నేపథ్యం మీద ఆ రంగురంగుల చుక్కలు కొట్టొచ్చినట్టు కనిపించాయి. అలా రంగుని లోనికి గ్రహించి వన్నెకెక్కిన పదార్థానికి అతడు క్రొమాటిన్ (chromatin) అని పేరు పెట్టాడు. (క్రోమా అంటే గ్రీకు భాషలో రంగు అని అర్థం).

ఎదుగుతున్న ధాతువుకి ఫ్లెమ్మింగ్ రంగు పట్టించినప్పుడు ఆ కణాలు చచ్చిపోయాయి. కాని అలా చచ్చిపోయిన కణాలలో చాలా మటుకు విభజన చెందుతున్న కణాలు. విభజన ప్రక్రియ చెందుతూ అవి వివిధ దశలలో అర్థాంతరంగా ఆగిపోవడం కనిపించింది. 1870 ల ప్రాంతంలో ఫ్లెమ్మింగ్ అలాంటి ధాతువుల మీద ఎన్నో ప్రయోగాలు చేశాడు. ఆ ప్రయోగాల బట్టి కణా విభజన జరుగుతున్నప్పుడు వివిధ దశలలో క్రొమాటిన్ ఎలా ఉంటుందో ఆ వివరాలన్నీ స్పష్టంగా తెలుసుకోగలిగాడు.

కణ విభజన మొదలైనప్పుడు క్రొమాటిన్ పదార్థం అంతా క్రమంగా విడివడి సన్నని దారాల లాంటి పదార్థంగా మారడం ఫ్లెమ్మింగ్ గమనించాడు. ఆ దారాలకే తదనంతరం క్రోమోజోమ్ లు (chromosomes) అని పేరొచ్చింది (అంటే వన్నె గల వస్తువులు అని అర్థం). కణ విభజన జరిగిన ప్రతీ సారి ఈ దారాల వంటి క్రోమోజోమ్ లు ప్రత్యక్షం కావడం పదే పదే చూసిన ఫ్లెమ్మింగ్ అసలు కణవిభజన ప్రక్రియకే మైటాసిస్ (mitosis) అని పేరు పెట్టడం విశేషం. (అది దారం అనే అర్థం గల గ్రీకు పదం).



మైటాసిస్ లో దశలు

మైటాసిస్ తొలి దశలలో కణంలో మరో ముఖ్యమైన విశేషం కూడా కనిపిస్తుంది. ఆ వస్తువు 'తార' ఆకారంలో ఉంటుంది గనుక దానికి aster అనే గ్రీకు పేరు పెట్టారు. (aster అంటే గ్రీకు భాషలో తార). అందులో ఒక కేంద్ర బిందువు నుండి నలు దిశలా దారాల వంటి నిర్మాణాలు విస్తరించి ఉంటాయి. ఆ దారాలు తారల చిత్రాలలో నలు దిశలా విస్తరించే కిరణాలని పోలి ఉంటాయి. ఆ 'తార' రెండుగా విభజించబడుతుంది. ఆ రెండు విడిభాగాలు ఒకదానికి ఒకటి దూరమౌతూ కణం యొక్క భిన్న ధ్రువాల వద్దకి జరుగుతాయి. ఒక 'తార' నుండి అవతలి 'తార' వద్దకి విస్తరించిన దారాల జాలంలో క్రోమోజోమ్ లు చిక్కుకున్నట్టు కనిపిస్తుంది. కణం యొక్క మధ్య తలం వెంట ఆ క్రోమోజోమ్ లు వరుస క్రమంలో అమరి వున్నట్టు కనిపిస్తుంది.

కణ విభజన జరిగిన తరుణంలో ప్రతీ క్రోమోజోమ్ దానిని అది నకలు చేసుకుంటుంది. అలా ఏర్పడ్డ రెండు క్రోమోజోమ్ లు కణం యొక్క రెండు ధృవాల దిశగా లాగబడతాయి. ఒక క్రోమోజోమ్ ఒక కొసకి, రెండవ క్రోమోజోమ్ రెండవ కొసకి జరుగుతాయి. ఒక కణం ఇప్పుడు రెండు కుమారీ కణాలుగా (daughter cells) మారుతుంది. అలా ఏర్పడ్డ రెండు కుమారీ కణాలలో తొలుత మాతృకణాలలో ఎంత క్రొమాటిన్ పదార్థం ఉందో అంతే క్రొమాటిన్ పదార్థం ఉంటుంది. ఈ వివరాలన్నీ ఫ్లెమ్మింగ్ 1882 లో ప్రచురించాడు.

ఈ పరిశోధనలని బెల్జియమ్ కి చెందిన ఎడ్వర్డ్ ఫాన్ బెనెడెన్ (1846-1910) అనే కణశాస్త్రవేత్త మరింత ముందుకు తీసుకువెళ్లాడు. 1887 లో అతడు క్రోమోజోమ్ ల గురించి రెండు ముఖ్యమైన విషయాలని నిరూపించగలిగాడు. కణాలలో క్రోమోజోమ్ ల సంఖ్యని లెక్కించిన మీదట ఒకే జంతువుకి చెందిన కణాలన్నిటిలోను క్రోమోజోమ్ ల సంఖ్య ఒక్కటేనని అతడు గమనించాడు. అలాగే ఒక జీవజాతిలో క్రోమోజోమ్ ల సంఖ్య ఆ జీవజాతికే ప్రత్యేకమైన సంఖ్య అని కూడా అతడు నిరూపించాడు. (ఉదాహరణకి మానవ దేహ కణాలలో 46 క్రోమోజోమ్ లు మాత్రమే ఉంటాయని ఇప్పుడు మనకి తెలుసు.)

అలాగే లింగ కణాలలో (sex cells) కణ విభజన వేరేగా జరుగుతుందని కూడా ఫాన్ బెనెడెన్ కనుక్కున్నాడు. అండకణాలలోను, శుక్రకణాలలోను కణ విభజన జరిగినప్పుడు క్రోమోజోమ్లు ద్విగుణీకృతం కావని గమనించాడు. అండ కణంలోను, శుక్రకణంలోను ఉండే క్రోమోజోమ్ ల సంఖ్య తక్కిన కణాలలో ఉండే క్రోమోజోమ్ ల సంఖ్యలో సగం మాత్రమే ఉంటాయి.

మెండెల్ అంతకు ముందే చేసిన పరిశోధనల సమాచారం అంతా డీ వ్రీస్ బయటపెట్టాక క్రోమోజోమ్ ల మీద జరిగిన ఈ కొత్త పరిశోధనల అంతరార్థం కొంతమంది త్వరలోనే గ్రహించారు. ఈ క్రోమోజోమ్ లు సరిగ్గా మెండెల్ లోగడ ప్రతిపాదించిన 'అనువంశిక కారణాంకాల' (inheritance factors) లాగానే ప్రవర్తిస్తున్నాయని అమెరికాకి చెందిన వాల్టర్ ఎస్. సటన్ (1876-1916) అనే కణశాస్త్రవేత్త 1902 లో సూచించాడు. ప్రతీ కణంలోను ఒక నిర్దుష్ట సంఖ్యలో క్రోమోజోమ్ ల జత ఉంటుంది. ఈ క్రోమోజోమ్ లలో ఒక కణం నుండి మరో కణానికి భౌతిక లక్షణాలని చేరవేసే సామర్థ్యం ఉంటుంది. కణ విభజన జరిగినప్పుడు క్రోమోజోమ్ ల సంఖ్య మారదు. కణ విభజన ముందు ప్రతీ క్రోమోజోమ్ దానినది నకలు చేసుకుంటుంది. అలా ఏర్పడ్డ రెండు క్రోమోజోమ్ లు కొత్తగా పుట్టిన రెండు కణాలలో చెరొకటి చేరిపోతాయి.

ఒక అండకణం గాని (శుక్రకణం గాని) పుట్టినప్పుడు మామూలుగా ఉండే క్రోమోజోమ్ ల సంఖ్యలో సగం మాత్రమే (ప్రతీ క్రోమోజోమ్ జతలో ఒకటి మాత్రమే) ఆ కణంలోకి చేరుతాయి. శుక్ర, అండకణాల కలయిక వల్ల ఫలదీకృత అండకణం ఏర్పడినప్పుడు పూర్తి సంఖ్యలో క్రోమోజోమ్ లు అక్కడ చోటుచేసుకుంటాయి. ఫలదీకృత అండకణం పదే పదే విభజన చెందుతుండగా, దేహం ఎదుగుతున్నప్పుడు, క్రోమోజోమ్ ల సంఖ్య మళ్లీ మునుపటి సంఖ్యకి చేరుకుంటుంది. అలా కొత్తగా ఏర్పడ్డ దేహంలో మాత్రం, ప్రతీ క్రోమోజోమ్ ల జతలో ఒకటి తల్లి నుండి అండకణం ద్వార, మరొకటి తండ్రి నుండి శుక్రకణం ద్వార సంక్రమిస్తాయి. క్రోమోజోమ్ లు ఈ విధంగా రకరకాలుగా కలియడం వల్ల ఒక తరంలో ప్రధాన లక్షణాల (dominant characeristics) మాటున తిరోహితంగా మిగిలిపోయిన అంతర్గత లక్షణాలు (recessive

characteristics) మరో తరంలో వ్యక్తమయ్యే అవకాశం వుంది. క్రోమోజోమ్ లు పరిపరి విధాలుగా కలియడం వల్ల వైవిధ్యం ఏర్పడుతుంది. ఆ వైవిధ్యం అనే పునాది మీద ప్రకృతి ఎంపిక సజావుగా కొనసాగుతుంది.

ఇరవయ్యవ శతాబ్దపు తొలిదశలలో పరిణామ సిద్ధాంతలోనే కాక, జన్యుశాస్త్రం లో కూడ పరిజ్ఞానం తారస్థాయిని చేరుకుంది. రానున్న కాలంలో ఈ రంగాలలో సాధ్యమయ్యే విజయాలకి ఇది ముక్తాయింపు మాత్రమే.

అధ్యాయం 8

ప్రాణవాదానికి నూకలు చెల్లు

నైట్రోజెన్ – ఆహారం

ప్రకృతి ఎంపిక చేత జీవపరిణామం కొనసాగుతుందన్న భావన మనిషి మనసులో లోతుగా పాతుకుపోయిన కొన్ని నమ్మకాలని కూలదోసిన మాట నిజమే అయినా, ఆ భావన నిజానికి భూమి మీద జీవనం పట్ల మన అవగాహనని మరింత ఇనుమడింపజేసింది. పర్యావరణం చేసే ఒత్తిడికి స్పందించి ఎదుగుతూ, పరిణమిస్తూ, భూమి మీద జీవనం ప్రస్తుతం మనకి కనిపించే గొప్ప సంక్లిష్టతని, సమర్ధతని సాధించింది. మారని జీవరహిత ప్రపంచంలో ఈ జీవన వృద్ధిని పోలిన పరిణామం ఏదీ కనిపించదు. పర్వతాలు యుగయుగాలుగా నిశ్చలంగా నిలిచి ఉంటాయి. కాని కొత్త కొత్త జీవాకృతులు ఎప్పటికప్పుడు అంకురిస్తూ నిత్యనూతనంగా విలసిల్లుతుంటాయి.

కాబట్టి పైపైన చూస్తే డార్విన్ సిద్ధాంతం ప్రాణవాదాన్ని (vitalism) సమర్థిస్తున్నట్టు కనిపిస్తుంది. జీవప్రపంచానికి, అజీవప్రపంచానికి మధ్య పూర్వులు ఊహించిన సరిహద్దుకి మద్దతు నిస్తున్నట్టు ఉంటుంది. కాని పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు రెండవ భాగంలో ప్రాణవాదం మునుపు లేని ప్రాముఖ్యతని సంతరించుకుంది.

పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు ప్రాణవాదానికి కర్బన రసాయన శాస్త్రవేత్తల నుండి ముప్పు వాటిల్లనుంది. కాని ఆ దాడికి ప్రతికూలంగా అలనాటి ప్రాణవాదులు ప్రోటీన్ అణువు అనే కవచంతో తమ స్థానాన్ని

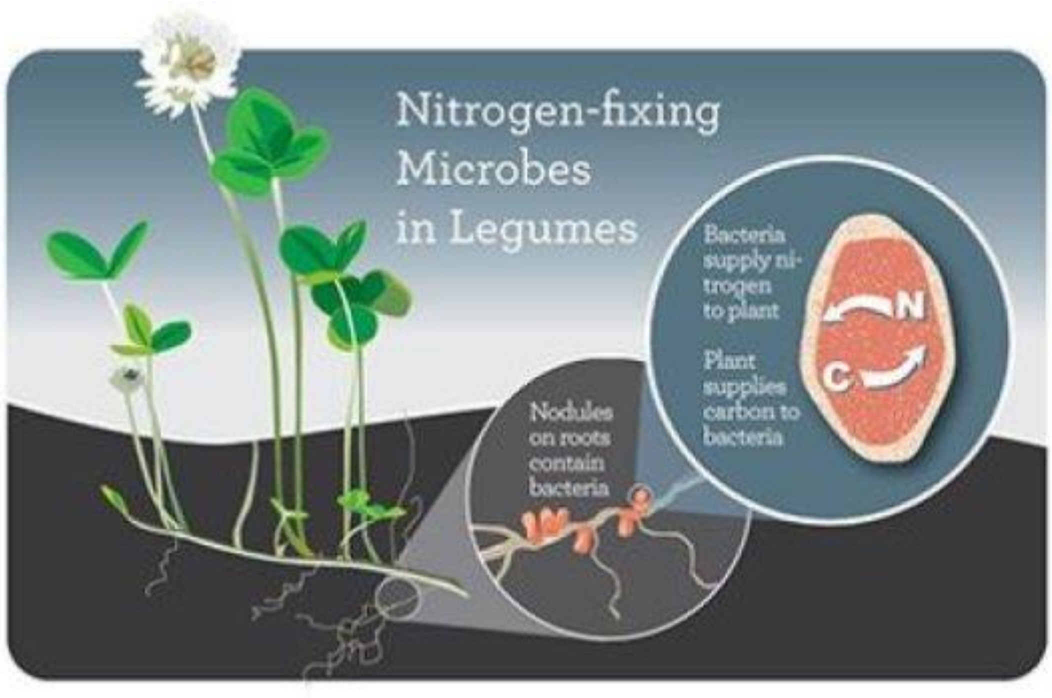
రక్షించుకునే ప్రయత్నం చేశారు. పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు చివరి వరకు కూడా ఆ కవచం స్థిరంగా వాళ్లని ఆదుకుంది. పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు ప్రాణవాదం ప్రోటీన్ అణువుకి విపరీతమైన ప్రాధాన్యత నిచ్చింది.

జీవప్రక్రియలకి ప్రోటీన్ అణువు ఎంత ముఖ్యమో ఫ్రెంచ్ జీవక్రియా శాస్త్రవేత్త (physiologist) ఫ్రాన్సువా మాజెండీ (1783-1855) మొట్టమొదటిసారిగా స్పష్టీకరించాడు. నెపోలియన్ యుద్ధాలు కలిగించిన ఆర్థిక కల్లోలం వల్ల కరువు ఏర్పడింది. ఆహార నిలువలు తరిగిపోసాగాయి. పేదవారి పరిస్థితి మరీ దుర్భరమైపోయింది. ఆ దుస్థితిని గుర్తించిన ప్రభుత్వాలు తగిన చర్యలు చేపట్టాలని నిశ్చయించాయి. పరిస్థితిని సంస్కరించడానికి ఒక సదస్సుని ఏర్పరిచాయి. ఆ సదస్సుకి మాజెండీ నేతృత్వం వహించాడు. జెలటిన్ (ఒక రకమైన జిగురు వంటి పదార్థం) నుండి ఏదైనా పోషకాహారాన్ని చవకగా ఉత్పత్తి చెయ్యడానికి వీలవుతుందా? ఈ విషయాన్ని తేల్చి చెప్పడం ఆ సదస్సు యొక్క లక్ష్యం.

1816 లో మేజెండీ కుక్కలని ప్రోటీన్ రహితమైన ఆహారాన్ని తినిపించడం మొదలెట్టాడు. ఆ ఆహారంలో చక్కెర, ఆలివ్ నూనె, నీరు మాత్రమే వున్నాయి. ఆ ఆహారాన్ని తిన్న జంతువులు పాపం ఆకలికి తట్టుకోలేక ప్రాణాలు విడిచాయి. ఆహారంలో ప్రోటీన్లు తప్పక అవసరం అని ఆ విధంగా తెలిసింది. పైగా అన్ని రకాల ప్రోటీన్లు పనికొస్తాయని చెప్పడానికి లేదు. ఎందుకంటే జిలటిన్ (gelatin) వంటి ప్రోటీన్ పదార్థాన్ని మాత్రమే తినిపించినప్పుడు కూడా కుక్కలు ప్రాణాలు విడిచాయి. ఆ విధంగా ఆధునిక పోషక శాస్త్రానికి (science of nutrition) పునాదులు ఏర్పడ్డాయి. ఆహారానికి ఆరోగ్యానికి మధ్య సంబంధాన్ని శోధించే రంగం ఊపిరి పోసుకుంది.

ప్రోటీన్లకి, కార్బోహైడ్రేట్లకి, లిపిడ్ల కి మధ్య ఓ ముఖ్యమైన తేడా వుంది. ప్రోటీన్లలో నైట్రోజెన్ ఉంటుంది. కార్బోహైడ్రేట్లలోను, లిపిడ్ లలోను నైట్రోజెన్ ఉండదు. అది గమనించిన శాస్త్రవేత్తలు జీవరాశులలో

నైట్రోజెన్ యొక్క పాత్రని అర్థం చేసుకోవడం మీద ప్రత్యేక శ్రద్ధ చూపించడం మొదలెట్టారు. ఫ్రెంచ్ రసాయన శాస్త్రవేత్త జాన్ బాప్టిస్ట్ బూసింగో (1802-1807) 1840 లలో మొక్కల్లో నైట్రోజెన్ యొక్క క్రియలు ఏమిటో శోధించడం మొదలెట్టాడు. Legume (చిక్కుడు, బఠాణీ మొ॥) మొదలైన మొక్కల జాతులు నైట్రోజెన్ లేని మట్టిలో, నైట్రోజెన్ లేని నీరు పోస్తున్నా కూడా పెరగగలవని అతడు గుర్తించాడు. అలాంటి పరిస్థితుల్లో పెరగడమే కాక వాటిలోని నైట్రోజెన్ పాలు పెరుగుతూనే ఉండడం గమనించాడు. ఆ మొక్కలు గాలి నుండి నైట్రోజెన్ ను తీసుకోగలుగుతున్నాయని తరువాత తెలిసింది. (ఆ పని చేస్తున్నది మొక్కలు కావని, మొక్కల వేళ్లలో ఉండే కొన్ని రకాల “నైట్రోజెన్ ని స్థిరపరిచే బాక్టీరియా” అని ప్రస్తుతం మనకి తెలుసు.)

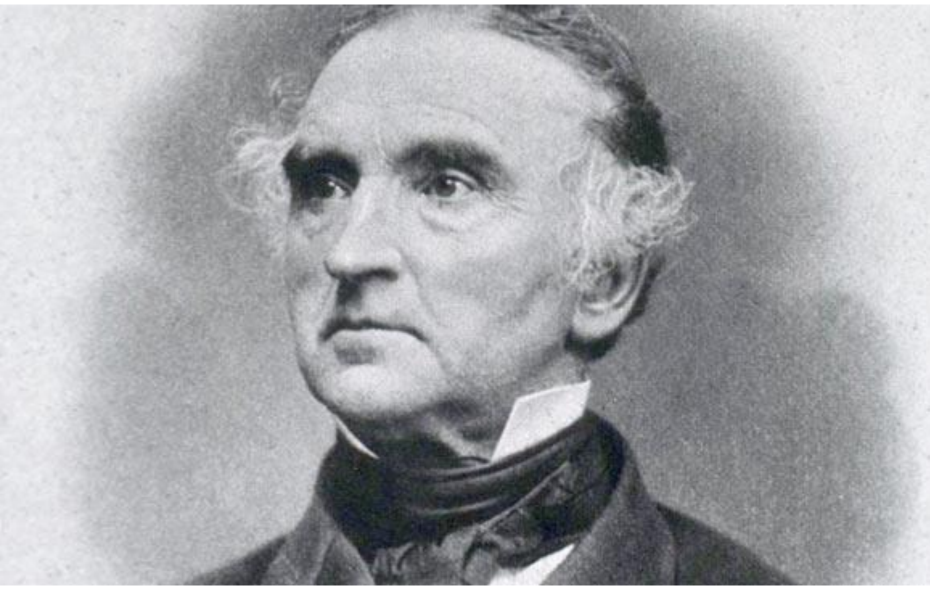


వేళ్ల మీద ఉండే కంతుల (nodules) ద్వార మట్టిలోని నైట్రోజెన్ ని మొక్క లోనికి గ్రహిస్తుంది

బూసింగో మరో సత్యాన్ని కూడా కనుక్కున్నాడు. జంతువులు నేరుగా గాలి నుండి నైట్రోజెన్ ని తీసుకోలేవని, ఆహారం నుండి మాత్రమే అవి నైట్రోజెన్ ని గ్రహించగలవని అతడు నిరూపించాడు. లోగడ మాజెండీ కేవలం గుణాత్మకంగా (qualitative) చేసిన అధ్యయనాలని, బూసింగో మరింత నిర్దిష్టంగా, సంఖ్యాత్మకంగా (quantitative) నిర్వహించి చూశాడు. ఆహారంలోని నైట్రోజెన్ పాలుకి, ఆ ఆహారం ఇచ్చే పోషణ వల్ల దేహం ఎదిగే వేగానికి మధ్య సంబంధాన్ని విశ్లేషించి చూశాడు. ఒక ప్రత్యేక ఆహారాన్ని మాత్రమే అధ్యయనంలో పరిగణించినప్పుడు ఆహారంలోని నైట్రోజెన్ అంశానికి, వృద్ధి వేగానికి మధ్య అనులోమ సంబంధం కనిపించింది. కాని వృద్ధి వేగం అన్ని ఆహారాల విషయంలోను ఒకే విధంగా లేదు. నైట్రోజెన్ అంశం ఒకే విధంగా ఉన్నా కూడా, కొన్ని ఆహారాల వల్ల గణనీయమైన వృద్ధి కనిపించింది. అన్ని రకాల నైట్రోజెన్ మూలాలకి (అంటే ఈ సందర్భంలో ప్రోటీన్లకి) ఒకే విధమైన పోషక లక్షణాలు లేవు. అంటే అన్ని ప్రోటీన్లకి ఒకే విధమైన పోషక గుణాలు లేవన్నమాట. కొన్ని ప్రోటీన్లు శరీరానికి ఇతర ప్రోటీన్ల కన్నా బాగా ఉపయోగపడతాయి. ఆ కారణం ఏమిటో పందొమ్మిదవ శతాబ్దం అంతం వరకు ఓ అంతుచిక్కని రహస్యంగా మిగిలిపోయింది. అయితే 1844 లో బూసింగో తన అధ్యయనాల ఆధారంగా ప్రోటీన్ అంశాలు గల ఆహారాల వివరాలన్నీ సేకరించి ఒక పట్టిక తయారుచేశాడు.

ఈ రకమైన ప్రయత్నాన్ని జర్మన్ రసాయన శాస్త్రవేత్త జస్టస్ ఫాన్ లీబిగ్ (1805-1873) మరింత ముందుకు తీసుకువెళ్లాడు. ఇతడు 1850 లలో ఓ దశాబ్ద కాలం పాటు కృషి చేసి బూసింగో తయారు చేసిన పట్టిక లాంటివే మరెన్నో పట్టికలు తయారుచేశాడు. అలాంటి పట్టికలతో కేవలం వాస్తవాలని క్రోడీకరించే ప్రయత్నంతో ఆగిపోకుండా అలా ఎందుకు జరిగిందో ఆ కారణాలని శోధించే ప్రయత్నం చేశాడు లీబిగ్. ఆ దృక్పథంతో చుస్తే ప్రత్యేకించి వ్యవసాయానికి సంబంధించిన కొన్ని ముఖ్యమైన ప్రశ్నలని ఎదుర్కున్నాడు. ఏళ్ల సేద్యం వల్ల మట్టిలోని సారం తరిగిపోడానికి కారణం ఆ మట్టిలో ఉండే ఖనిజాలని మొక్కలు గ్రహించడమే అని అర్థం చేసుకున్నాడు. మొక్కలలో సూక్ష్మ మోతాదులో సోడియమ్,

పొటాషియమ్, కాల్షియమ్, ఫాస్ఫరస్ మొదలైన మూలకాలు ఉంటాయి. అవన్నీ మట్టిలో కరిగి వుండే సంయోగాల నుండి మొక్కలలోకి చేరుకుంటాయి. మట్టీలోని సారాన్ని పెంచడానికి జంతువుల పేడని, ఇతర వ్యర్థాలని తిరిగి మట్టిలో కలిపే ఆచారం అనాదిగా వస్తోంది. కాని అలా చెయ్యడం వల్ల మట్టిలోంచి తొలగించ బడ్డ కొన్ని ముఖ్యమైన అంశాలని తిరిగి మట్టిలోకి చేరవేయడం లేదని లీబిగ్ భావించాడు. మట్టిలో పేడని కలిపినప్పుడు జంతు వ్యర్థాలలో ఉండే ఖనిజాలని తిరిగి మట్టిలో కలపడం జరుగుతోంది. అలా కాకుండా, జంతు వ్యర్థాలతో సంబంధం లేకుండా, మట్టిలో నేరుగా, ఏ రకమైన దుర్గంధమూ లేని, శుద్ధ రూపపు ఖనిజాలని కలిపితే ఎలా ఉంటుందని లీబిగ్ ప్రశ్నించాడు.



జస్టస్ ఫాన్ లీబిగ్

ఆ విధంగా లీబిగ్ రసాయనిక ఎరువులతో ప్రయోగాలు చేసిన మొట్టమొదటివాడు అనిపించుకున్నాడు. అయితే అతడు రూపొందించిన రసాయన మిశ్రమాలు చాలా మటుకు విఫలం అయ్యాయనే చెప్పాలి.

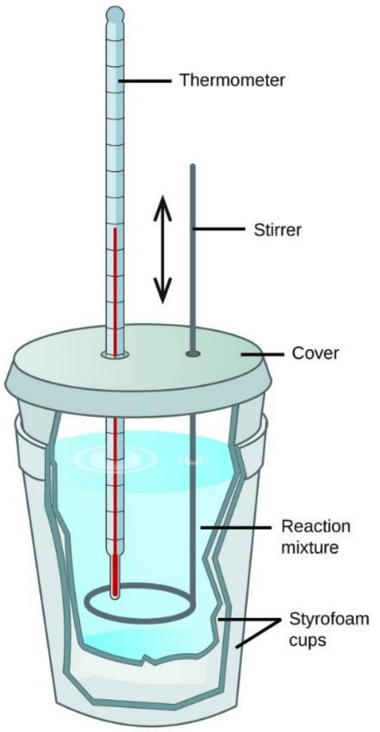
ఎందుకంటే మొక్కలు గాలి నుండి నైట్రోజెన్ తీసుకుంటాయని లోగడ బూసింగో చెప్పిన మాటలని అతడు అతిగా నమ్మాడు. కాని మట్టిలో కలిసిన నైట్రోజెన్ సంయోగాల (నైట్రేట్ లు) నుండి మొక్కలు నైట్రోజెన్ ని గ్రహిస్తాయని అతడు తరువాత గుర్తించగలిగాడు. అప్పటి నుండి అలాంటి సంయోగాలని తను రూపొందించిన మిశ్రమాలకి కలపడం ప్రారంభించి మరింత ఫలదాయకమైన ఎరువులని తయారు చేయగలిగాడు. బూసింగో, లీబిగ్ ల సమిష్టి కృషి వల్ల ఆ విధంగా వ్యవసాయ రసాయన శాస్త్రం అనే రంగానికి పునాదులు ఏర్పడ్డాయి.

ఉష్ణమాపన శాస్త్రం (Calorimetry)

రసాయన రంగంలోనే కాక యంత్ర శాస్త్రంలో కూడా మంచి ప్రవేశం గల లీబిగ్ కార్బోహైడ్రేట్ లకి, లిపిడ్ లకి సంబంధించిన ఓ లోతైన సత్యాన్ని గుర్తించాడు. కార్బోహైడ్రేట్ లని, లిపిడ్ లని మంటలో వేస్తే బాగా మండుతాయి. కాబట్టి శరీరంలో కూడా అవి ఇంధనంలా పని చేస్తాయి కాబోలు అని లీబిగ్ ఆలోచించాడు. ఆ విషయంలో అర్థశతాబ్దం క్రితం లెవోషియే చేసిన సూచనల కన్నా లీబిగ్ మరింత ముందుకు వెళ్లాడు. లెవోషియే కేవలం కార్బన్, హైడ్రోజెన్ ల గురించి మాత్రమే మాట్లాడాడు. కాని ఇప్పుడు కార్బన్, హైడ్రోజెన్ ల తో మాత్రమే కాక, ఆక్సిజన్ తో కూడుకున్న కార్బోహైడ్రేట్ ల గురించి, లిపిడ్ ల గురించి ప్రస్తావించడానికి వీలవుతోంది.

ఒక పదార్థం మంటలో ఇంధనంలా పని చెయ్యడానికి, శరీరంలో ఇంధనంలా పని చెయ్యడానికి మధ్య పోలిక చూపిన లీబిగ్ భావాలు, కొన్ని ఆసక్తికరమైన ప్రయోగాలాకి బాటలు వేశాయి. ఉదాహరణకి ఒక పదార్థం శరీరంలో జీర్ణం అయినప్పుడు పుట్టే ఉష్ణం యొక్క మోతాదు, బయట భౌతికంగా మండించినప్పుడు పుట్టే ఉష్ణం యొక్క మోతాదు – ఈ రెండూ ఒకటేనా? అన్న ప్రశ్న బయలుదేరింది. ఈ దిశలో లోగడ లెవోషియే చేసిన ప్రయోగాలు కాస్త మోటువే అయినా వాటి నుండి పై ప్రశ్నకి సమాధానం “అవును” అనే వస్తోంది. కాని లెవోషియే కాలానికి, లీబిగ్ కాలానికి మధ్య శాస్త్ర పద్ధతులు మరింత నిగ్గుదేలాయి. కాబట్టి ఆ ప్రశ్నని మరింత నిర్దుష్టంగా శోధించే అవకాశం ఎప్పుడు ఏర్పడింది.

కర్బన రసాయనాలని మండించినప్పుడు పుట్టే ఉష్ణాన్ని కొలవగల సాధనాల రూపకల్పన 1860 లలో మొదలయ్యింది. అలాంటి ఓ ఉపకరణాన్ని (calorimeter) వాడి బెర్తెలో వందలాది చర్యల నుండి పుట్టే ఉష్ణాన్ని కొలిచాడు. బెర్తెలో వాడిన సామాన్యమైన కెలోరీమీటర్ లో ఓ దహన మందిరం (combustion chamber) ఉంటుంది. మండించదగ్గ పదార్థాన్ని ఆ మందిరంలో ఉంచి ఆక్సిజన్ తో కలియబెట్టి, వేడెక్కిన విద్యుత్ తీగతో ఆ మిశ్రమాన్ని మండిస్తారు. దహన మందిరం చూట్టూ ఓ నీటి తొట్టె ఉంటుంది. మందిరంలోని మంట నుండి పుట్టే ఉష్ణం వల్ల తొట్టె లోని నీరు వేడెక్కుతుంది. అలా వేడెక్కిన నీటి ఉష్ణోగ్రత పెరుగుదల బట్టి మంట లోంచి ఎంత ఉష్ణం వెలువడిందో అర్థమవుతుంది.



కెలోరీమీటర్

ఓ ప్రాణి నుండి ఎంత ఉష్ణం వెలువడుతుందో కొలవాలంటే, ఆ ప్రాణి పట్టేటంత పెద్ద కెలోరీమీటర్ ని తయారు చెయ్యాలి. ఒక ప్రాణి ఎంత ఆక్సిజన్ ని లోపలికి తీసుకుంటుందో, ఎంత కార్బన్ డయాక్సయిడ్ ని వెలువరిస్తుందో తెలిస్తే, దాన్ని బట్టి దాని లోపల ఎంత మోతాదులో కార్బోహైడ్రేట్ , లిపిడ్ "మండుతుందో" లెక్క కట్టవచ్చు. శరీరం నుండి పుట్టిన ఉష్ణోగ్రత విలువని చుట్టూ ఉండే నీటి ఉష్ణోగ్రతలో పెరుగుదల బట్టి వెల కట్టొచ్చు. అలా వెల కట్టబడ్డ ఉష్ణాన్ని మామూలుగా కార్బోహైడ్రేట్ ని, లిపిడ్ ని మండించగా పుట్టిన ఉష్ణం విలువతో పోల్చి చూసుకోవచ్చు.

జర్మన్ జీవక్రియా శాస్త్రవేత్త కార్ల్ ఫాన్ వోయిట్ (1831-1908) స్వయానా లీబిగ్ కి శిష్యుడు. ఆ గురుశిష్యులు ఇద్దరూ కలిసి మాక్స్ ఫాన్ పెటెన్ కోఫర్ (1818-1901) తో చేతులు కలిపి పెద్ద పెద్ద కెలోరీమీటర్ లని రూపొందించారు. వీటిలో జంతువులే కాక మనుషులు కూడా పడతారు. అలాంటి పెద్ద పెద్ద కెలోరీమీటర్లతో చేసిన ప్రయోగాల వల్ల ఒక ముఖ్యమైన సత్యం తెలిసింది. ఆహారం లోంచి వచ్చే శక్తి మినహా జీవధాతువులో వేరే ప్రత్యేకమైన శక్తి మూలాలేవీ లేవని అర్థమయ్యింది.

వోయిట్ శిష్యుడైన మాక్స్ రూబ్నర్ (1854-1932) అనే మరో శాస్త్రవేత్త ఈ విషయాన్ని మరింత ముందుకు తీసుకువెళ్లి ఇక అందులో సందేహమే లేకుండా చేశాడు. తన ప్రయోగాలలో పాల్గొనే పాత్రధారులకి ప్రత్యేకమైన ఆహారాన్ని తినిపించి వారి నుండి వెలువడే మలమూత్రాలని రసాయనికంగా విశ్లేషించాడు. ఆహారంలోని కార్బోహైడ్రేట్ ని, లిపిడ్ ని కొలిచి వాటి నుండి వచ్చే శక్తిని అంచనా వేశాడు. అలాగే వాటిలోని నైట్రోజెన్ పాలుని కూడా అంచనా వేశాడు. మలమూత్రాల నుండి వచ్చే శక్తిని కూడా అంచనా వేశాడు. ఆహారంలో కార్బోహైడ్రేట్ లు, లిపిడ్ లు మాత్రమే కాక ప్రోటీన్ పదార్థం కూడా ఉంటుంది కనుక, ప్రోటీన్ ల నుండి కూడా శక్తి వస్తుందేమోనని అధ్యయనం చేశాడు. నైట్రోజెన్ ఉన్న భాగాలు తొలగించబడ్డ ప్రోటీన్ లు కూడా శక్తి వనరులుగా పని చెయ్యగలవని గుర్తించాడు. ప్రోటీన్ల నుండి వచ్చే శక్తిని అంచనా వేసిన మీదట మొత్తం మీద తన శక్తి వనరులకి సంబంధించిన లెక్కలు మరింత నిర్దుష్టంగా మారాయని రూబ్నర్ గుర్తించాడు. 1894 కల్లా శరీరంలో ఆహారం జీర్ణం కావడం వల్ల పుట్టిన ఉష్ణం విలువ, ఆ ఆహారాన్ని వేరేగా మండించడం వల్ల పుట్టిన ఉష్ణం విలువ రెండూ ఒకటేనని నిస్సందేహంగా నిరూపించాడు (అయితే ఇక్కడ మలమూత్రాలలో ఉండే శక్తి విలువని లెక్కించి తొలగించాలి).   జీవరహిత ప్రపంచంలోనే కాక జీవప్రపంచంలో కూడా శక్తి నిత్యత్వ సూత్రం వర్తిస్తోందని తేలింది. ప్రాణవాదానికి నూకలు చెల్లిపోయాయని అర్థమయ్యింది.

అలా తేటతెల్లం అయిన కొత్త సత్యాలని వైద్యరంగంలో వర్తింపజేసే ప్రయత్నాలు మొదలయ్యాయి. జర్మన్ జీవక్రియా శాస్త్రవేత్త అడోల్ఫ్ మాగ్నస్-లెవీ (1865-1955) మనుషులలో కనీస శక్తి ఉత్పత్తి వేగాన్ని (basal metabolic rate - BMR) కొలిచాడు. థైరాయిడ్ గ్రంథికి సంబంధించిన వ్యాధులు ఉన్నా వారిలో ఈ కనీస శక్తి ఉత్పత్తి వేగంలో తేడాలు ఉన్నట్టు గమనించాడు. అప్పటి నుండీ రోగనిర్ధారణ విధానాలలో (diagnostics) BMR విలువని కొలవడం ఒక ముఖ్యభాగం అయిపోయింది.

పులియబెట్టడం (fermentation)

పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు రెండవ భాగంలో కెలోరీమెట్రీ గణనీయంగా పురోగమించింది. కాని ప్రాణవాదానికి చెందిన కొన్ని కేంద్ర భావాలు మాత్రం సవాలు లేకుండా మిగిలిపోయాయి. మట్టిలోను, మనిషిలోను ఉన్నది కేవలం పదార్థమే కావచ్చు గాక. కాని ఆ రెండు రకాల పదార్థాలని వేరు చేస్తూ రెండిటి మధ్య ఓ చెరపరాని సరిహద్దు గీయబడింది. ఒకప్పుడు జీవానికి, అజీవానికి మధ్య తేడా కర్బన రసాయనాలకి, అకర్బన రసాయనాలకి మధ్య ఉండే తేడా వల్ల వస్తోంది అనుకునేవారు. ఆ తేడాకి పెద్దగా ప్రాధాన్యత లేదని త్వరలోనే తేలిపోయింది. ఆ తేడా స్థానంలో ఇప్పుడు ప్రోటీన్లకి, ప్రోటీనేతర పదార్థాలని మధ్య తేడా వచ్చి చేరింది.

జీవప్రపంచానికి, జీవరహిత ప్రపంచానికి లభ్యమయ్యే శక్తి ఒక్కటే కావచ్చు. కాని అలా లభ్యమైన శక్తి ఆయా పదార్థాలల లోనికి చేరడానికి అవసరమయ్యే విధానాలలో మాత్రం లోతైన తేడా వుంది. అందువల్లనే ఆ రెండు ప్రపంచాల మధ్య పూడ్చరాని తేడా కనిపిస్తోంది.

ఉదాహరణకి శరీరానికి బయట దహన ప్రక్రియ జరిగినప్పుడు ఆ మంట లోంచి గొప్ప ఉష్ణం, తేజం పుడతాయి.

జ్వాలాగ్ని కీలలు ఉధృతంగా పైకి లేస్తాయి. కాని శరీరంలో ఆహారం జీర్ణం అయినప్పుడు కాంతి పుట్టదు. ఉష్ణం పుట్టినా కొంచెమే పుడుతుంది. శరీరం 98.6 F అనే ఉష్ణోగ్రత వద్ద స్థిరంగా నిలుస్తుంది. శరీరంలో జరిగే జ్వలన ప్రక్రియ అతినెమ్మదిగా సాగుతుంది. జీవధాతువులో జరిగే రసాయన క్రియలని కృత్రిమంగా సాధించాల్సి వచ్చినప్పుడు రసాయన శాస్త్రవేత్తలు దుడుకుపద్ధతులనే వాడారు. పెద్ద మంట, రగిలే విద్యుత్ తీగ, బలమైన రసాయనాలు మొదలైనవి వాడి ఆ రసాయన చర్య వేగంగా సాగేలా చేశారు. కాని జీవధాతువులో రసాయన క్రియలు ముందుకు సాగడానికి వీటి అవసరం ససేమిరా అక్కర్లేదు.

మరి ఎక్కడో ఏదో లోతైన తేడా వున్నట్టు కనిపిస్తోంది.

అలాంటి తేడా ఏమీ లేదంటాడు లీబిగ్. అందుకు ఉదాహరణగా పులియబెట్టే ప్రక్రియని పేర్కొంటాడు. పళ్ల రసాలని పులియబెట్టి వైన్ మొదలైన మత్తు పానీయాలని తయారుచేసే ఆచారం అనాదిగా వస్తోంది. పిండిలో యీస్ట్ (yeast) కలిపినప్పుడు ఆ పిండి పులిసి లోనుండి బుడగలు పుడతాయి. ఆ పిండితో రొట్టె తయారుచేసినప్పుడు ఆ రొట్టె మెత్తగా, రుచికరంగా మారుతుంది.

ఆ మార్పులు జరగడానికి కర్బనరసాయనాలు కావలసి ఉంటుంది. చక్కెరను గాని, పిండి పదార్థాన్ని గాని ఆల్కహాలుగా మార్చినప్పుడు, ఆ మార్పు జీవధాతువులలో సాగే రసాయన చర్యలని పోలి ఉంటుంది. ఆ చర్యలు గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతినెమ్మదిగా, నిశ్శబ్దంగా సాగుతాయి. అయితే పులిసే ప్రక్రియ

కేవలం ఒక రసాయన ప్రక్రియ అని, దానికి జీవ ప్రక్రియలకి ఎలాంటి సంబంధమూ లేదని లీబిగ్ అభిప్రాయపడ్డాడు. జీవన ప్రక్రియలని పోలిన క్రియేగాని అందులో జీవం లేదని అతడు తలపోశాడు.

యీస్ట్ మీద మైక్రోస్కోప్ తో పరిశీలనలు ఫాన్ లూవెన్హోక్ కాలం నుండే జరిగాయి. కాబట్టి యీస్ట్ లో ఏవో గోళాకారం అంగాలు ఉన్నాయని ఆ నాటి నుండే తెలుసు. కాని ఆ గోళాకారం అంగాలలో జీవలక్షణాలు ఉన్నట్టు కనిపించలేదు. కాని 1936, 1937 ప్రాంతాల్లో ఆ గోళాకార అంగాలు పూతపూయడం గమనించారు. అంటే కణవిభజనకి మల్లె ఆ గోళాకార అంగాలు రెండుగా విభజించబడి కొత్త అంగాలు పుడతాయన్నమాట. పాత అంగాల నుండి కొత్త అంగాలు పుట్టే ధోరణి చూస్తే అది నిజంగా జీవప్రక్రియని తలపింపజేస్తుంది. దాంతో జీవశాస్త్రవేత్తలు యీస్ట్ లో ఉన్నవి జీవకణాలేనని, అది జీవరహిత పదార్థం కాదని, మాట్లాడడం మొదలెట్టారు. కాని అలాంటి వర్ణన లీబిగ్ కి నచ్చలేదు. యీస్ట్ ఒక రకమైన జీవపదార్థమని లీబిగ్ ఒప్పుకోలేదు.

ఇలా ఉండగా ఫ్రెంచ్ రసాయన శాస్త్రవేత్త లూయీ పాశ్చర్ (1822-1895) అప్పటికే పేరు ప్రఖ్యాతులు గడించిన లీబిగ్ మీద ధ్వజం ఎత్తాడు. 1856 లో ఫ్రాన్స్ లో వైన్ పరిశ్రమకి చెందిన మహామహులంతా లూయీ పాశ్చర్ ని సంప్రదింపులకి ఆహ్వానించారు. వయసు పెరుగుతున్న కొద్ది వైన్, బియర్ వంటి మత్తు పానీయాలు కుళ్లిపోతున్నాయి. దాంతో లక్షల ఫ్రాన్క్ ల నష్టం వాటిల్లుతోంది. దీన్ని నివారించడంలో రసాయన శాస్త్రవేత్తలు ఏమైనా సహాయం చెయ్యగలరా?

లూయీ పాశ్చర్

పరిష్కారం కోసం పాశ్చర్ మైక్రోస్కోప్ ని ఆశ్రయించాడు. వైన్, బియర్ లని సరైన పద్ధతిలో పులియబెడితే అందులోని యీస్ట్ కణాలు గోళాకారంలో ఏర్పడ్డాయి. వైన్, బియర్ లు కుళ్లిపోతే అందులోని యీస్ట్ కణాలు పొడవుగా సాగాయి. కాబట్టి రెండు రకాల యీస్ట్ కణాలు ఉన్నాయని అర్థమయ్యింది. ఒక దాని వల్ల ఆల్కహాల్ తయారు అవుతోంది. రెండవ దాని వల్ల వైన్ కుళ్లిపోతోంది. వైన్ ని కొద్దిగా వెచ్చజేస్తే అందులోని యీస్ట్ కణాలు చచ్చిపోయాయి. దాని వల్ల వైన్ కుళ్ళే ప్రక్రియ ఆగిపోయింది. సమస్యకి పరిష్కారం దొరికింది!

ఈ అధ్యయనాలతో పాశ్చర్ రెండు విషయాలని స్పష్టీకరించాడు. మొదటిది – యీస్ట్ కణాలు సజీవమైన కణాలు. ఎందుకంటే వెచ్చజేయడం వల్ల వాటి పులియబెట్టే గుణం నశించిపోతోంది. కణాలు సజీవంగానే

ఉన్నాయి. వాటి పులియబెట్టే గుణం మాత్రమే మాయమౌతోంది. రెండవది – సజీవ కణాల వల్లనే పులియడం జరుగుతోంది. చచ్చిన కణాల వల్ల అది వీలుకావడం లేదు. పాశ్చర్ కి, లీబిగ్ కి మధ్య ఏర్పడిన వివాదానికి ఆ విధంగా తెర పడింది. గెలుపు పాశ్చర్ ని వరించింది. పాశ్చర్ తో ప్రాణ వాదం కూడా జయించింది.

పాశ్చర్ తన అధ్యయనాలు కొనసాగిస్తూ 'అకారణ జీవోత్పత్తి' కి (spontaneous generation) సంబంధించిన ఓ ప్రఖ్యాత ప్రయోగాన్ని చేసి చూస్తాడు. అకారణ జీవోత్పత్తి ఎంతో కాలంగా వివాదాంశంగా మిగిలింది. తొలుత స్పల్లాంజానీ తన ప్రథమ ప్రయోగాలు చేసి అకారణ జీవోత్మత్తి జరగదని నిరూపించిన నాటి నుండి ఈ విషయం మీద ప్రాణవాదుల మనోభావాలు ఏ మార్పూ లేకుండా జడంగా ఉండిపోయాయి. బైబిల్ లో అకారణ జీవోత్పత్తిని సమర్థిస్తున్నట్టుగా కనిపించిన భాగాలని త్రోసిపుచ్చారు. మతాధికారులు కూడా అకారణ జీవోత్పత్తి అసంభవమని చాటే సిద్ధాంతాలనే స్వాగతించారు. ఎందుకంటే జీవసృష్టి చేయగల సామర్థ్యం ఒక్క భగవంతుడికే వుంది! కాని పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు మధ్య దశలో మాత్రం కొందరు యాంత్రిక వాదులు అకారణ జీవోత్పత్తిని సమర్థిస్తూ మాట్లాడారు.

క్రిమిరహితం గావించబడ్డ మాంసపు పులుసుకి ఇతర కాలుష్యాలతో సంపర్కం కలగకుండా బంధించినప్పుడు, అందులో క్రిములు ఏర్పడలేదని లోగడ స్పల్లాంజానీ నిరూపించాడు. ఆ కాలంలో స్పల్లాంజానీ సిద్ధాంతానికి వ్యతిరేకంగా నిలిచిన వారు మరో విధంగా వాదించారు. పులుసుని వెచ్చజేయడం వల్ల బంధించబడ్డ మందిరంలోని గాలిలో ఉండే "ప్రాణ తత్వం" నాశనమయ్యిందని వారి

వాదన. అందుకు స్పందనగా పాశ్చర్ మరో ప్రయోగాన్ని రూపొందించాడు. అందులో మామూలుగా వెచ్చజేయబడ్డ గాలికి మాంసపు పులుసుతో సంపర్కం కలిగేలా ఏర్పాటు చేశాడు.

1860 లో చేసిన ఓ ప్రయోగంలో మాంసపు పులుసుని మరిగించి, క్రిమిరహితం గావించి, మామూలు గాలితో సంపర్కం కలిగేలా ఏర్పాటు చేశాడు. అయితే ఆ సీసా నోరు మాత్రం సన్నని కాడ లాంటి నాళానికి చివర్లో వుంది. ఆ నాళం S ఆకారంలో మెలిక తిరిగి, పక్కకి ఒరిగి వుంది. అలాంటి ఏర్పాటు వల్ల వెచ్చజేయబడని మామూలు గాలి సీసా లోపలికి ప్రవేశించినా, అందులోని ధూళి రేణువులు మాత్రం S ఆకారపు నాళానికి అడుగునే పేరుకుంటాయి. అవి సీసా లోపలి వరకు పోలేవు.

అలాంటి పరిస్థితుల్లో సీసాని వదిలేసినప్పుడు అందులో ఉండే మాంసపు పులుసులో కొత్త క్రిములు ఏర్పడలేదు. కాని సీసా యొక్క మెలిక తిరిగిన మెడని తొలగిస్తే మాత్రం, మాంసపు పులుసులో మళ్లీ క్రిములు చేరాయి. కాబట్టి గాలి వెచ్చజేయబడిందా లేదా, “ప్రాణతత్వం” నాశనం అయ్యిందా లేదా అన్న ప్రసక్తే రాదు. బయటి నుండి లోపలికి ధూళి ప్రవేశించిందా లేదా అన్నదే ముఖ్యం. ఆ ధూళి ద్వార సూక్ష్మక్రిములు సీసాలోకి ప్రవేశిస్తున్నాయి. ఆ సూక్ష్మక్రిములు మాంసపు పులుసులోకి ప్రవేశించినప్పుడు వాటి సంఖ్య పెరిగింది.

పై ఫలితానికి జర్మన్ వైద్యుడు రుడోల్ఫ్ విర్చొ మరో పరిశీలన జతచేశాడు. 1850లలో అతడు వ్యాధి గ్రస్థ ధాతువుని చాలా క్షుణ్ణంగా అధ్యయనం చేశాడు. (అందుకే అతణ్ణి ఆధునిక ‘వ్యాధి విజ్ఞాన శాస్త్రం’

(pathology) కి మూలకర్తగా పరిగణిస్తారు.) తన అధ్యయనాల ఆధారంగా కణ సిద్ధాంతం మామూలు ధాతువుకి మాత్రమే కాక వ్యాధిగ్రస్థ ధాతువుకి కూడా వర్తిస్తుందని అతడు ఋజువు చేశాడు.

రుడోల్ఫ్ విర్చొ

మామూలు ధాతువులో ఉండే ఆరోగ్యవంతమైన కణాల నుండి వ్యాధిగ్రస్థ ధాతువులో ఉండే కణాలు పుట్టుకొచ్చాయని అతడు నిరూపించాడు. వ్యాధి గ్రస్థ ధాతువులో ఉన్నట్లుండి కొత్త, అసాధారణ కణాలు ఎక్కడి నుండో పుట్టుకురాలేదు. 1855 లో విర్చొ తన అధ్యయనాల ఆధారంగా రూపొందించుకున్న కణ సిద్ధాంతాన్ని క్లుప్తంగా ఓ సూత్రం రూపంలో ఇలా వ్యక్తం చేశాడు – “కణాలన్నీ కణాల నుండే జనిస్తాయి.”

ఆ విధంగా విర్చౌ, పాశ్చర్ లు కలిసి ఏ కణమైనా – అది ఏకకణ జీవి అయినా, బహుళ కణ జీవికి చెందినదైనా సరే – అది మరో కణం నుండే పుట్టుకొస్తుందని నిస్సందేహంగా నిరూపించారు. కణం లేని పదార్థం లోంచి కణాలు పుట్టుకురాలేవు. అలా చూసినప్పుడు జీవపదార్థానికి, జీవరహిత పదార్థానికి మధ్య పూడ్చరాని అగాధం వుందని అనిపించింది. ఆ సిద్ధాంతం ప్రాణవాదాన్ని బలంగా సమర్థించినట్టు అయ్యింది.

ఎంజైమ్ లు (Enzymes)

జీవరహిత లోకంలో సాధ్యం కాని రసాయనిక అధ్భుతాలు జీవలోకంలో జరుగుతున్నప్పుడు, ఆ అద్భుతాలు ఏవో భౌతిక ప్రక్రియల వలన జరుగుతూ ఉండాలి (లేదా అదంతా ఏవో పారభౌతిక శక్తుల లాస్యం అనైనా నమ్మాల్సి ఉంటుంది. కాని పందొమ్మిదవ శతాబ్దానికి చెందిన శాస్త్రవేత్తలు పారభౌతిక శక్తులని నమ్మే స్థితిలో లేరు). జీవపదార్థం మీద శాస్త్ర శోధన కొనసాగింది. జీవన క్రియలకి ఆధారభూతమైన చర్యలు ఎలాంటివో నెమ్మదిగా విశదం కాసాగింది.

పద్దెనిమిదవ శతాబ్దపు రసాయన శాస్త్రవేత్తలకి కూడా ఈ రసాయన విశేషం గురించి తెలుసు. కొన్ని రసాయన చర్యల విషయంలో, ఆ చర్యలలో పాల్గొంటున్నట్టు కనిపించని రసాయనాలని ప్రవేశపెట్టినప్పుడు కూడా, ఆ చర్యలు మరింత వేగవంతం అయ్యే అవకాశం ఉంటుంది. అలాంటి ప్రత్యేకమైన చర్యల గురించిన వివరాలు క్రమంగా బయటపడ్డాయి. అలాంటి చర్యల ఉదాహరణల సంఖ్య

కూడా పెరుగుతూ వచ్చింది. పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు తొలి భాగంలో అలాంటి చర్యల మీద ఎంతో మంది ధ్యాస పెట్టారు.

గోట్లీబ్ సిగిస్మండ్ కిర్షాఫ్ (1764-1833) అనే రష్యన్ రసాయన వేత్త 1812 లో ఓ చక్కని సత్యాన్ని నిరూపించాడు. పిండిపదార్థాన్ని సజల ఆసిడ్ తో కలిపి మరిగించినప్పుడు ఆ పిండి పదార్థం గ్లూకోస్ వంటి సరళమైన చక్కెరగా మారిపోయింది. ఆసిడ్ లేకపోతే ఆ చర్య జరగదు. కాని ఆ చర్యలో ఆసిడ్ పాల్గొంటున్నట్టు కనిపించలేదు. ఎందుకంటే ఆ చర్యలో ఆసిడ్ వినియోగించబడతున్నట్టు కనిపించలేదు. మొదట్లో కలిపిన ఆసిడ్ అలాగే యదాతథంగా మిగిలింది.

నాలుగేళ్ల తరువాత ఇంగ్లీష్ రసాయన శాస్త్రవేత్త హంఫ్రీ డేవిస్ (1778-1829) ఇలాంటిదే మరో చర్యని కనుక్కున్నాడు. సామాన్య ఉష్ణోగ్రతల వద్ద కూడా ఆల్కహాలు వంటి ఆవిరికి, ఆక్సిజన్ కి మధ్య జరిగే చర్యని ప్లాటినమ్ కడ్డీలు మరింత వేగవంతం చేస్తున్నట్టు కనిపించింది. కాని ఆ చర్యలో ప్లాటినమ్ కడ్డీ పాల్గొనలేదు. దాని ద్రవ్యరాశిలో ఏ మార్పూ లేదు.

ఇవి కాకుండా, ఇలాంటివే మరి కొన్ని రసాయన చర్యల మీద ప్రఖ్యాత రసాయన శాస్త్రవేత్త బెర్జీలియస్ దృష్టి పడింది. 1836 లో అతడు ఆ అంశం మీద ఓ పుస్తకం రాశాడు. ఆ ప్రక్రియకి 'catalysis' అని పేరు కూడా పెట్టాడు. ఆ పదం "విచ్ఛిన్నం చెయ్యడం" అనే అర్థం గల గ్రీకు పదాల నుండి వచ్చింది. ఆసిడ్ ప్రభావం వల్ల పిండి పదార్థం విచ్ఛిన్నం అయిన తీరును ఆ పదం బహుశా తలపిస్తోందేమో.

మామూలుగా అయితే ఆల్కహాలు ఆవిర్లు ఆక్సిజన్ లో మండాలంటే అది అధిక ఉష్ణోగ్రతల వద్ద మాత్రమే జరుగుతుంది. కాని ప్లాటినమ్ కెటలిస్ట్ (catalyst) సమక్షంలో అది అధిక ఉష్ణోగ్రత లేకున్నా మండుతోంది. జీవధాతువులో జరిగే రసాయన చర్యలు అతి సామాన్యమైన, సున్నితమైన పరిస్థితుల్లో కూడా జరగడానికి కారణం కెటలిస్ట్ ల ప్రభావమేనని దీన్ని బట్టి అర్థమయ్యింది. జీవరహిత పదార్థంలో లేని కొన్ని కెటలిస్ట్ లు జీవపదార్థంలో ఉన్నాయేమో నని సందేహించవలసి వచ్చింది.

ఈ విషయం మీద బెర్జీలియస్ తన అధ్యయనాలు పూర్తి చేసిన అనతి కాలంలోనే 1833 లో ఆన్సెల్మ్ పాయెన్ (1795-1871) అనే ఫ్రెంచ్ రసాయనిక శాస్త్రవేత్త మరో కెటలిస్ట్ ని కనుక్కున్నాడు. బార్లీ మొలకల నుండి అతడు ఓ కొత్త పదార్థాన్ని వెలికి తీశాడు. ఆ పదార్థం పిండి పదార్థాన్ని ఆసిడ్ కన్నా వేగంగా చక్కెరగా మార్చగలిగింది. దానికి అతడు 'డయాస్టేస్ (diastase)' అని పేరు పెట్టాడు. డయాస్టేస్ మొదలైన పదార్థాలని ఉమ్మడిగా 'ferments' అని పిలిచేవారు. ఎందుకంటే ధాన్యాన్ని పులియబెట్టే ప్రక్రియలో పిండి పదార్థాన్ని చక్కెరగా మార్చడం ఒక ముఖ్యభాగం.

ఇలాంటి ferment లని క్రమంగా జంతు ధాతువుల నుండి కూడా వెలికి తీయడానికి సాధ్యమయ్యింది. అలాంటి వాటిలో మొదటి దాన్ని జీర్ణరసాల (digestive juice) నుండి వెలికితీయడం జరిగింది. వెనకటికి రోమర్ జీర్ణప్రక్రియ ఒక రసాయనిక ప్రక్రియ అని నిరూపించాడు అని అంతకు ముందు గమనించాం. 1824 లో విలియమ్ ప్రౌట్ అనే ఇంగ్లీష్ వైద్యుడు కడుపులోని జీర్ణరసాల నుండి హైడ్రోక్లోరిక్ ఆసిడ్ ని వేరు చేయగలిగాడు. హైడ్రోక్లోరిక్ ఆసిడ్ పూర్తిగా అకర్బన ఆసిడ్. కాబట్టి జంతువుల కడుపుల లోంచి ఒక

అకర్బన రసాయనాన్ని వెలికితీయడం రసాయన శాస్త్రవేత్తలకి ఆశ్చర్యం కలిగించింది. ఇలా ఉండగా 1835 లో కణ సిద్ధాంతానికి మూలకర్తలలో ఒకడని చెప్పుకోదగ్గ ష్వాన్, కడుపులోని రసాల నుండి మరో పదార్థాన్ని వెలికి తీశాడు. అది హైడ్రోక్లోరిక్ ఆసిడ్ కాదు గాని అది ఆసిడ్ కన్నా వేగంగా మాంసాన్ని కుళ్లబెట్టింది. ఆ పదార్థానికి ష్వాన్ పెప్సిన్ (pepsin) అని పేరు పెట్టాడు ("జీర్ణం చేసుకోవడం" అనే అర్థం గల గ్రీకు పదం నుండి ఆ పదం వచ్చింది). నిజమైన ferment లలో అదొకటి.

నానాటికి కొత్త కొత్త ferment లు కనుక్కోబడుతూ వచ్చాయి. పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు రెండవ భాగాని కల్లా ఇవి ప్రత్యేకించి జీవపదార్థంలో మాత్రమే కనిపించే కెటలిస్ట్ లు అని తేటతెల్లం అయ్యింది. రసాయనికులు సాధించలేని దాన్ని ప్రాణులు సాధించగలగడానికి కారణం ఈ కెటలిస్ట్ లే. అప్పటికే ప్రాణవాదుల అమ్ముల పొదిలో ప్రోటీన్లే మొట్టమొదటి శరాలుగా పరిణమించాయి. ఈ ferment లు ప్రోటీన్లు కావచ్చన్న అనుమానం కూడా అప్పటికే చాలా మంది మనసుల్లో మెదలసాగింది. (కాని ఆ సందేహ నివృత్తి కోసం ఇరవయ్యవ శతాబ్దం వరకు ఆగాల్సి వచ్చింది.)

కాని ferment లలో కొన్ని కణానికి లోపల, వెలుపల కూడా పని చెయ్యడం ప్రాణవాదుల సిద్ధాంతాన్ని దెబ్బతీస్తున్నట్టు అయ్యింది. జీర్ణ రసాల నుండి వెలికి తీయబడ్డ ferment లు పరీక్షా నాళికలో కూడా తమ జీర్ణ కార్యక్రమాలని సక్రమంగా నిర్వహించలుగుతున్నాయి. వివిధ రకాల ferment లని సేకరించి, ఆ ferment ల సహాయంతో జీవధాతువులో జరిగే వివిధ రసాయన చర్యలని పరీక్షా నాళాలలో జరిపించే ప్రయత్నం చెయ్యాలని ఎంతో మంది అనుకున్నారు. ఎందుకంటే చర్యలు జీవధాతువులో జరిగేవే అయినా, ferment లు మాత్రం జీవరహితం అయినవేనని స్పష్టంగా తెలుస్తోంది. (కనీసం అప్పటి వరకు

తెలిసిన ferment లు మరి అలాగే అనిపించాయి.) అంతే కాక ఆసిడ్, ప్లాటినమ్ వంటి అకర్బన కెటలిస్ట్ లు అనుసరించిన ధర్మాలనే ferment లు కూడా అనురిస్తున్నాయి.

ప్రాణవాదుల ప్రకారం జీర్ణ రసాల నుండి వెలికితీయబడ్డ ferment లు ఎలాగూ కణాలకి బయటే పని చేస్తాయి. పేగులలో లోపల ప్రవహించే జీర్ణరసాలని తెచ్చి పరీక్షా నాళాలలో కూడా పోసి పని చేసేలా చెయ్యొచ్చు. కాని కణాల లోపలే ఉంటూ అక్కడే తమ పని చేసే ferment ల సంగతి వేరు. ఇవి రసాయనికుడికి అంతుచిక్కని విషయాలు అని ప్రాణవాదులు వాదించేవారు.

Ferments రెండు రకాలుగా ఉండేవి – మొదటి రకం "క్రమరహిత ferments", ఇవి కణానికి బయట కనిపించేవి, పెప్సిన్ లాంటివి; రెండవ రకానివి "క్రమసహిత ferments", ఇవి కణం లోపల కనిపించేవి, యీస్ట్ వల్ల చక్కెర ఆల్కహాలుగా మారే ప్రక్రియని మరింత వేగవంతం చేసేవి.

1876 లో జర్మన్ జీవక్రియా శాస్త్రవేత్త విల్హెల్మ్ కూనే (1837-1900) ఈ సందర్భంలో పదజాలానికి సంబంధించి ఒక సూచన చేశాడు. Ferment అనే పదాన్ని కేవలం జీవపదార్థంలో జరిగే ప్రక్రియలని మాత్రమే ఉద్దేశించి వాడాలని సూచించాడు. కణాల బయట పని చేసే ferment లని enzymes (ఎంజైమ్ లు) అనే పదంతో ("యీస్ట్ లోపల" అనే అర్థం గల గ్రీకు పదాల నుండి ఆ పదం వచ్చింది) సూచించాలన్నాడు.

ఇలా ఉండగా 1897 లో జర్మన్ రసాయన శాస్త్రవేత్త ఎడ్వర్డ్ బుఖనర్ (1860-1917) సాధించిన ఓ ఫలితం అనుకోకుండా ప్రాణవాదం పాలిటి గొడ్డలిపెట్టు అయ్యింది. యీస్ట్ కణాలని అతడు ఇసుకలో కలిపి ఒక్క

కణం కూడా బతకకుండా బాగా చూర్ణం చేశాడు. ఆ చూర్ణాన్ని వడబోసి కణరహితమైన యీస్ట్ రసాన్ని వెలికి తీశాడు. సజీవమైన యీస్ట్ కణాలలో ఉండే పులియబెట్టే గుణం ఈ రసంలో ఉండదని అతడు ఆశించాడు. అయితే అలా బయటకు తీసిన రసం సూక్ష్మక్రిముల వల్ల కలుషం కాకుండా జాగ్రత్తలు తీసుకోవాలి. అందులో సూక్ష్మక్రిములు చేరినట్టయితే ప్రయోగం విఫలమైనట్టే.

సూక్ష్మక్రిముల వల్ల పదార్థాలు కలుషం కాకుండా ఉండాలంటే అందుకు చాలా కాలంగా వస్తున్న ఓ విధానం వుంది. చిక్కని చక్కెర పానకాన్ని పదార్థంలో కలపడమే ఆ పద్ధతి. ఆ పద్ధతిని వినియోగించిన బుఖనర్ అందువల్ల వచ్చిన ఫలితాన్ని చూసి అదిరిపోయాడు. మూలపదార్థంలో సూక్ష్మక్రిములు లేకపోయినా అందులో కలపబడ్డ చక్కెర పానకం పులియడం మొదలెట్టింది. దీన్ని బట్టి పులియడానికి సూక్ష్మక్రిములు అక్కర్లేదని అర్థమయ్యింది. ఇదే తరహాలో బుఖనర్ మరి కొన్ని ప్రయోగాలు కూడా చేశాడు. ఆల్కహాలు సహాయంతో యీస్ట్ కణాలని చంపి అందులో చక్కెర పాననకం పోసి, అది పులుస్తుందని గమనించాడు.

పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు చివరి దశకల్లా ferments అన్నీ (అవి క్రమరహితమైనవైనా, క్రమసహితమైనవైనా) జీవరహిత పదార్థాలేనని అర్థమయ్యింది. ఆ పదార్థాలని కణాల నుండి వెలికితీయొచ్చని, జీవ పదార్థానికి బయట, పరీక్షా నాళంలో కూడా అవి వాటి ప్రభావాన్ని చూపించగలవని అర్థమయ్యింది. ఆ కారణం చేత ferments అన్నిటికీ సామాన్యంగా “enzymes” అనే పదంతో వ్యవహరించడం మొదలయ్యింది. కాబట్టి ఏదో ప్రత్యేకమైన ప్రాణశక్తి ఉన్నప్పుడే పని చేసే రసాయనాలేవీ కణంలోలేవని తేటతెల్లం అయ్యింది.

ప్రాణశక్తి లేనిదే “కిణ్వ ప్రక్రియ” (fermentation) లేదని అన్న పాశ్చర్ సూక్తి కేవలం జీవప్రకృతిలో కనిపించే చర్యలలో మాత్రమే వర్తిస్తుందని తెలిసింది. యీస్ట్ కణాలని నాశనం చేసి, అందులోని జీవశక్తిని హరించినా, అందులోని ఎంజైమ్ లు యదాతథంగానే ఉంటాయని, వాటి వల్ల కిణ్వప్రక్రియ ఏ జీవశక్తితోనూ పని లేకుండా సజావుగా సాగగలదని మనిషి నిరూపించాడు.

ఆ విధంగా ప్రాణవాదం మీద తట్టుకోలేనంత పెద్ద దెబ్బ పడింది. అలాగని ప్రాణవాదం పూర్తిగా మట్టి కరిచిందని అనడానికి లేదు. ఎంజైమ్ లకి చెందినవైనా, ఇతర రసాయనాలకి చెందినవైనా ప్రోటీన్ అణువుల గురించి తెలుసుకోవలసింది ఇంకా ఎంతో వుంది. జీవశక్తి అనే భావనకి ఏదో రోజు ముహూర్తం రాకపోదని నమ్మిన వాళ్లూ ఉన్నారు. ముఖ్యంగా పాశ్చర్ ప్రతిపాదించిన మరో సూక్తికి (విర్చొ కూడా ఆ మాటే అన్నాడు) – “కణం ఎప్పుడూ మరో కణం నుండే జనించగలదు” – తిరుగులేదని అనిపించింది. మనిషి ఎన్నో విజయాలు సాధించి ఉండొచ్చు. కాని కణరహిత పదార్థం నుండి కణాన్ని పుట్టించడం సాధ్యం కాదేమో?

సాక్ష్యాధారాల మాట ఎలా ఉన్నా చాలా మంది మాత్రం ప్రాణవాదం వైపే మొగ్గు చూపారు. చాలా మంది జీవశాస్త్రవేత్తలు ఈ విషయంలో ఒక రకమైన ద్వంద్వ వైఖరి అవలంబిస్తూ వచ్చారు. ఒక పక్క మాటల్లో ప్రాణవాదపు భావాలనే వల్లిస్తున్నా, చేష్టలలో మాత్రం వాటి గురించి పెద్దగా పట్టించుకోలేదు. జీవరహిత ప్రపంచాన్ని శాసించే ధర్మాలే జీవపదార్థాన్ని కూడా శాసిస్తున్నాయన్న అవగాహన క్రమంగా పెరిగింది. ప్రయోగశాలకి, వైజ్ఞానిక విధానాలకి అందనంత ప్రగాఢమైన సమస్య ఏదీ జీవశాస్త్రంలో లేదనిపించింది. జీవరహిత యవనిక మీద తిరిగి సాధించలేని జీవప్రక్రియే లేదనిపించింది.

ప్రాణవాదం కొన ఊపిరితో ఉండగా, యాంత్రిక వాదం ఊపిరి పోసుకుంది.

అధ్యాయం 9

వ్యాధిపై పోరాటం

వాక్సినేషన్

ప్రాణవాదం, పరిణామ సిద్ధాంతం మొదలైన అంశాల గురించి మనం చర్చించుకుంటున్నప్పుడు, వాటిపై మనిషి ఆసక్తికి కారణాలు వైద్య రంగంలో ఉన్నాయన్న సంగతి మరచిపోకూడదు. వ్యాధులని నిర్మూలించాలంటే శారీరక క్రియలని అర్థం చేసుకోవాలి. అంటే జీవధర్మాలని అర్థం చేసుకోవాలి. ఆ నేపథ్యంలోనే పరిణామం, ప్రాణవాదం మొదలైన విషయాల చర్చ వస్తుంది. కాబట్టి విజ్ఞానం మానవ దైనిక సమస్యలకి అందని ఏవో సుదూరం సైద్ధాంతిక లోకాలలో ఎంత విహరించినా, ఎప్పుడో ఒకప్పుడు సామాన్య మానవ తాపత్రయాల స్థాయికి, సామాజిక ప్రయోజనాల స్థాయికి దిగిరాక తప్పదు.

అలాగని సైద్ధాంతిక విషయాలలో మనిషి చూపించే శ్రద్ధ అంతా అనవసరం అని, అప్రస్తుతం అని అనడానికి లేదు. ఎందుకంటే సైద్ధాంతిక రంగంలో పురోగతి సాధింధిన ప్రతీ సారి మరింత మెరుగైన ప్రయోజనాలు నెరవేరుతాయి. సమాజం మరో అడుగు ముందుకు వెళుతుంది. కొన్ని సార్లు సిద్ధాంతం ఆసరా లేకుండా ఆవర్తక విజ్ఞానం (applied science) ధీమాగా ముందుకు నడవాలని చూస్తుంది. కాని ఆ నడక కుంటినడకే అవుతుంది, మందకొడి నడకే అవుతుంది.

అందుకు ఉదాహరణగా అంటు వ్యాధుల చరిత్రనే తీసుకుందాం. పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు తొలి దశల వరకు కూడా వైద్యులు ప్లేగు మొదలైన అంటువ్యాధుల విషయంలో ఏమీ చేయలేక నిస్సహాయంగా మిగిలిపోయారు. దారుణమైన అంటువ్యాధులు పెచ్చరిల్లి, కార్చిచ్చులా వ్యాపించి, వేల, లక్షల సంఖ్యలో ప్రజల ప్రాణాలని పొట్టనపెట్టుకునేవి. అంటువ్యాధులు ప్రతి ముగ్గురిలో ఒకర్ని బలిగొన్నసందర్భాలు కోకొల్లలు. ఒక పక్క అంటువ్యాధుల దెబ్బకి పెద్ద సంఖ్యలో ప్రాణాలు పోతుంటే, మరో పక్క వ్యాధి బారిన పడి బతికి బట్టకట్టిన వారి పరిస్థితి కూడా సంతోషకరంగా ఏమీ లేదు. వ్యాధి ప్రభావం వల్ల ఆకారం వికారమై, ముఖం అంతా మచ్చలు పడ్డ రోగుల రూపాలు కొన్ని సార్లు జుగుప్సాకరంగా ఉండేవి.

Smallpox ఒక్క సారి సోకిందంటే మళ్లీ భవిష్యత్తులో సోకకుండా రోగనిరోధక శక్తి (immunity) ఏర్పడేది. కాబట్టి Smallpox లాంటి వ్యాధి అసలు బొత్తిగా సోకకపోవడం అన్నా తక్కువ తీవ్రతతో సోకడమే మేలు. తక్కువ తీవ్రతతో వ్యాధి సోకినప్పుడు మచ్చలు ఏర్పడ్డా అవి మరీ విపరీతంగా యేమీ ఉండవు. ఈ లక్షణాన్ని పురస్కరించుకుని చైనా, టర్కీ వంటి ప్రాంతాల్లో కొన్ని మోటైన చికిత్సా ప్రయత్నాలు జరిగాయి. తక్కువ తీవ్రతతో రోగం సోకిన వారి వద్ద నుండి ఆరోగ్యవంతులకి రోగం సోకేలా ఏర్పాట్లు చేశారు. తక్కువ తీవ్రతలో వ్యాధి సోకిన వారి శరీరం మీద వ్యాధి వల్ల ఏరడ్డ కురుపుల నుండి ద్రవాన్ని తీసి దాన్ని ఆరోగ్యవంతుల శరీరాలలోకి ఎక్కించారు. ఇది కాస్త ప్రమాదకరమైన చికిత్స. ఇందులో ప్రతిసారి సత్ఫలితాలు వస్తాయని నమ్మకం లేదు. కొన్ని సార్లు అలా చెయ్యడం వల్ల ఆరోగ్యవంతుల శరీరంలో కూడా వ్యాధి ఉగ్రరూపు దాల్చే ప్రమాదం ఉంది.

పద్దెనిమిదవ శతబ్దపు తొలిదశలలో ఆ విధంగా 'టీకాలు' (vaccination) ఇచ్చే ఆచారం ఇంగ్లండ్ లో ప్రవేశపెట్టబడింది. కాని దానికి అంతగా జనామోదం లేకపోయింది. కాని ఆ ఆచారం గురించి తరచు

తర్జనభర్జనలు జరుగుతూ ఉండేవి. ఎడ్వర్డ్ జెన్నర్ అనే ఇంగ్లీష్ వైద్యుడు ఆ విషయం మీద దృష్టి సారించాడు. ఇంగ్లండ్ లో గ్లొస్టర్ షైర్ అనే ప్రాంతంలో చాలా కాలంగా ఓ నమ్మకం చలామణిలో ఉండేది. Cowpox (ఇది smallpox ని పోలిన వ్యాధి, సామాన్యంగా పశువులకి సోకుతుంది) వ్యాధి సోకిన వారికి cowpox నుండే కాక smallpox నుండి కూడా రోగనిరోధకత ఏర్పడుతుంది అని జనం నమ్మేవారు.

ఎడ్వర్డ్ జెన్నర్

ఈ విషయం మీద చాలా కాలంగా సమాచారం సేకరిస్తున్న జెన్నర్ అది ఎంతవరకు నిజమో పరీక్షించి చూడాలనుకున్నాడు. మే 14, 1796 లో అతడికి cowpox సోకిన ఒక పాలమనిషి తారసపడింది. ఆమె చేతి మీద లేచిన ఒక కురుపు లోంచి ద్రవాన్ని వెలికి తీసి దాన్ని ఓ అబ్బాయి ఒంట్లోకి ఎక్కించాడు. అనుకున్నట్టుగానే ఆ అబ్బాయికి cowpox సోకింది. రెండు నెలల తరువాత అదే అబ్బాయిని, ఈ సారి cowpox ద్రవంతో కాక, smallpox ద్రవంతో టీకాలు ఇచ్చి చూశాడు. పిల్లవాడికి ఏ వ్యాధీ సోకలేదు. 1798 లో అతడు మళ్లీ అదే ప్రయోగాన్ని చేసి అదే ఫలితాలు వచ్చాయని నిర్ధారించుకున్నాక ప్రయోగ

ఫలితాలని ప్రచురించాడు. ఈ విధానాన్ని నిర్వచిస్తూ అతడు “vaccination” అనే పదాన్ని సూత్రీకరించాడు. Vaccina అంటే లాటిన్ భాషలో cowpox అని అర్థం. లాటిన్ లో “vacca’ అంటే ఆవు అని అర్థం.

అంతవరకు smallpox అంటే మనుషుల మనసుల్లో నెలకొన్న భయం ఆ దెబ్బటో పటాపంచలు అయ్యింది. కొత్తగా వచ్చిన smallpox చికిత్సా విధానాన్ని జనం సులభంగానే స్వీకరించారు. వాక్సినేషన్ పద్ధతి యూరప్ అంతా దావానలంలా వ్యాపించి smallpox వ్యాధిని సమూలంగా నిర్మూలించింది. ఆ నాటి నుండి అంతో ఇంతో వైద్యపురోగతి సాధించిన దేశాల్లో smallpox ఒక సమస్య కాకుండా పోయింది. మానవ చరిత్రలో అంత వేగంగా, పూర్తిగా జయించబడ్డ పెద్ద వ్యాధి అదేనేమో.

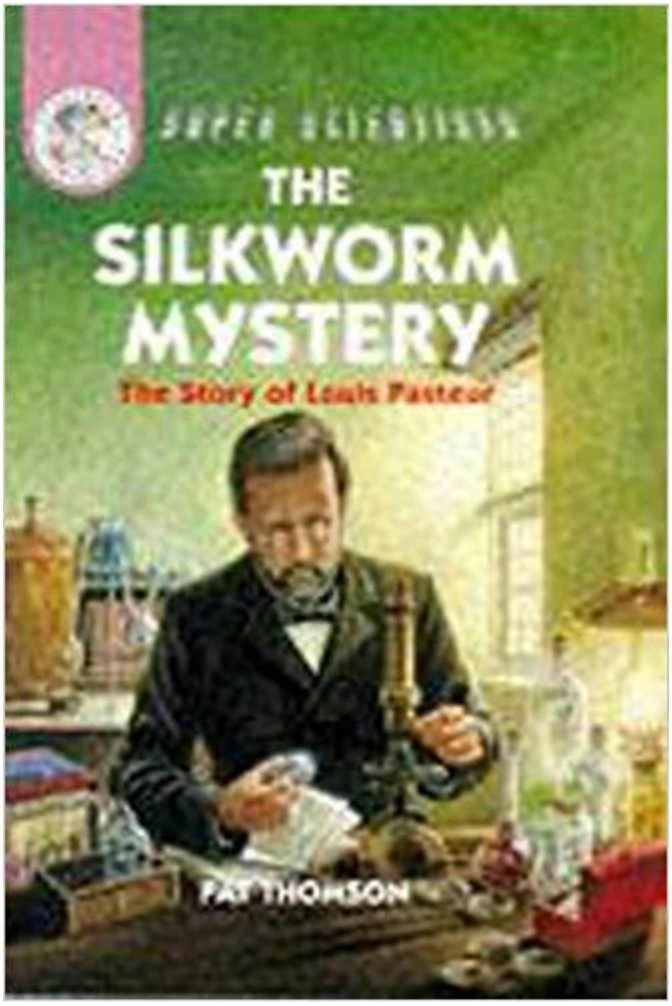
అయితే అలా సాధించబడ్డ పురోగతికి సైద్ధాంతిక పునాదులు లేకపోవడం వల్ల తగినంతగా ముందుకు వెళ్లలేకపోయింది. అంటు వ్యాధికి అసలు కారణం ఏమిటో అప్పటికీ ఇంకా ఎవరికీ తెలియదు. ఒక తీవ్రమైన వ్యాధిని, అదే వ్యాధిని పోలి కాస్త తీవ్రత తక్కువైన వ్యాధి సహాయంతో లొంగగీసుకునే పద్ధతి smallpox విషయంలో చెల్లింది కాని మఏ ఇతర వ్యాధి విషయంలోను ఆ పద్ధతి పని చెయ్యలేదు.

ప్రతి అంటువ్యాధికి, దాని కన్నా తక్కువ తీవ్రతగల రూపాంతరాన్ని కనుక్కునే ప్రయత్నంలో పడిపోయారు జీవశాస్త్రవేత్తలు. అయితే అలాంటి ఫలితం సాధించడానికి జెన్నర్ కాలంలో తెలిసిన వజ్ఞానం సరిపోలేదు.

వ్యాధికారక క్రిమి సిద్ధాంతం

ఆ సిద్ధాంతం పాశ్చర్ మనసులో ఉదయించింది. పాశ్చర్ ఎంతో కాలంగా కిణ్వప్రక్రియ (fermentation) సమస్య మీద పనిచేస్తూ వచ్చాడు. ఆ సందర్భంలో సూక్ష్మక్రిముల గురించి ఎంతో అవగాహన సంపాదించాడు. ఆ అవగాహనే ఇప్పుడు వ్యాధికి కారణాలని తెలిపే ఓ గొప్ప సిద్ధాంతానికి దారి తీసింది.

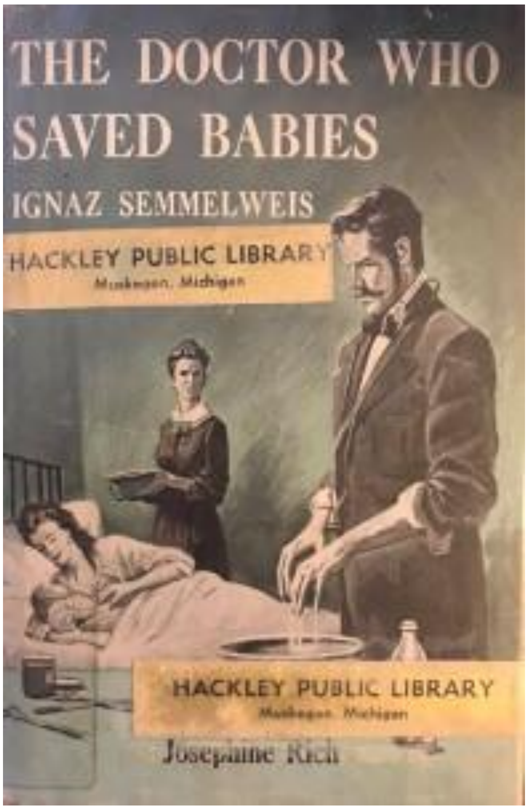
1865 లో దక్షిణ ఫ్రాన్స్ లో పట్టు పరిశ్రమ సమూలంగా నాశనమయ్యే పరిస్థితి ఏర్పడింది. ఏదో తెలియని వ్యాధి పట్టుపురుగులని పొట్టనపెట్టుకుంటోంది. ఈ సారి కూడా సమస్య తీర్చమని పాశ్చర్ కి పిలుపు వెళ్లింది. తెగులు పట్టిన పట్టుపురుగులని మైక్రోస్కోప్ లో పరిశీలించగా అందులో వ్యాధిని కలుగజేస్తున్న ఓ సూక్ష్మక్రిమి కనిపించింది. ఆ క్రిమి పట్టుపురుగులనే కాక వాటికి మేపే మల్బరీ ఆకులని కూడా తింటోంది. ఆ సమస్యకి అప్పుడు పాశ్చర్ సూచించిన పరిష్కారం కాస్త కఠినంగా ఉన్నా సత్ఫలితాలని ఇచ్చింది. తెగులు పట్టిన పురుగులని, అవి తినే ఆహారాన్ని కూడా పూర్తిగా నాశనం చేసేయమని పాశ్చర్ ఆదేశించాడు. ఆరోగ్యవంతమైన పురుగులతో, పరిశుద్ధమైన ఆహారంతో నూతన ఆరంభం చేస్తే మంచిదని సూచించాడు. పథకం పారింది. పట్టుపరిశ్రమ మళ్లీ ప్రాణం పోసుకుంది.



పట్టుపురుగుల సమస్య మీద పని చేస్తున్న పాశ్చర్

ఆ విధంగా ఒక అంటువ్యాధిని అరికట్టగలిగినప్పుడు అన్ని అంటువ్యాధులని అదే విధంగా అరికటగలమని పాశ్చర్ భావించాడు. రోగానికి కారణాలు సూక్ష్మక్రిములు అని గుర్తించాడు. దగ్గినా, తుమ్మినా, ముట్టుకున్నా, ముద్దుపెట్టుకున్నా వ్యాధి మరొకరికి సోకవచ్చు. వ్యర్థాల ద్వార, కలుషిత ఆహారం ద్వార, నీటి ద్వార వ్యాధి వ్యాపించగలదు. అంటే వ్యాధి సోకిన వ్యక్తి నుండి సూక్ష్మక్రిమి ఆరోగ్యవంతుడి శరీరం లోకి ప్రవేశించగలదు. రోగులతో సంపర్కంలోకి వస్తాడు కనుక అసలు వైద్యుడికే వ్యాధి సోకే ఆవకాశ ఉంటుంది. ఆ విధంగా వైద్యుడి వల్ల వ్యాధి వ్యాపించే ప్రమాదం ఉంది.

ఈ ఆఖరు భావనని ఊహించి సూచించిన వాడు హంగెరీ దేశానికి చెందిన ఇగ్నాజ్ ఫిలిప్ సెమెల్వెస్ (1818-1865) అనే వైద్యుడు. పాశ్చర్ సిద్ధాంతం గురించి అతడు వినకపోయినా తన వైద్య అనుభవం ఆధారంగా అతడు కూడా అలాంటి నిర్ణయానికే వచ్చాడు. వియన్నా నగరంలోని ఆసుపత్రులలో పురుడు కోసం ఆసుపత్రికి వచ్చిన స్త్రీలు childbed జ్వరం అనే రకం జ్వరం వల్ల అధిక సంఖ్యలో చనిపోవడం అతడు గమనించాడు. అందుకు భిన్నంగా ఇంట్లోనే మంత్రసానుల సహాయంతో పురుడు పోసుకున్న స్త్రీలకి ఆ అగత్యం పట్టలేదు. డిసెక్షన్ గది నుండి ఆపరేషన్ గదికి వెళుతున్న వైద్యులు తమకి తెలీకుండా తమతో వ్యాధిని మోసుకుపోతున్నట్టు సెమెల్వెస్ కి అనిపించింది. ప్రసూతి గదిలోకి ప్రవేశించే వైద్యులు తమ చేతులు శుభ్రంగా కడుక్కోవాలని అతడు ఆదేశించాడు. అలాంటి జాగ్రత్తలు తీసుకున్న సందర్భాలలో చావులు చాలా మటుకు తగ్గాయని అతడు గుర్తించాడు. ఈ అంక్షలన్నీ నచ్చని ఆసుపత్రి వైద్యులు సెమెల్వెస్ ని తమ సంస్థ నుండి తరిమేశారు. అప్పుడు చావుల సంఖ్య మళ్లీ పెరిగింది. తను ఊహించిన సత్పరిమాణాలని చూడకుండానే సెమెల్వెస్ చింతతో కన్నుమూశాడు. (అమెరికాలో ఇంచుమించు అదే సమయంలో అమెరికన్ వైద్యుడు, కవి ఆలివర్ వెండెల్ హోమ్స్ (1809-1894) అలాంటి సంస్కరణలనే తలపెట్టాడు. ప్రసూతి వైద్యులు తగిన పరిశుభ్రతా జాగ్రత్తలు తీసుకోవాలని అంక్షలు పెట్టి సాటి వైద్యుల ఆగ్రహాన్ని చవిచూశాడు.)



పరిశుభ్రతా విధానాలతో శిశువుల ప్రాణాలు కాపాడిన ఇగ్నాజ్ సెమెల్వైస్

పాశ్చర్ తన 'వ్యాధికారక క్రిమి' సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించిన నాటి నుండి పరిస్థితులు క్రమంగా మెరుగయ్యాయి. పరిశుభ్రతా జాగ్రత్తలు ఎందుకు తీసుకోవాలో ఇప్పుడు తెలిసింది. కాబట్టి చేతులు కడుక్కోక తప్పలేదు. కాని చాలా మంది పాతకాలపు వైద్యులు ఈ కొత్త ఆలోచనలు, అంక్షలు రుచించలేదు. కాని క్రమేణా వాళ్లు కూడా దారికి రాక తప్పలేదు. ఫ్రాంకో-ప్రష్యన్ యుద్ధం జరుగుతున్న కాలంలో పాశ్చర్ క్షతగాత్రుల మీద వైద్యులు తమ శస్త్రపరికరాలని ప్రయోగించే ముందు వాటిని ఉడకబెట్టాలని అంక్షలు విధించాడు. అలాగే గాయాలకి కట్టే పట్టీలకి ముందుగా ఆవిరిపెట్టాలని నియమం పెట్టాడు.

ఇలా ఉండగా ఇంగ్లండ్ లో జోసెఫ్ లిస్టర్ (1827-1912) అనే వైద్యుడు సర్జరీ రంగాన్ని సంస్కరించాలని తలపెట్టాడు. ఉదాహరణకి సర్జరీ సమయంలో అనెస్తీషియా ఉపయోగించే ఆచారాన్ని ప్రవేశపెట్టాడు. ఆ పద్ధతి ప్రకారం రోగికి ఈథరు, గాలి కలిపిన మిశ్రమ వాయువుని పీల్చమనే వారు. దాంతో రోగి గాఢ నిద్రలోకి జారుకునేవాడు. ఇక నొప్పి తెలిసేది కాదు. అలాంటి బాధతెలియని అచేతనలో పళ్లు తీయడం, శస్త్రచికిత్సలు చెయ్యడం వంటివి రోగికి ఇబ్బంది కలగకుండా సులభంగా జరిగిపోయేవి. అనెస్తీషియా కనుక్కున్న ఘనత ఎంతో మందికి దక్కుతుంది అంటారు. కాని వారిలో అధిక భాగం ఘనత విలియమ్ థామస్ గ్రీన్ మార్టన్ (1819-1868) అనే దంతవైద్యుడికి దక్కుతుందని అంటారు. 1846 లో అక్టోబర్ లో, అమెరికాలోని మసాచుసెట్స్ జనరల్ ఆసుపత్రిలో ఒక రోగి ముఖంలో ఉన్న ట్యూమర్ ని అనెస్తీషియా ఇచ్చి బాధ లేకుండా తొలగించగలిగాడు. అనెస్తీషియా సత్తా అంత ఘనంగా ప్రదర్శించబడడంతో అప్పటి నుండి అనెస్తీషియా ఇచ్చే ఆచారం శస్త్రచికిత్సలో ఒక ముఖ్యభాగం అయిపోయింది.

అనెస్తీషియా వల్ల నొప్పి తెలియకుండా ఆపరేషన్ జరగడం వల్ల ఒక సమస్య తీరింది, కాని మరో సమస్య ఎప్పట్లాగే మిగిలిపోయింది. కాని శస్త్రచికిత్సలో పరిశుభ్రత కొరవడటం వల్ల, ఇన్ఫెక్షన్ ఏర్పడి రోగులు పెద్ద సంఖ్యలో ప్రాణాలు కోల్పోవడం చూసి లిస్టర్ మనస్తాపం చెందాడు. అదే సమయంలో అతడికి పాశ్చర్ సిద్ధాంతం గురించి తెలిసింది. గాయం చుట్టూ ఉండే ప్రాంతాన్నిగాని, శస్త్రచికిత్సలో శరీరాన్ని కోసిన ప్రాంతాన్ని గాని పరిశుభ్రంగా ఉంచితే (sterilize చేస్తే) ఇన్ఫెక్షన్ కలిగే అవకాశం తగ్గుతుందని అతడు ఆలోచించాడు. అప్పటి నుండి శస్త్రచికిత్స లో కోత కోసిన చోట కార్బాలిక్ ఆసిడ్ (ఫీనోల్) వాడడం మొదలెట్టాడు. ఆ పద్ధతి సత్ఫలితాలని ఇచ్చింది. శస్త్రచికిత్సలో ఇన్ఫెక్షన్ బాగా తగ్గింది. ఆ విధంగా లిస్టర్ “antiseptic surgery” (ఇన్ఫెక్షన్ కలగని శస్త్రచికిత్స) అనే సాంప్రదాయానికి నాందిపాడాడు.

ఫీనోల్ కి బదులు అదే ప్రయోజనాన్ని తీర్చే ఇతర రసాయనాల అన్వేషణ మొదలయ్యింది. మరింత సుఖదాయకమైన, సఫలదాయకమైన రసాయనాలు కనుక్కోబడ్డాయి. శస్త్రచికిత్స సమయంలో సర్జన్లు రబ్బరు గ్లోవ్ లు, ముఖానికి మాస్క్ లు వేసుకోవడం మొదలెట్టారు. మరింత సురక్షితమైన శస్త్రచికిత్సా సాంప్రదాయం మానవాళికి ఒక వరంలా లభించింది. పాశ్చర్ ప్రతిపాదించిన రోగకారక క్రిమి సిద్ధాంతం వల్ల కలిగిన మేలు ఇదొక్కటే అని అనుకున్నా కూడా, దాన్ని మొత్తం వైద్యశాస్త్ర చరిత్రలోనే అతిగొప్ప పరిణామంగా కొనియాడవచ్చు. కాని పాశ్చర్ సిద్ధాంతం వల్ల కలిగిన మంచి మరెంతో ఉంది.

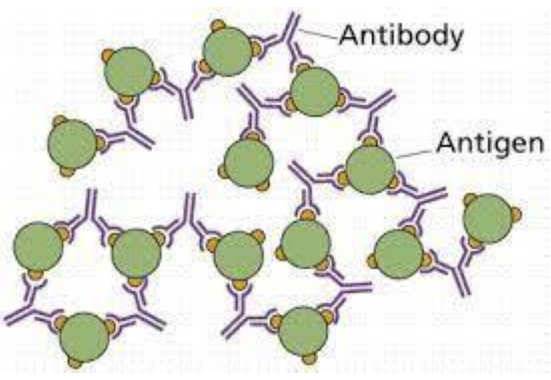
బాక్టీరియాలజీ

ప్రమాదకరమైన సూక్ష్మక్రిములన్నిటినీ మనిషికి దూరంగా ఉంచడం ఎల్లప్పుడూ సాధ్యం కాదు. ఎప్పుడో ఒకప్పుడు రోగకారక క్రిములతో సంపర్కం కలగక తప్పదు. అప్పుడు మరేం చెయ్యాలి?

శరీరంలో సహజంగానే సూక్ష్మక్రిములతో పోరాడగల యంత్రాంగం ఒకటి ఉంది. 1884 లో రష్యన్-ఫ్రెంచ్ జీవశాస్త్రవేత్త ఇల్యా ఇల్యిచ్ మెక్నికోవ్ (1845-1916) ఆ రకమైన “బాక్టీరియా మీద పోరాటం” ఒకటి జరుగుతోందని తెలిపే ఒక ఉదాహరణని కనుక్కున్నాడు. రక్తంలోని తెల్ల కణాలకి కొన్ని ప్రత్యేక సామర్థ్యాలు

ఉన్నాయని గుర్తించాడు. ఇవి అవసరమైతే రక్తనాళాలని విడిచిపెట్టి ఇన్ఫెక్షన్ గాని, బాక్టీరియా దాడి గాని జరుగుతున్న స్థలానికి తరలగలవని అతడు గమనించాడు. ఆ సందర్భంలో బాక్టీరియాలకి, తెల్ల కణాలకి మధ్య జరిగే చర్యలని సంకుల సమరం అని వర్ణించొచ్చు. ప్రతీ సారి తెల్లకణాలు గెలుస్తాయని లేదు. కాని తరచు గెలుస్తూ శరీరానికి ఎంతో మేలు చేస్తాయి.

కాని తెల్ల కణాల కన్నా మరింత శక్తివంతమైన, సూక్ష్మమైన బాక్టీరియా ప్రతికూల ఆయుధ సామగ్రి శరీరంలో ఉండే ఉండాలి. ఎందుకంటే ఒకసారి బాక్టీరియా దాడి జరిగాక, శరీరంలో ఆ బాక్టీరియాకి ప్రతికూలంగా రోగనిరోధకత (immunity) ఏర్పడుతుంది. కాని పైపైన చూస్తే ఆ మార్పుకి నిదర్శనంగా శరీరంలో ఏ మార్పూ కనిపించదు. దీనికి ఒక సహేతుకమైన వివరణ ఇవ్వాలంటే శరీరంలో ఆ బాక్టీరియాని చంపి, దాన్ని తటస్థీకరించగల (neutralize) శక్తిగల అణువులు ("antibody") ఏవో కొత్తగా ఏర్పడ్డాయని అనుకోవాల్సి ఉంటుంది. ఇలా అనుకుంటే వాక్సినేషన్ ఎలా పని చేస్తుందో అర్థమవుతుంది. వాక్సినేషన్ వల్ల శరీరం కౌపాక్స్ (cowpox) కి ప్రతికూలంగా ఏంటీబాడీ (antibody) లని పుట్టించుకుని ఉండొచ్చు. ఆ ఏంటీబాడీ లు కౌపాక్స్ ని పోలిన smallpox సూక్ష్మక్రిమికి కూడా ప్రతికూలంగా పని చేస్తూ శరీరాన్ని సంరక్షిస్తూ ఉండొచ్చు.



ఏంటీజెన్ ల మీద దాడి చేస్తున్న ఏంటీబాడీలు

వ్యాధి నిర్మూలనకి ఇప్పుడు ఓ కొత్త మార్గం ఏర్పడింది. నేరుగా వ్యాధిని అటకాయించడం కాకుండా, వ్యాధిని కలిగించే సూక్ష్మక్రిమిని నాశనం చెయ్యడం ద్వార వ్యాధిని జయించే అవకాశం ఏర్పడింది. ఈ విషయంలో పాశ్చర్ తన పరిశోధనలతో దారి చూపించాడు. పెంపుడు జంతువులని పెద్ద ఎత్తున పొట్టన పెట్టుకునే ఆంత్రాక్స్ మీదకి పాశ్చర్ దృష్టి మళ్లించాడు. ఆ వ్యాధికి కారకమైన సూక్ష్మ క్రిమి కోసం పాశ్చర్ వేట మొదట్టాడు. అలా వెతుకుతుండగా బాక్టీరియా జాతికి చెందిన ఒక క్రిమిని కనుక్కునాడు. పాశ్చర్ ఆ కణం ఉన్న ద్రవాన్ని బాగా వేడి చేసి దాని వ్యాధి కారక లక్షణాలు పూర్తిగా నాశనమయ్యేట్టు చేశాడు. అలా ఎర్పడ్డ “క్షీణ బాక్టీరయా” శరీరంలో ఆ వ్యాధికి ప్రతికూలంగా పని చేస్తుంది. అ కారణం చేత వ్యాధికి ప్రతికూలంగా పని చేసే ఆంటీబాడీలు పుట్టుకొస్తాయి. అలా ఏర్పడ్డ ఏంటీబాడీలు కొత్త, మరింత దారుణమైన వ్యాధికారక బాక్టీరియాల మీద పని చేస్తాయి.

ఇలా ఉండగా 1881 లో పాశ్చర్ ఓ అద్భుతమైన ప్రయోగం చేశాడు. కొన్ని మేకలకి తన “క్షీణ బాక్టీరియాల”తో టీకాలు ఇచ్చాడు. కొన్ని మేకలకి టీకాలు ఇవ్వకుండా వదిలేశాడు. కొంత కాలం పోయాక మేకలు అన్నిటికీ భయంకరమైన ఆంత్రాక్స్ బాక్టీరియాతో సంపర్కం కలిగించాడు. టీకాలు ఇవ్వబడ్డ మేకలలో ఏ దుష్ప్రభావమూ కనిపించలేదు. అవి బతికాయి. టీకాలు ఇవ్వని మేకలకి ఆంత్రాక్స్ వ్యాధి సోకి మరణించాయి.

అలాగే చికెన్ కలరా వ్యాధి విషయంలో కూడా పాశ్చర్ ఎన్నో ప్రయోగాలు చేసి, సత్ఫలితాలు చూపించాడు. అంతకన్నా సంచలనాత్మక ఫలితాలని పాశ్చర్ “పిచ్చి కుక్క” కాటు వల్ల కలిగే రేబీస్ వ్యాధి విషయంలో

సాధించాడు. ఒక విధంగా చెప్పాలంటే ఎన్నో రకాల smallpox వ్యాధి రూపాంతరాల నుండి మనుషులని, జంతువులని రక్షించడం కోసం ఎన్నో రకాల కృత్రిమ cowpox వ్యాధులని పుట్టించాడన్న మాట.

పిచ్చి కుక్క కాటుకి రేబీస్ సోకిన పిల్లవాడికి చికిత్స చేస్తున్న పాశ్చర్

పాశ్చర్ ప్రతిపాదించిన 'రోగకారక క్రిమి' సిద్ధాంతం కారణంగా చాలా మంది బాక్టీరియాల మీదకి దృష్టిసారించారు. జర్మన్ వృక్షశాస్త్రవేత్త ఫెర్డినాండ్ జూలియస్ కోన్ (1828-1898) యవ్వనంలోనే సూక్ష్మమైన వృక్షకణాల మీద ఆసక్తి చూపించాడు. వృక్షకణాలలో ఉండే ప్రోటోప్లాసమ్, జంతుకణాలలో ఉండే ప్రోటోప్లాసమ్ రెండూ సరిసమానం అని చూపించాడు. అయితే 1860లలో అతడు తన దృష్టి బాక్టీరియాల మీదకి మళ్లించాడు. 1872లో అతడు మూడు సంపుటాల గ్రంథమాలని ప్రచురించాడు.

బాక్టీరియాలని క్రమబద్ధంగా వర్గీకరించడంలో అదే మొట్టమొదటి ప్రయత్నం అంటారు. ఆ కారణం చేత కోన్ ఆధునిక బాక్టీరియాలజీకి మూలకర్త అని చెప్పుకోవచ్చు.

జెలటిన్ లా ఘన రూపంలో ఉండే జెల్ (gel) మీద బాక్టీరియాలని పెంచే విధానం తెలుసుకున్నాడు కోన్. (ఆ జెలటిన్ బదులుగా తదనంతరం సముద్రపు నాచు నుండి పుట్టించే అగార్-అగార్ అనే పదార్థం వినియోగంలోకి వచ్చింది). దీని వల్ల ఎన్నో సత్ఫలితాలు దక్కాయి. ద్రవరూపంలో ఉండే జెల్ లో బాక్టీరియా కణాలు అటు ఇటు కదిలి సులభంగా కలిసిపోయేవి. కాబట్టి ఏ బాక్టీరియా ఏదో గుర్తుపట్టడం కష్టంగా ఉండేది. రోగకారక బాక్టీరియాలని వేరు చెయ్యడం దుర్భరంగా ఉండేది.

అందుకు భిన్నంగా ఒక బాక్టీరియా సమితిని ఓ ఘన మాధ్యమం మీద పూతగా పూసినప్పుడు వివిధ స్థానాలలో ఉండే బాక్టీరియాలు పదే పదే విభజన చెంది సంఖ్యలో విస్తరిస్తున్నా అటు ఇటు కదలలేక ఉన్న చోటనే ఉండిపోతాయి. మూల సమితిలో ఎన్నో రకాల బాక్టీరియాల మిశ్రమం ఉన్నా, ఘన మాధ్యమంలో ఉండే సమితి మాత్రం శుద్ధరూపంలోనే ఉండిపోతుంది. దాని వల్ల వ్యాధి సోకితే, ఏ బాక్టీరియా వల్ల వ్యాధి సోకింది అన్న విషయంలో సందేహమే రాదు.

తొలి దశల్లో కోన్ చదునైన గాజు పలకల మీద తన జెల్ పూతలు పూసేవాడు. కాని కోన్ అనుచరుడు జూలియస్ రిచర్డ్ పెట్రీ (1852-1921) మాత్రం గాజు మూత కలిగి, లోతు తక్కువగా ఉండే చిన్న పాత్రలని వాడడం మొదలెట్టాడు. అప్పటి నుండి బాక్టీరియాలజీలో ఈ 'పెట్రీ పాత్రల' (Petri dishes) వినియోగం అలవాటు అయ్యింది.

శుద్ధ బాక్టీరియా సమితులతో పని చేస్తూ ఒక ప్రత్యేక వ్యాధికి కారణమైన సూక్ష్మక్రిములని గుర్తుపట్టడం కోసం ఎన్నో పద్ధతులు రూపొందించాడు కోన్. అతడు, అతడి అనుచరులు కలిసి, ఎన్నో అధ్భుతమైన విధానాలు కనిపెట్టారు. అలాంటి కృషికి కలికితురాయి అని చెప్పుకోదగ్గ ఓ సంఘటన 1882 లో జరిగింది. ఆ ఏడాదే కోన్ ట్యూబర్ క్యులోసిస్ వ్యాధికి చెందిన బాక్టీరియాని కనుక్కున్నాడు.

పురుగులు

వ్యాధిని మోసుకుపోయేవి బాక్టీరియా మాత్రమే కానక్కర్లేదు. అందుకే పాశ్చర్ సిద్ధాంతాన్ని "క్రిమి సిద్ధాంతం" అన్నారు. ఇక్కడ క్రిమి అంటే ఏదైనా సూక్ష్మ క్రిమి. అది బాక్టీరియా మాత్రమే కానక్కర్లేదు. ఉదాహరణకి 1880 లో చార్లెస్ లూయీ ఆల్ఫోన్స్ లావెరాన్ (1845 - 1922) అనే ఫ్రెంచ్ వైద్యుడు ఆల్జీరియాలో పని చేస్తూ మలేరియా వ్యాధిని కలుగజేసే క్రిమిని కనుక్కున్నాడు. మలేరియాకి కారణం కనుక్కోవడం ఆ కాలంలో చాలా పెద్ద విషయం. ఎందుకంటే ముఖ్యంగా ఉష్ణమండల ప్రాంతం అంతా మలేరియా విస్తృతంగా వ్యాపించేది. మలేరియా వ్యాధి చరిత్రలో మరే ఇతర రోగం కన్నా ఎక్కువ ప్రాణాలని బలితీసుకుంది. ఈ ఆవిష్కరణలో మరో విషయం ఏమిటంటే మలేరియాని కలుగజేసేది బాక్టీరియా కాదు. అది ప్రోటోజువాన్ (protozoon) అనబడే ఏకకణజీవి.

అంతే కాదు. కేవలం సూక్ష్మక్రిముల కారణంగా మాత్రమే వ్యాధి సోకనక్కర్లేదు. ఉదాహరణకి 1860 లలో కార్ల్ జార్జ్ ఫ్రెడెరిక్ రుడోల్ఫ్ లోయికార్ట్ (1822-1898) అనబడే ఓ జర్మన్ జంతుశాస్త్రవేత్త అకశేరుకాల

(invertebrates) మీద అధ్యయనాలు చేస్తూ ఓ సమస్య మీదకి దృష్టి మళ్లించాడు. తన అధ్యయనాలలో ఇతర జంతుశరీరాల మీద పడి తిని బతికే పరాన్నభుక్కులు (parasites) ఎన్నో వెల్లడి అయ్యాయి. ఆ విధంగా అతడు పరాన్నభుక్కుల శాస్త్రాన్ని (parasitology) ని స్థాపించాడు. అకశేరుకాలలో ప్రతీ ఉపజాతిలోను పరాన్నభుక్కులు ఉన్నాయని అతడు కనుక్కున్నాడు. వీటిలో ఎన్నో జీవాలు మనుషుల్లో చేరి వ్యాధిని కలుగజేస్తాయి. ప్రత్యేకించి flukes, tapeworms, hookworms మొదలైన జీవాల వల్ల తీవ్రమైన జబ్బులు వచ్చే ప్రమాదం వుంది. ఈ జీవాలు సూక్ష్మక్రిములు కావు. వీటిని కీటకాలు, లేదా పురుగులు అని చెప్పుకోవచ్చు.

పరాన్నభుక్కులు

బహుళకణ జీవులు నేరుగా వ్యాధిని కలుగజేయకపోయినా, వ్యాధిని కలిగించే అంశాన్ని అవి మోసుకుపోవచ్చు. ఈ విధంగా ఏర్పడే రోగాలలో మలేరియా ఒక ముఖ్యమైన రోగం అని తెలిసింది. దోమల వల్ల మలేరియా వ్యాధి మనిషి నుండి మనిషికి పాకుతూ ఉండొచ్చు నని ఎవరో చేసిన సూచనని నిర్ధారించడం కోసం బ్రిటిష్ వైద్యుడు రోనాల్డ్ రాస్ (1857 - 1932) అధ్యయనాలు మొదలెట్టాడు. అతడు ఎన్నో దోమలని పట్టి, వాటి పరిచ్ఛేదాలు చేసి చివరికి 1897 లో అనోఫిలిస్ దోమలో (anopheles mosquito) మలేరియా వ్యాధిని కలుగజేసే పరాన్నభుక్కుని కనిపెట్టాడు.

మలేరియా వ్యాధిని మోసుకుపోయే అనొఫిలిస్ దమని కనుక్కున్న రోనాల్డ్ రాస్

ఈ ఆవిష్కరణ వల్ల కలిగిన ప్రయోజనం ఇంతా అంతా కాదు. మలేరియా వ్యాప్తిలో దోదమలు కీలక పాత్ర పోషిస్తున్నాయని అర్థమయ్యింది. మలేరియా నేరుగా మనిషి నుండి మనిషికి పాకడం లేదని తెలిసింది. (వ్యాధిని కలిగించే పరాన్నభుక్కు దాని జీవన చక్రపు దశలలో ఒక దశని తప్పనిసరిగా దోమలో గడిపిన తరువాతనే తిరిగి మనిషిలోకి ప్రవేశించగలదు). కాబట్టి దోమలని పక్కకు తప్పిస్తే వ్యాధి పీడ విరగడ

అయినట్టే. అందుకోసం దోమ తెరలు వాడాలి. దోమలు చేరుకునే మురుగ్గుంటల్లో నీరు నిలవకుండా జాగ్రత్తలు తీసుకోవాలి. త్వరలోనే జనం అలాంటి చర్యలు చేపట్టడం మొదలెట్టారు. ఆ పద్ధతులు సత్ఫలితాలని ఇచ్చాయి. మలేరియా వ్యాధి సోకిన సందర్భాలు సన్నగిల్లాయి.

మరో దారుణ వ్యాధి అమెరికాలో పద్దెనిమిది, పంతొమ్మిదవ శతాబ్దాలలో తూర్పు తీరం వెంట దుమారం లేపింది. దాని పేరు పచ్చ జ్వరం (yellow fever). స్పానిష్ – అమెరికన్ యుద్ధం జరిగే సమయంలో వ్యాధులని అరికట్టే విషయంలో అమెరికా ప్రభుత్వం ఎంతో శ్రద్ధ తీసుకుంది. ఎందుకంటే క్యూబాలో యుద్ధం చేస్తున్న అమెరికన్ సైనికులు పెద్ద సంఖ్యలో ప్రాణాలు కోల్పోయేవారు. వారి ప్రాణాలు తీస్తున్నది శత్రుసేనల తుపాకులు మాత్రమే కావు, అంత కన్నా ముఖ్యంగా స్థానికంగా సోకే రోగాలు. 1899 లో యుద్ధం ముగిశాక అమెరికన్ సైనిక వైద్యుడు వాల్టర్ రీడ్ (1851 - 1902) క్యూబాకి వెళ్లి అక్కడి పరిస్థితులని తనిఖీ చేశాడు.

పచ్చ జ్వరం కూడా నేరుగా మనిషి నుండి మనిషి పాకడం లేదని రీడ్ కనుక్కున్నాడు. రాస్ కనుక్కున్నట్టే ఈ సందర్భంలో కూడా ఒక దోమ రోగకారక క్రిమిని మోసుకుపోతోందని కనుక్కున్నాడు. అయితే ఇది మరో రకం దోమ. దీని పేరు ఎడెలిస్ దోమ (Adeles mosquito). రీడ్ తో పాటు ఈ కృషిలో పాల్గొన్న కొందరు వైద్యులు తమ మీద తాము కొన్ని ప్రమాదకరమైన ప్రయోగాలు చేసుకున్నారు. రోగుల మీద వాలిన దోమలని తమ మీద వాలి కుట్టనిచ్చారు. ఆ కారణం చేత ఎందరో వైద్యులు జబ్బుపడ్డారు. వారిలో ఒకడైన జెస్సీ విలియం లాజర్ (1866 - 1900) అనే కుర్ర డాక్టరు ప్రాణాలు

కోల్పోయాడు. వైజ్ఞానిక ప్రయోజనాల కోసం ప్రాణాలు అర్పించిన ధీరుడతడు. ఆ విధంగా దోమ కాటు వల్ల వ్యాధి సోకుతోందని తెలింది.

విలియం క్రాఫర్డ్ గోర్గాస్ (1854 - 1920) అనే మరో అమెరికన్ వైద్యుడు ఇలాంటి ఫలితాలనే సాధించాడు. హవానా నగరంలో పచ్చ జ్వరాన్ని నిర్మూలించే ప్రయత్నంలో ఇతడు దోమలని నాశనం చేసే విధానాలు ఎన్నిటినో ప్రవేశపెట్టాడు. ఆ తరువాత అతణ్ణి పనామా పంపించారు. ఆ రోజుల్లో అమెరికా ప్రభుత్వం పనామాలో పసిఫిక్, అట్లాంటిక్ మహాసముద్రాలని కలిపే కాలువని తవ్వే ప్రయత్నంలో వుంది. అంతకు ముందు ఫ్రెంచ్ వారు అలాంటి కాలువ తవ్వే ప్రయత్నం చేసి విఫలం అయ్యారు. కాలువ నిర్మాణంలో ఎదురయ్యే సాంకేతిక సవాళ్లు సరిపోనట్టు, పచ్చ జ్వరం వల్ల సిబ్బంది ప్రాణాలు కోల్పోవడం ఓ పెద్ద సమస్యగా దాపురించింది. గోర్గాస్ ఆ ప్రాంతంలో దోమల బెడదని విజయవంతంగా అరికట్టగలిగాడు. దాని వల్ల వ్యాధి కూడా పూర్తిగా స్వాధీనంలోకి వచ్చింది. 1914 లో పనామా కాలువ ప్రారంభోత్సవం జరిగింది.

రోగాలని వ్యాపించే దుర్మార్గం చేస్తున్నవి కేవలం దోమలు మాత్రమే కావు. 1902 లో చార్ల్ జాన్ హెన్రీ నికోల్ (1866 - 1936) అనే ఫ్రెంచ్ వైద్యుడు ఉత్తర ఆఫ్రికాలోని టూనిస్ నగరంలో పాశ్చర్ సంస్థకి అధ్యక్షుడుగా నియామకం అయ్యాడు. అక్కడ అతడు అతి తీవ్రమైన, ప్రమాదకరమైన టైఫస్ జ్వరం మీద పరిశోధనలు చేశాడు.

ఆసుపత్రి బయట వ్యాధి ఎంత సులభంగా వ్యాపించినా, ఆసుపత్రి లోపల అంతగా వ్యాపించకపోవడం గమనించాడు నికోల్. ఆసుపత్రిలో చేరే రోగులని చేరిన వెంటనే వాళ్ల బట్టలు విప్పి, శుభ్రంగా సబ్బు నీళ్లతో స్నానం చేయించేవారు. అంటే రోగాన్ని కలిగించే క్రిమి బట్టల ద్వార పాకుతూ ఉండొచ్చునని నికోల్ ఆలోచించాడు. అతడు అనుమానం బట్టల్లో దాగునే పేల మీద పడింది. జంతువుల మీద ప్రయోగాలు చేసి పేల కాటు వల్ల ఈ వ్యాధి సంక్రమిస్తోందని నికోల్ నిరూపించాడు. అలాగే 1906 లో హవార్డ్ టైలర్ రికెట్స్ (1871 - 1911) అనే అమెరికన్ పెథాలజిస్టు రాఖీ పర్వత ప్రాంతాలలో కనిపించే మచ్చల జ్వరం పశువులలో దాగునే పేల కాటు వల్ల సంభవిస్తోందని నిరూపించాడు.

ఆహార కారణాంకాలు

పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు మూడవ భాగం వరకు కూడా 'రోగకారక క్రిమి సిద్ధాంతం' చాలా వరకు వైద్యుల మనసులని ఆకట్టుకుంది. కాని కొంతమంది మనసుల్లో మాత్రం సందేహాలు మిగిలాయి. అలా సందేహాలు వెలిబుచ్చిన వారిలో ముఖ్యుడు జర్మన్ పెథాలజిస్టు విర్చౌ. వ్యాధికి కారణం శరీరం బయట ఉండే ఏదో కారణం కాదని, శరీరం లోపల పుట్టే ఏదో సంక్షోభం అని అతడు భావించాడు. అతడికి సామాజిక స్పృహ మెండు. కొంత కాలం బెర్లిన్ నగర స్థాయిలోను, జాతీయ స్థాయిలోను కూడా రాజకీయాలలో పాత్ర వహించాడు. మంచి నీటి సరఫరా, సమర్థవంతమైన సూయేజి సరఫరా మొదలైన విషయాలలో ఎన్నో అభివృద్ధి పథకాలు చేపట్టినవాడు. ఈ వర్గానికి చెందిన వారిలో మరొకడు పెట్టెన్ కోఫర్. ఇతడు, విర్చౌ లు ఇద్దరూ ఆధునిక 'సామాజిక పరిశుభ్రతా' సిద్ధాంతాలకి ఊపిరి పోసినవాళ్లు. (సామాజిక పరిశుభ్రత అంటే సమాజంలో వ్యాధి నిర్మూలనకి, ఆరోగ్య సంరక్షణకి సంబంధించిన శాస్త్రం.)

విర్చో తదితరులు 'క్రిమి సిద్ధాంతాన్ని' నమ్మినా లేకున్నా, వాళ్లు తలపెట్టిన పరిశుభ్రతా కార్యక్రమాల వల్ల వ్యాధి వ్యాప్తి సన్నగిల్లింది. అలాంటి కార్యక్రమాల వల్ల పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు మధ్య దశ వరకు కూడా యూరప్ ని అతలాకుతలం చేసిన అంటువ్యాధులు అదుపు చెయ్యబడ్డాయి.

వెనకటికి హిపోక్రటిస్ బోధనలలో కూడా పరిశుభ్రతకి ఎంతో ప్రాముఖ్యత ఇవ్వబడింది. క్రిమి సిద్ధాంతానికి పరిశుభ్రతకి మరి పొత్తు కుదురుతుంది గనుక, హిపోక్రటిస్ బోధనలలో ఆ అంశాలకి చలామణి పెరిగింది. అయితే హిపోక్రటిస్ బోధనలలో మంచి ఆహారనియమాలని పాటించడం, చక్కని వైవిధ్యం గల ఆహారాన్ని సేవించడం మొదలైన విషయాలకి ప్రాముఖ్యత ఇవ్వబడింది. మంచి ఆహారం వల్ల సామాన్య స్వస్థత చేకూరడమే కాక, ప్రత్యేక వ్యాధులని కూడా దూరంగా ఉంచొచ్చుననే భావన హిపోక్రటిస్ బోధనలలో కనిపిస్తుంది. ఈ భావాలని కూడా చాలా కాలం జనం స్వీకరించి, పాటించారు. కాని 1870 కి 1900 మధ్య ప్రాంతంలో క్రిమి సిద్ధాంతపు ప్రభావం పెరుగుతున్న దశలో, ఆహారం వల్ల రోగం అరికట్టబడడం అనే భావన అర్థం లేని ఆలోచనగా తోచింది. అయితే అది మరీ అంత అర్థం లేనిదేం కాదని నిరూపించడానికి దాఖలాలు బయటపడ్డాయి.

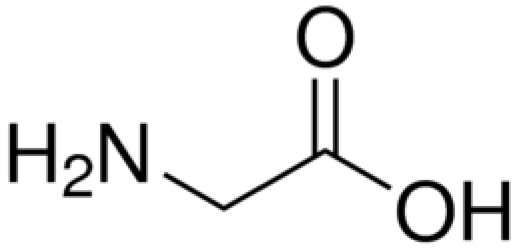
అన్వేషణా యుగ (Age of Exploration) ఆరంభంలో మనుషులు సుదీర్ఘమైన సముద్రయాత్రల మీద వెళ్లేవారు. ఆ రోజుల్లో రెఫ్రిజెరేషన్ ఉండేది కాదు కనుక ఓడలలో దీర్ఘకాలం నిలువ ఉండే ఆహార సామగ్రిని మాత్రమే ఉంచుకునేవారు. ఆ రోజుల్లో స్కర్వీ వ్యాధి అంటే నావికులకి సింహస్వప్నంగా ఉండేది. ఆహారంలో సరైన వైవిధ్యం లేని ప్రాంతాల్లో స్కర్వీ వ్యాధి సంభవిస్తుందని స్కాటిష్ వైద్యుడు జేమ్స్ లిండ్ (1716 - 1794) కనిపెట్టాడు. అంటే కేవలం నౌకల మీదే కాక, ముట్టడి చెయ్యబడ్డ నగరాలలో, కారాగారాలలో కూడా ఆహారంలో పెద్దగా వైవిధ్యం ఉండదు కనుక స్కర్వీ వ్యాధి అతిగా కనిపించేది.

1747 లో లిండ్ స్కర్వీ వ్యాధి వాతపడ్డ వారికి రకరకాల ఆహారాలు ఇచ్చి చూశాడు. నిమ్మ, నారింజ వంటి సిట్రస్ ఫలాల వల్ల స్కర్వీ బాగా నయమవుతోందని గుర్తించి ఆశ్చర్యపోయాడు. క్రమేపీ ఆ చికిత్స వినియోగంలోకి వచ్చింది. 1770 లలో తన సుదీర్ఘమైన పసిఫిక్ యాత్రల మీద బయల్దేరిన బ్రిటిష్ అన్వేషి కెప్టెన్ జేమ్స్ కుక్ (1728 - 1729) తన నౌకా సిబ్బందికి ఈ 'పళ్ల మందు' ఇప్పించాడు. అన్ని యాత్రలలో కేవలం ఒక్క నావికుడే ప్రాణాలు కోల్పోయాడు. 1795 లో ఫ్రెంచ్ వారితో యుద్ధానికి తలపడ్డ బ్రిటిష్ నౌకాదళం తప్పనిసరిగా నౌకా సిబ్బంది చేత నిమ్మ రసం తాగించే ఆచారాన్ని అమలుజరిపింది. ఆ దెబ్బతో బ్రిటిష్ నౌకల నుండి స్కర్వీ వ్యాధి నామరూపాలు లేకుండా తుడిచిపెట్టుకుపోయింది.

కాని వైజ్ఞానిక మూల సూత్రాలు అర్థం చేసుకోకుండా కేవలం అనుభవం మీద సాధించిన ఫలితాలు ఎంతో దూరం పోవు. అలాంటి పురోగతి కూడా నెమ్మదిగానే సాగుతుంది. పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు పొడవునా ఆహారశాస్త్రంలో ఎన్నో పరిశోధనలు ప్రోటీన్ ల మీద దృష్టి సారించాయి. ఆ పరిశోధనల వల్ల ప్రోటీన్లలో "సంపూర్ణ" ప్రోటీన్లు, "అసంపూర్ణ" ప్రోటీన్లు అని రెండు రకాలు ఉన్నట్టు అనిపించింది. "సంపూర్ణ" ప్రోటీన్ లు ఆరోగ్యానికి మంచివి. అవి ఆహారంలో ఉంటే శరీరానికి పోషణ దొరుకుతుంది. "అసంపూర్ణ" ప్రోటీన్ల కి అలాంటి క్రియలు ఉండవు. అలాంటి ప్రోటీన్లకి జెలటిన్ (gelatin) ఒక ఉదాహరణ.

ప్రోటీన్లలో ఇలాంటి తేడాలు ఎందుకు ఉన్నాయో అర్థం కావడానికి ప్రోటీన్ ల నిర్మాణాన్ని గురించి మరింత అవగాహన కలిగినంత వరకు ఆగాల్సి వచ్చింది. 1820 లలో సంక్లిష్టమైన జెలటిన్ అణువుకి, ఆసిడ్ కి

మధ్య చర్య జరిపి మరింత సరళమైన గ్లైసిన్ (glycine) అణువుని తయారుచేశారు. ఈ గ్లైసిన్ "అమినో ఆసిడ్లు" అనే కోవకి చెందిన అణువులలో ఒకటి.



గ్లైసిన్ అణు నిర్మాణం

ప్రోటీన్ ల నిర్మాణంలో గ్లైసిన్ ఏకైక పునాది రాయి వంటిది అని మొదట్లో అనుకున్నారు. గ్లూకోస్ వంటి సరళమైన చక్కెర అణువు మరింత సంక్లిష్టమైన పిండిపదార్థంలో పునాదిరాయి అయినట్టే ఇదీను అనుకున్నారు. అయితే ఈ సిద్ధాంతం అసంతృప్తికరంగా ఉందని పందొమ్మిదవ శతాబ్దంలోనే అర్థమయ్యింది. ప్రోటీన్ల నుండి ఎన్నో ఇతర సరళమైన అణువులని పుట్టించడానికి వీలయ్యింది. అన్నీ అమినో ఆసిడ్లు అనే వర్గానికి చెందిన అణువులే. కాని అన్నీ ఒక్కటి కాదు. వాటి మధ్య భేదాలు ఉన్నాయి. కాబట్టి ఎన్నో అమినో ఆసిడ్ల సమూహాలుగా ప్రోటీన్లు ఏర్పడ్డాయని అర్థమయ్యింది. 1900 కల్లా ఓ డజను వివిధ అమినో ఆసిడ్లు కనుక్కోబడ్డాయి.

దీన్ని బట్టి ప్రోటీన్ల మధ్య తేడాలని ఒక విధంగా అర్థం చేసుకోడానికి వీలయ్యింది. వాటిలో ఉండే వివిధ అమినో ఆసిడ్ల నిష్పత్తులలో మార్పుల బట్టి వివిధ ప్రోటీన్లు ఏర్పడుతున్నాయేమో. కొన్ని ప్రోటీన్ల లో

అసలు కొన్ని అమినో ఆసిడ్లు ఉండనే ఉండవేమో. జీవనానికి అవి అతి ముఖ్యమేమో. అలాంటి అమినో ఆసిడ్లు లేని ప్రోటీన్లే ఆహారంగా పనికిరావేమో.

పైన చెప్పుకున్న ఆలోచనా వైఖరి సబబేనని మొట్టమొదట నిరూపించినవాడు ఫ్రెడెరిక్ గౌలాండ్ హాప్కిన్స్ (1861 - 1947) అనే బ్రిటిష్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త. 1900 లో అతడు ట్రిప్టోఫాన్ (tryptophan) అనే ఓ కొత్త అమినో ఆసిడ్ కనుక్కున్నాడు. దాని ఉనికిని తెలిపే రసాయనిక పరీక్షను కూడా అతడు రూపొందించాడు. మొక్క జొన్న నుండి వచ్చే zein అనే ఒక రకం ప్రోటీన్ ఆ పరీక్షకి స్పందించలేదు. అంటే అందులో ట్రిప్టోఫాన్ లేదన్నమాట. Zein ఒక “అసంపూర్ణ” ప్రోటీన్. దాన్ని వేరేగా, అనితరంగా తీసుకుంటే అది పోషణగా పని చెయ్యదు. దానికి కాస్త ట్రిప్టోఫాన్ కలిపి ఇచ్చినప్పుడే ప్రయోగాలలో వాడిన జంతువులు బతికాయి.

ఇరవయ్యవ శతాబ్దపు తొలి దశాబ్దాలలో ఇలాంటివే మరెన్నో ప్రయోగాలు జరిగాయి. స్తన్య జీవుల దేహాలలో ఉండే వివిధ పదార్థాలని వాడుకుని ఆ దేహాలలోని జీవరసాయన యంత్రాంగం వివిధ అమినో ఆసిడ్లని ఉత్పత్తి చెయ్యగలదని వాటి వల్ల తెలిసింది. అయితే కొన్ని అమినో ఆసిడ్లని దేహం ఉత్పత్తి చెయ్యలేదని, వాటిని ఆహారం ద్వార యతాతథంగా సరఫరా చెయ్యాలని తెలిసింది. అటువంటి “ముఖ్యమైన అమినో ఆసిడ్లు” లేకపోవడం వల్లనే ప్రోటీన్లు “అసంపూర్ణం” అవుతాయని, వ్యాధికి, మృత్యువుకి కారణం అవుతాయని తెలిసింది.

అలాంటి నేపథ్యంలో "ఆహార కారణాంకం" అనే భావన జనించింది. అంటే శరీరం దానంతకి అది ఉత్పత్తి చెయ్యలేకపోవడం వల్ల ఆహారం ద్వార సరఫరా చెయ్యవలసి వచ్చే, జీవన క్రియలకి కీలకమైన, పదార్థం అన్నమాట. అయితే ఇక్కడ ఒకటి జ్ఞాపకం ఉంచుకోవాలి. అమినో ఆసిడ్ల వల్ల తీవ్రమైన వైద్య సమస్యలు తలెత్తుతాయని అనుకోకూడదు. పోషక నిపుణులు (nutritionists) వాటికి అతిగా ప్రాధాన్యత ఇవ్వడం కనిపించొచ్చు. అది వేరే విషయం. వాస్తవం ఏమిటంటే బాగా అసహజమైన, అసమతౌల్యమైన పోషణ వల్లనే అమినో ఆసిడ్ కొరత సంభవిస్తుంది. ఎంత సామాన్యమైన, సరళమైన ఆహారం తీసుకున్నా, శరీరానికి అమినో ఆసిడ్లన్నీ సమకూరుతాయి.

స్కర్వీ వంటి వ్యాధిని నిమ్మరసంతో నయం చెయ్యగలిగినప్పుడు, శరీరంలో సహజంగా లేని ఏదో ఆహార కారణాంకం నిమ్మరసం నుండి వస్తోందన్నమాట. నిజానికి పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు జీవశాస్త్రవేత్తకి తెలిసిన పదార్థాలన్నిటినీ ఒక్కొటొక్కటిగా గాని, కలిపి గాని తీసుకున్నా స్కర్వీ వ్యాధి నయం కాదు. కాబట్టి ఆ వ్యాధి నయం కావడానికి కావలసిన పదార్థం సూక్ష్మ మోతాదులో (trace quantities) ఉంటే చాలన్నమాట. అంతేకాక మామూలుగా ఆహారంలో తీసుకునే అంశాల కన్నా అది చాలా భిన్నమైన అంశం అయ్యుండాలి.

అయితే ఈ రహస్యాన్ని ఛేదించడం అనుకున్నంత కష్టం కాలేదు. 'ముఖ్యమైన అమినో ఆసిడ్లు' అన్న భావన ఎలాగైతే రూపొందించబడిందో, సూక్ష్మ మోతాదుల్లో ఉండే ఆహార కారణాంకాలకి సంబంధించిన అవగాహన కూడా క్రమంగా పెరగసాగింది. అలాంటి కారణాంకాలు వరుసగా ఎన్నో కనుక్కోబడ్డాయి. అయితే అలా మొట్టమొదట కనుక్కోబడ్డ కారణాంకాలు స్కర్వీ పరిశోధనల నుండి రాలేదు.

విటమిన్లు

1886 లో డచ్ వైద్యుడు క్రిస్టియాన్ ఐక్మన్ (1858 - 1930) బెరీబెరీ వ్యాధిని పరిశోధించడానికి జావాకి పయనమయ్యాడు. పోషక లోపాల వల్ల ఆ వ్యాధి సంభవిస్తుందని అనుకోడానికి కొన్ని కారణాలు ఉన్నాయి. 1880 లలో జపనీస్ సైనికులు పెద్ద సంఖ్యలో ఆ వ్యాధి బారిన పడ్డారు. అంతవరకు కేవలం చేపలు, అన్నంతో కూడుకున్న వారి పథ్యానికి ఒక దశలో ఒక జపనీస్ అడ్మిరల్ మాంసము, పాలు కూడా జతచేశాడు.

ఐక్మన్ 'రోగకారక క్రిమి' సిద్ధాంతాన్ని గాఢంగా నమ్మేవాడు. బెరీబెరీ బాక్టీరియా ల వల్ల కలిగే వ్యాధి అని అతడి విశ్వాసం. కొన్ని కోళ్లని పెంచుతూ వాటిలో తను వెతుకుతున్న క్రిమి పెరిగేలా చెయ్యాలని అధ్యయనాలు చేశాడు. కాని తన ప్రయత్నాలు ఫలించలేదు. ఇలా ఉండగా 1896 లో తన ప్రమేయం లేకుండానే తను పెంచుతున్న కోళ్లలో బెరీబెరీని పోలిన వ్యాధి లక్షణాలు కనిపించాయి. అయితే ఆ వ్యాధికి విరుగుడుగా ప్రత్యేకమైన చికిత్సలేవీ చెయ్యకుండానే వ్యాధి లక్షణాలు వాటంతకవే మాయమయ్యాయి.

ఆ పరిణామాలకి విస్తుపోయిన ఐక్మన్ వాటి వెనుక కారణాలని శోధించాడు. కోళ్లకి ఒక దశలో ఆసుపత్రి దుకాణాల నుండి తెచ్చిన నున్నని బియ్యం (polished rice) తినిపించాడు. ఆ దశలోనే వాటిలో రోగలక్షణాలు కనిపించాయి. కాని ఆ తరువాత సామాన్యంగా కోళ్లకి తినిపించే ఊకతో కలిపిన బియ్యాన్ని

తినిపించినప్పుడు వ్యాధి లక్షణాలు మటుమాయమయ్యాయి. దీన్ని బట్టి ఆహారంలో తగు మార్పులు చేసుకోవడం వల్ల వ్యాధి లక్షణాలని తెప్పించడమే కాక, తొలగించడం కూడా సాధ్యమని ఐక్మన్ గ్రహించాడు.

తను సాధించిన ఫలితాలలోని పూర్తి అంతరార్థం ఐక్మన్ వెంటనే గ్రహించలేకపోయాడు. బియ్యంలో ఏదో విషపదార్థం వుందేమో. ఊకలో ఉండే మరేదో పదార్థం ఆ విషానికి విరుగుడులా పని చేస్తోందేమో. వరి మీద ఊకని తొలగించినప్పుడు విషానికి విరుగుడు లోపించడం వల్ల వ్యాధి సంభవిస్తోందేమో. ఇలా సాగాయి అతడి ఆలోచనలు.

కాని ఇక్కడ ఒక విషపదార్థం, ఒక విరుగుడు పదార్థం అని రెండు వేరు వేరు పదార్థాలు ఉన్నాయని అనుకోవడం అనవసరం. ఉన్నది ఒకే ఒక ఆహార కారణాంకం అనుకుంటే సరిపోతుంది కదా? ఈ రకమైన ఆలోచనా సరళిని అనుసరించిన వారిలో ఒకడు లోగడ మనకి పరిచయమైన ఫ్రెడెరిక్ హాప్కిన్స్. మరొకడు పోలాండ్ కి చెందిన జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త కాసిమిర్ ఫంక్ (1884 - 1967). బెరీబెరీ మాత్రమే కాక స్కర్వీ, పెలాగ్రా, రికెట్స్ మొదలుకొని ఎన్నో వ్యాధులకి కారణ సూక్ష్మ మోతాదులో ఉండే ఆహార కారణాంకాలేనని వారు ఇరువురు సూచించారు.

ఈ కారణాంకాలన్నీ “అమీన్లు” (amines) అనే రసాయనిక సంయోగాల కూటమికి చెందినవని తప్పుగా భావించిన ఫంక్ 1912 లో వాటన్నిటికి ఉమ్మడిగా విటమిన్లు (vitamins = vita + amines = జీవనానికి అవసరమైన అమీన్లు) అని పేరు పెట్టాడు. తదనంతరం జరిగిన అధ్యయనాలలో ఆ కారణాంకాలన్నీ అమీన్లు కావని అర్థమయ్యింది గాని విటమిన్లు అనే పేరే సార్థకమయ్యింది.

ఆ విధంగా హాప్కిన్స్ – ఫంక్ లు ప్రతిపాదించిన “విటమిన్ల సిద్ధాంతం” విశ్వజనీనమైన ఆమోదం పొందింది. ఇరవయ్యవ శతాబ్దపు తొలి మూడవ భాగంలో పథ్యంలో తగు మార్పుల ద్వార ఎన్నో రకాల వ్యాధులని నయం చెయ్యడానికి వీలయ్యింది. ఉదాహరణకి 1915 లో జోసెఫ్ గోల్డ్ బర్గర్ (1874 - 1929) అనే ఓ ఆస్ట్రియన్ – అమెరికన్ వైద్యుడు పెలాగ్రా (pellagra) అనే వ్యాధికి కారణం క్రిమి కాదని నిరూపించాడు. దక్షిణ అమెరికాలో ఈ వ్యాధి ప్రబలంగా ఉండేది. ఆ వ్యాధికి కారణం విటమిన్ల లోపమేనని, ఆ వ్యాధి వల్ల బాధపడేవారి పథ్యంలో పాలు కూడా కలిపితే రోగం నయమవుతుందని తెలిసింది.

మొదట్లో విటమిన్ల వల్ల వ్యాధులు నయం అవుతాయి అని తప్ప, వాటి గురించి పెద్దగా ఏమీ తెలిసేది కాదు. అమెరికన్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త ఎల్మర్ వెర్నన్ మకొలమ్ (1879 - 1967) 1913 లో విటమిన్లని ఇంగ్లీష్ అక్షరాలతో సూచించే పద్ధతిని ప్రవేశపెట్టాడు. ఆ విధంగా A   విటమిన్,   B విటమిన్, C విటమిన్, D విటమిన్ చోటుచేసుకున్నాయి. అనతి కాలంలోనే E, K విటమిన్లు జత అయ్యాయి. తదనంతరం B విటమిన్ గురించి ఓ ఆసక్తికరమైన వాస్తవం బయటపడింది. B విటమిన్ ఉండే ఆహారంలో నిజానికి రెండు ఆహార కారణాంకాలు ఉన్నాయని, ఆ రెండు వేరు వేరు రోగలక్షణాలని నయం చేస్తున్నాయని తెలిసింది. ఈ సత్యాన్ని స్పష్టీకరించడం కోసం విటమిన్లు B1, B2 ఇలా మరింత విపులమైన నామకరణ పద్ధతిని ప్రవేశపెట్టారు.

B1 యొక్క లేమి వల్ల బెరీబెరీ వస్తోంది. B6 లేమి వల్ల పెల్లాగ్రా వస్తోంది. విటమిన్ C దోషం వల్ల స్కర్వీ వస్తోంది. (నిమ్మ, నారింజ మొదలైన సిట్రస్ పళ్లలో సూక్ష్మ మోతాదుల్లో ఉండే విటమిన్ C ని ఉపయోగించి లిండ్ స్కర్వీ వ్యాధిని నయం చెయ్యగలిగాడు.) విటమిన్ D కొరత వల్ల రికెట్స్ సంభవిస్తోంది. విటమిన్ రాహిత్యం వల్ల ఏర్పడే వ్యాధుల్లో ఇవి ముఖ్యమైనవి. విటమిన్ల గురించి అవగాహన పెరుగుతున్న కొద్దీ ఆ వ్యాధులన్నీ క్రమంగా జయించబడుతూ వచ్చాయి.

అధ్యాయం 10

నాడీ మండలం

హిప్నాటిజం

పాశ్చర్ ప్రతిపాదించిన 'క్రిమి సిద్ధాంతం' కి అందని మరో తరహా వ్యాధులు కూడా ఉన్నాయి. అవి మనో వ్యాధులు. ఆది నుండి కూడా మనిషి మనో వ్యాధుల తత్వం అర్థం కాక సతమతమవుతూ వస్తున్నాడు. మనకి అర్థం గాని విషయాల పట్ల భయం కలగడం మానవసహజం. అందుకే మనోవ్యాధులు మనిషిని కలవరపెడుతూ వచ్చాయి. అవంటే మనిషికి భయం. హిపోక్రటిస్ మనో వ్యాధులంటే భయపడక వాటిని సహేతుకంగా అధ్యయనం చేశాడు. కాని సామాన్యుల మనసుల్లో మాత్రం మనోవ్యాధుల పట్ల ఎన్నో విచిత్రమైన మూఢనమ్మకాలు ఉండేవి. ముఖ్యంగా పందొమ్మిదవ శతాబ్దంలో పిచ్చి వారిని ఏవో దెయ్యాలు, భూతాలు ఆవహించాయని భయపడి వారితో అతి క్రూరంగా, అమానుషంగా వ్యవహరించేవారు.

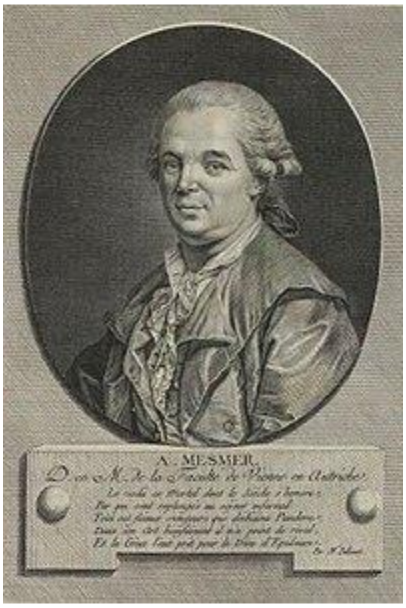
మనోవిజ్ఞానం అలా దయనీయమైన స్థితిలో ఉండగా అందులో నవ్యభావాలకి అంకురార్పణ చేసినవాడు ఫ్రెంచ్ వైద్యుడు ఫిలిప్ పినెల్ (1745 - 1826). పిచ్చి లేదా ఉన్మాద స్థితి ఒకరకమైన మనో వ్యాధిగా పరిగణించాడు అతడు. అలాంటి మనో స్థితికి, దెయ్యాలతోను, భూతాలతోను ఎలాంటి సంబంధం లేదని భావించాడు. "మానసిక వైమనస్యం" (mental alienation) మీద తన అభిప్రాయాలని పుస్తకరూపంలో ప్రచురించాడు. 1793 లో ఫ్రెంచ్ విప్లవాగ్నులు ఫ్రాన్స్ అంతటా రాజుకుంటున్న కాలం. సమాజం మార్పు

కోసం ఉవ్విళ్లూరుతున్న సమయం. పినెల్ ఆ రోజుల్లో ఓ పిచ్చాసుపత్రికి వార్డెన్ గా ఉండేవాడు. ఆ రోజుల్లో పిచ్చివారిని క్రూరంగా గొలుసులతో కట్టి పడేసే ఆచారం ఉండేది. పిచ్చివారిని జంతువులని కట్టేసినట్టు గొలుసులతో కట్టిపడేయక వారిని మనుషుల్లా, వ్యాధి గ్రస్థుల్లా పరిగణించి చికిత్స చేయాలని అతడి అభిమతం. ఇలాంటి అభ్యుదయ భావాలు నెమ్మదిగానే వ్యాపించాయి.

ఆసుపత్రిలో చేర్చవలసినంత కీలకమైనది కాకపోయినా మనో వ్యాధుల వల్ల కొన్ని తీవ్రమైన పరిణామాలు కనిపించే అవకాశం ఉంది. హిస్టీరియా, మనోజన్య ఋగ్మతలు (psychosomatic disorders) మొదలైనవి ఆ కోవకి చెందినవే. అలాంటి వ్యాధులకి మూలాలు మనస్సులో ఉన్నా, మనసు మీద ప్రభావం చూపగల చికిత్సల ద్వార వాటిని నయం చెయ్యడానికి వీలవుతుంది. మరో విధంగా చెప్పాలంటే రోగికి ఫలానా చికిత్స మీద గురి కుదిరితే, దాని వల్ల తన రోగలక్షణాలు నయమవుతాయన్న నమ్మకం కుదిరితే, ఆ వ్యాధి మనోజన్య వ్యాధి గనుక అయితే, ఆ చికిత్స నిజంగానే పని చేస్తుందన్నమాట. ఆ కారణం చేతనే "దెయ్యాలని వెళ్లగొట్టే" సాధనాలు, - అవి మంత్రించిన జలమే కావచ్చు, వేపమండలే కావచ్చు, - పని చేసే అవకాశం ఉంటుంది.

"దెయ్యాలని వెళ్లగొట్టే" ఆచారాన్ని (exorcism) అధ్యాత్మ రంగం నుండి, శాస్త్రరంగంలోకి తీసుకువచ్చినవాడు ఫ్రాన్జ్ ఆంటాన్ మెస్మర్ (1733 - 1815) అనే ఆస్ట్రియన్ వైద్యుడు. ఇతడు మొదట్లో అయస్కాంతాలతో మనోవ్యాధులని నయం చేసే ప్రయత్నాలు చేశాడు. తరువాత ఆ పద్ధతులకి వీడ్కోలు చెప్పి రోగి శరీరం మీదుగా కాస్త దూరం నుండి తన చేతులు పోనిచ్చి రోగాన్ని నయం చేసే ప్రయత్నాలు చేశారు. అలా చేసినప్పుడు ఏదో "జంతు అయస్కాంతశక్తి" (animal magnetism) తన శరీరం లోంచి,

రోగి శరీరం లోకి ప్రవేశించి రోగాన్ని నయం చేస్తుందని అతడు వాదన. ఆశ్చర్యం ఏంటంటే ఆ పద్ధతుల వల్ల ఎంతో మంది నయం అయ్యారు.



ఫ్రాన్జ్ ఆంటాన్ మెస్మర్

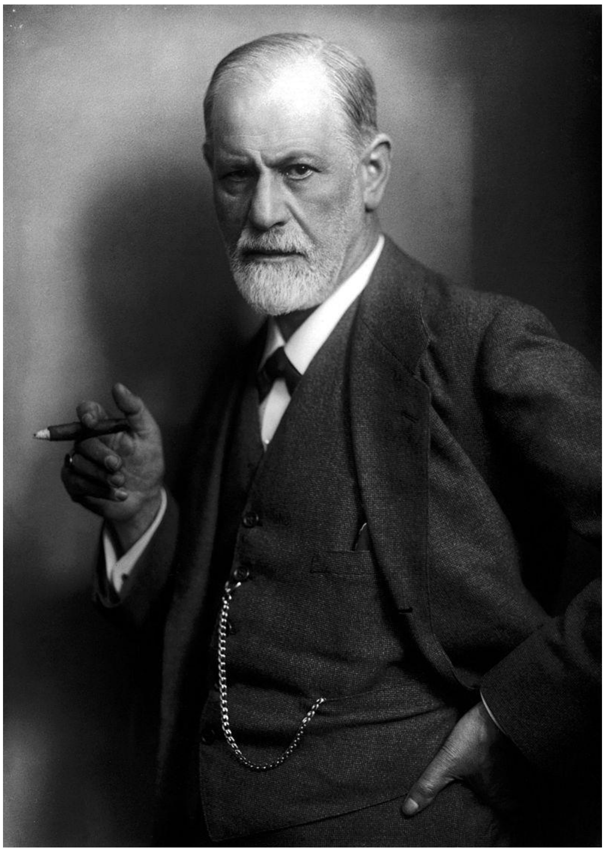
రోగిని ముందుగా ఒక రకమైన అపస్మారక స్థితిలోకి తీసుకు వెళ్లి, అప్పుడు తన చికిత్సలు ప్రయోగిస్తే, రోగం మరింత త్వరగా నయమవుతోందని మెస్మర్ గుర్తించాడు. అలాంటి అపస్మారక స్థితిని సాధించడానికి ఏదైనా మార్పులేని, విసుగుపుట్టించే ప్రేరణని రోగికి ప్రదర్శించేవాడు. (ఆ ప్రక్రియనే ఇప్పటికీ 'మెస్మరిసమ్' అనే పేరుతో వ్యవహరిస్తారు.) అలాంటి స్థితిలో రోగి మనసులో బాహ్య ప్రపంచం నుండి వచ్చే సంవేదనల స్పృహ ఉండకపోవడం వల్ల, వైద్యుడు ఇచ్చే సూచనల మీద మరింత శ్రద్ధగా మనసు లగ్నం చేస్తారని నమ్మకం. రోగి మనసు మరింత "నమ్యమైన" (suggestible) స్థితిలో ఉంటుందన్న మాట.

1778 లో, పారిస్ నగరం లోకి ప్రవేశించిన తొలి దశలలో, మెస్మర్ కొంత కాలం ఘనవిజయాలనే సాధించాడు. అయితే తన చికిత్సలకి అధ్యాత్మిక పూత పులిమి ప్రదర్శించడం మొదలెట్టాడు. మనోజన్య రోగాలు కాని వాటిని కూడా నయం చేగలనని చాటుకుంటూ దొంగవైద్యుడిలా ప్రవర్తించసాగాడు. నిజానికి అతడు ఆ వ్యాధులని నయం చెయ్యలేకపోయాడు. మరింత సాంప్రదాయ పద్ధతులని ప్రయోగించే వైద్యులు, ఆ చికిత్సలని అందుకుంటున్న రోగులు కూడా మెస్మర్ చేస్తున్న మోసం పట్ల నిరసన వ్యక్తం చేశారు. అతడి విధానాలని సమీక్షించడం కోసం ఏర్పడ్డ సదస్సు అతడి వైఖరిని విమర్శిస్తూ నివేదిక సమర్పించింది. మెస్మర్ కి పారిస్ ని వదిలి వెళ్లకి తప్పలేదు. స్విట్జర్లండ్ లో తలదాచుకుని అజ్ఞాతంగా జీవనం సాగించాడు.

మెస్మర్ విధానాలలో కొంత మోసం వున్నా, అందులోని సత్య సారాన్ని గుర్తించిన వారు లేకపోలేదు. స్కాట్లండ్ కి చెందిన జేమ్స్ బ్రెయిడ్ (1795 - 1860) మెస్మరిసమ్ ని క్రమబద్ధంగా అధ్యయనం చేసి సొంతంగా ఓ కొత్త పద్ధతి రూపొందించాడు. దానికి 'హిప్నాటిజం' (hypnotism) అని పేరు పెట్టాడు. (అది గ్రీకులో 'నిద్ర' అన్న అర్థం గల పదం నుండి వచ్చింది.) దాని పని తీరు గురించి సహేతుగా వివరిస్తూ 1842 లో ఒక నివేదిక ప్రచురించాడు. అప్పటి నుండి అది వైద్య అభ్యాసాలలో భాగం అయ్యింది. ఆ విధంగా సైకియాట్రీ (psychiatry) అని మనో వ్యాధులని అధ్యయనం చేసి, నయం చేసే వైద్య విభాగం ఊపిరి పోసుకుంది.

ఈ కొత్త వైద్య విభాగం ఆస్ట్రియన్ వైద్యుడు సిగ్మండ్ ఫ్రాయిడ్ (1856 -1939) ఇచ్చిన ప్రోద్బలంతో ఓ కొత్త ఎత్తును చేరుకుంది. ఫ్రాయిడ్ వైద్య విద్య చదువుకుంటున్న రోజుల్లోను, ఆ తరువాత కూడా నాడీ మండలం గురించి శాస్త్రోక్తంగా చదువుకున్నాడు. ఉదాహరణకి కోకెయిన్ (cocaine) ప్రభావం వల్ల నాడీ

తంతుల కొసలు ఎలా మొద్దుబారిపోతాయో గుర్తించిన వారిలో అతడు ప్రథముడు. ఫ్రాయిడ్ పని చేస్తున్న ఆసుపత్రిలోనే ఆ రోజుల్లో ఇంటర్న్ గా పని చేస్తున్న కార్ల్ కోలర్ (1857 - 1944) ఫ్రాయిడ్ అధ్యయనాలని కొనసాగించి సవివరంగా నివేదిక తయారుచేశాడు. 1884 లో ఆ విధానాన్ని కంటి ఆపరేషను లో వినియోగించారు. స్థానిక మత్తుమందు (local anesthesia) వినియోగంలో అదే మొట్టమొదటి సందర్భమేమో. శరీరం మొత్తానికి మత్తు మందు ఇచ్చి రోగికి స్పృహ లేకుండా చేయాల్సిన అవసరం లేకుండా, కేవలం ఆపరేషన్ జరిగే ప్రాంతంలోనే స్థానికంగా మత్తు మందు ఇచ్చే సాంప్రదాయం అలా మొదలయ్యింది.



సిగ్మండ్ ఫ్రాయిడ్

1885 లో ఫ్రాయిడ్ పారిస్ నగరాన్ని సందర్శించాడు. అక్కడే అతడికి హిప్నాటిజం గురించి మొట్టమొదటిసారిగా తెలిసింది. మనోజన్య వ్యాధుల చికిత్స మీద కూడా ఆ సందర్భంలోనే అతడి దృష్టి పడింది. వియెన్నా కి తిరిగి వెళ్లాక ఆ పద్ధతికి మరిన్ని మెరుగులు దిద్దడం మొదలెట్టాడు. మనస్సులో చేతనా తలం, ఉపచేతనా తలం అని రెండు విభాగాలు ఉంటాయని అతడికి అనిపించింది. బాధాకరమైన జ్ఞాపకాలు, కోరికలు, బయటికి చెప్పుకోడానికి సిగ్గుపడే వాంఛలు మనసు పొరల్లో గుప్తంగా ఉండిపోతాయేమో. అవి బహుశా "అణగదొక్కబడి" ఉండిపోతాయేమో. అంటే అవి ఉపచేతన పొరల్లో రహస్యంగా ఉండిపోతాయి. ఉపచేతన రహస్య పొరలలో ఏమి దాగి ఉందో వ్యక్తికి సచేతనంగా తెలీదు. కాని ఉపచేతనాంశాలు వ్యక్తి యొక్క చేష్టల మీద, ఆలోచనల మీద గుప్తంగా ప్రభావం చూపిస్తుంటాయి. శారీరకంగా కూడా ఏదో ఒక రకంగా బాహ్య లక్షణాలని ప్రదర్శిస్తూ ఉంటాయి.

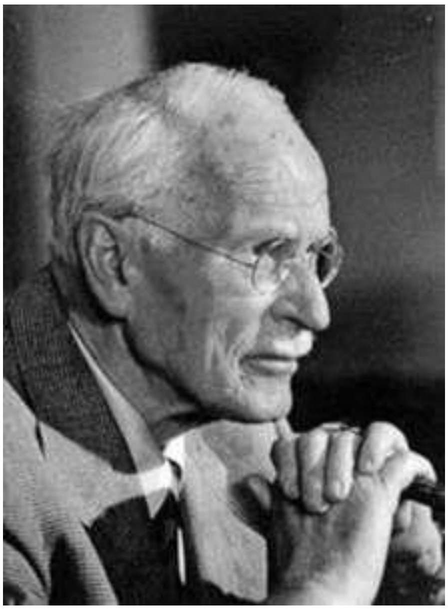
హిప్నాటిజం సహాయంతో ఉపచేతన పొరలని ఛేదించడానికి వీలవుతుంది. సచేతన స్థితిలో ఉన్నాయని కూడా తెలియని అంశాలు, రోగి హిప్నాటిజమ్ ప్రభావంలో ఉన్న స్థితిలో వెలికి వస్తాయి. అయితే 1890 లలో ఫ్రాయిడ్ హిప్నాటిజమ్ పద్ధతికి స్వస్తి చెప్పి "స్వేచ్ఛానుసంధానం" (free association) అనే కొత్త పద్ధతికి శ్రీకారం చుట్టాడు. ఆ పద్ధతిలో రోగి స్వేచ్ఛగా, నిరాఘాటంగా, నిర్భయంగా, తన మనసులోతుల్లోని విషయాలని బయట పెడుతూ మాట్లాడుతాడు అన్నమాట. ఒక భావన వ్యక్తమైనప్పుడు, దానితో అనుసంధానమై వుండే మరో భావన కూడా వెనువెంటనే పైకి తన్నుకొస్తుంది. సామాన్యంగా రోగి జాగృత స్థితిలో ఉన్నప్పుడు బాహ్య మానసం, దాంట్లోని ఆలోచనలు ఉపచేతన మీద నిఘా ఉంచి, దానిలోని అంశాలు పైకి పొక్కకుండా అణిచి వుంచుతాయి. కాని రోగి స్వేచ్ఛానుసంధానం చేసుకుంటున్నప్పుడు ఆ నిఘా తొలగిపోతుంది. ఉపచేతనని కప్పి వుంచే తెర తొలగిపోతుంది. వ్యక్తి యొక్క సచేతన మనస్సుకి కూడా తెలియకుండా, ఉపచేతనలో దాగి వున్న నిగూఢ రహస్యాలు పైకి

వస్తాయి. హిప్నాటిజమ్ పద్ధతి కన్నా ఈ పద్ధతి మరింత మెరుగైనది. ఎందుకంటే ఈ పద్ధతిలో రోగి పూర్తి స్పృహలో ఉంటాడు. చుట్టూ ఏం జరుగుతోందో పూర్తిగా తెలుస్తుంటుంది. హిప్నాటిజమ్ లో లాగా అంతా జరిగిపోయాక ఏం జరిగిందో మరొకరు వచ్చి చెప్పనక్కర్లేదు.

ఉపచేతనా మనస్సులోని అంశాలు ఆ విధంగా బట్టబయలు అయ్యాక, రోగికి తన పట్ల తనకి మరింత విస్తారమైన అవగాహన ఏర్పడుతుంది. తన చేష్టల వెనుక, తపనల వెనుక అంతవరకు నిగూఢంగా ఉన్న ప్రేరణలేమిటో ఇప్పుడు తనకి అవగతమవుతాయి. ఆ ప్రేరణలకి ఇకపై నిస్సహాయంగా బందీ కాడు. వాటిని తన కర్మలలో గుడ్డిగా వ్యక్తం చెయ్యడు. మనసు యొక్క అంతరంగంలో ఉండే అంశాలని ఇలా నెమ్మదిగా, క్రమబద్ధంగా విశ్లేషించే సాంప్రదాయాన్నే "మనో విశ్లేషణ" (psychoanalysis) అంటారు.

ఫ్రాయిడ్ చింతనలో కలలు చాలా ప్రముఖ స్థానాన్ని ఆక్రమిస్తాయి. ఉపచేతన లోని అంశాలు కలలలో బహిర్గతమవుతాయని ఫ్రాయిడ్ కి అనిపించింది. (అయితే అవి కలలలో చాలా ప్రతీకాత్మకంగా వ్యక్తం కావచ్చు.) 1900 ఈ అంశం మీద అతడు రాసిన 'కలల అన్వయం' (Interpretation of Dreams) అనే పుస్తకం ప్రచురితమయ్యింది. మానవ ప్రవర్తన వెనుక ఉండే ప్రేరణ అడుగున లైంగిక ప్రవృత్తి (లేదా ఆ ప్రవృత్తి యొక్క వివిధ రూపాలు) చాలా ముఖ్యమైన పాత్ర పోషిస్తుందని ఫ్రాయిడ్ వాదిస్తాడు. ఆశ్చర్యం ఏమిటంటే అలాంటి ప్రభావం, ప్రోద్బలం పిల్లలలో కూడా కనిపిస్తుంది అంటాడు. ఈ ఆఖరు భావన మాత్రం చాలా మందికి రుచించలేదు. అలాంటి భావాల వల్ల ఫ్రాయిడ్ సమాజం నుండి ఎంతో వ్యతిరేకత ఎదుర్కున్నాడు. వైద్య సంఘాలు కూడా తన భావాలని త్రోసిపుచ్చాయి.

ఇలా ఉండగా 1902 ప్రాంతంలో కొంత మంది యువమేధావులు ఫ్రాయిడ్ చుట్టూ పోగయ్యారు. వారికి ఫ్రాయిడ్ కి మధ్య ఎప్పుడూ విభేదాలు రాలేదని కాదు. పైగా ఫ్రాయిడ్ తన సిద్ధాంతాల విషయంలో కాస్తంత కూడా రాజీ పడకుండా మొండి పట్టు పట్టాడు. ఆస్ట్రియన్ మనస్తత్వ శాస్త్రవేత్త ఆల్ఫ్రెడ్ ఏడ్లర్ (1870 - 1937), స్విస్ మనస్తత్వ శాస్త్రవేత్త కార్ల్ గస్టావ్ యుంక్ (1875 - 1961) ఫ్రాయిడ్ సిద్ధాంతాల నుండి వేరుపడి తమ సొంత సిద్ధాంతాలని రూపొందించుకున్నారు.



కార్ల్ యుంక్

నాడులు – మెదడు

సైకియాట్రీ బోధించిన దాని కన్నా మనిషి మనస్సు మరింత లోతైనదని, సంక్లిష్టమైందని తెలిసింది. సైకియాట్రీ సిద్ధాంతాలు కేవలం కొద్ది మంది నిపుణులకి మాత్రమే పరిమితమయ్యాయి. ఆ సిద్ధాంతాలన్నీ కేవలం ఆ నిపుణుల అభిప్రాయాలు మాత్రమే నన్నట్టు అయ్యింది. కొత్త సిద్ధాంతాలు అంకురించాయి. ఒక్కొక్క సిద్ధాంతం మనస్సుని ఒక్కొక్క కోణం నుండి చూస్తూ భాష్యం చెప్పింది. ఎవరి సిద్ధాంతం వారిది అనుకునే పరిస్థితి ఏర్పడింది. చివరికి ఏ సిద్ధాంతం నిజమైనదో తెలిపే వస్తుగత పరీక్షలే కరువయ్యాయి. ఇలాంటి తటస్థ స్థితి నుండి బయటపడి ఇంకా ముందుకు పురోగమించాలంటే, మెదడు గురించి, నాడీమండలం గురించి ఇంకా అవగాహన పెరగాలని అనిపించింది.

స్విస్ జీవ క్రియా శాస్త్రవేత్త ఆల్బ్రెక్ట్ ఫాన్ హేలర్ (1708 - 1777) తో ఆధునిక నాడీ విజ్ఞానం మొదలయ్యిందని చెప్పుకోవచ్చు. 1760 లలో ఇతడు మానవ జీవక్రియా శాస్త్రం గురించి ఎనిమిది సంపుటాలు గల బృహత్తర పాఠ్యపుస్తకాన్ని ప్రచురించాడు. అంతకు ముందు నాడులు డొల్లగా ఉంటాయని అనుకునేవారు. రక్తనాళాలలో రక్తం ప్రవహించినట్టే నాడులలో కంటికి కనిపించని ఏదో “ప్రాణశక్తి” ప్రవహిస్తుంటుందని నమ్మేవారు. కాని హేలర్ ఆ సిద్ధాంతాన్ని త్రోసిపుచ్చి తన భావనని నిరూపించడానికి ఓ ప్రయోగం చేశాడు.

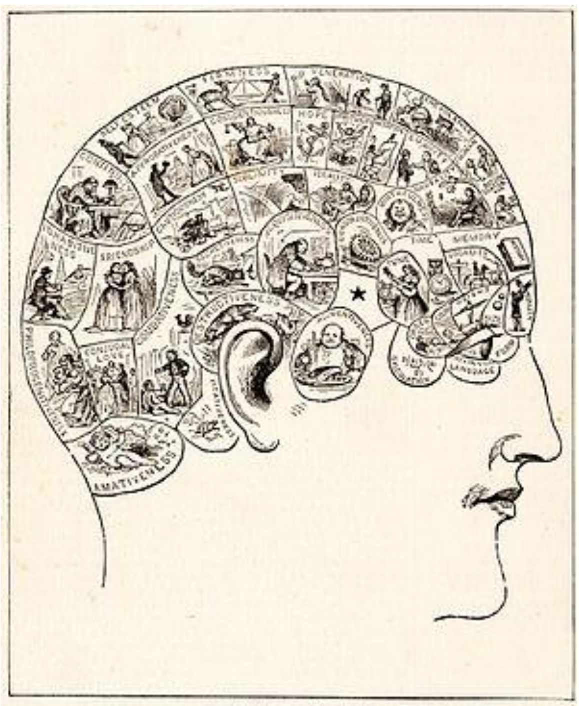
ఉదాహరణకి కండరాలు ప్రేరణకి అతిగా స్పందిస్తాయని నిరూపించాడు. అంటే కండరాన్ని సున్నితంగా తాకినా అందులో బలమైన చలనం కలుగుతుందని చూపించాడు. అలాగే ఒక నాడిని సున్నితంగా తాకినా ఆ నాడి అంచున ఉండే కండరంలో బలమైన చలనం కనిపిస్తుంది. నేరుగా కండరాన్ని తాకినప్పటి కన్నా,

నాడిని తాకినప్పుడు కలిగిన చలనం మరింత బలంగా ఉందని హేలర్ గుర్తించాడు. కాబట్టి నాడుల నుండి ప్రసరించే ఏదో సంకేతం వల్లనే కండరాలు కొట్టుకుంటున్నాయని, ఆ సంకేతాల వల్లనే కండరాలు పని చేస్తున్నాయని హేలర్ భావించాడు.

హేలర్ నాడీమండలానికి సంబంధించిన మరో గొప్ప సత్యాన్ని కూడా ప్రదర్శించాడు. సంవేదనలు (sensations) కలిగినప్పుడు అవి ధాతువులో కలగవని, ధాతువులో జరిగే మార్పులని నాడులు మోసుకు పోయినప్పుడే సంవేదనలు కలుగుతాయని హేలర్ అర్థం చేసుకున్నాడు. అలాగే వివిధ శరీర ధాతువుల నుండి బయల్దేరిన నాడులన్నీ మెదడుకి గాని, వెన్నుపాముకి (spinal cord) గాని చేరుతున్నాయని కూడా హేలర్ గుర్తించాడు. దీన్ని బట్టీ ఇంద్రియ సంవేదనలకి, ఆ సంవేదనలకి జరిగే శారీరక ప్రతిచర్యలకి మెదడు, వెన్నుపాము కేంద్రాలు అని కూడా హేలర్ గ్రహించాడు. జంతువుల మెదళ్లలో అక్కడక్కడ గాయాలు చేసి, ఆ గాయాల వల్ల వాటి ప్రవర్తనలో వచ్చే మార్పులు గాని, వాటి దేహాలలో కనిపించే పక్షవాతం (paralysis) గాని పరిశీలిస్తూ ఎన్నో ప్రయోగాలు చేశాడు.

హేలర్ నడిచిన బాటలోనే ఇంకా ముందుకు వెళ్లినవాడు జర్మన్ వైద్యుడు ఫ్రాన్స్ జోసెఫ్ గాల్ (1758 - 1828). 1796 నుండి అతడు పై అంశాల మీద ఉపన్యాసాలు ఇవ్వడం మొదలెట్టాడు. మెదడుకి చేరే నాడులు ప్రత్యేకించి మెదడు ఉపరితలంలో ఉండే “gray matter” ని చేరుతాయని అతడు గుర్తించాడు. ఉపరితలానికి అడుగున ఉండే “white matter” మెదడులో వివిధ భాగాలని కలిపి వుంచే అనుసంధాన పదార్థం అని కూడా అతడు గమనించాడు.

హేలర్ లాగానే గాల్ కూడా మెదడులో వివిధ భాగాలు శరీరంలో వివిధ అంగాలని శాసిస్తున్నాయని భావించాడు. ఈ రకమైన చింతనని అతడు చాలా దూరం తీసుకువెళ్లాడు. మెదడులో కొన్ని ప్రత్యేక ప్రాంతాలు కేవలం కొన్ని ప్రత్యేక ఇంద్రియ సంవేదనలని మాత్రమే గురించడం, లేదా కొన్ని ప్రత్యేక కండరాలని శాసించడం మాత్రమే కాక, హార్దిక ప్రవృత్తికి (emotional nature), వ్యక్తిత్వానికి చెందిన ఎన్నో లక్షణాలని కూడా శాసిస్తాయని అతడు నమ్మాడు. ఈ రకమైన చింతనతో తదనంతరం అతడి శిష్యులు కొన్ని విపరీతమైన పోకళ్లు పోయారు. మెదడు రూపురేఖల్లో వ్యక్తిత్వం వ్యక్తమవుతుంది గనుక, తలపై మిట్టపల్లాల బట్టి మనిషి యొక్క వ్యక్తిత్వాన్ని చెప్పొచ్చని బోధించడం మొదలెట్టారు. ఆ విధంగా phrenology అనే ఓ కుహనాశాస్త్రం పుట్టింది.



Phrenological Chart of the Faculties.

మెదడులో వివిధ వ్యక్తిగత లక్షణాలు ఎక్కడెక్కడ వ్యక్తమవుతాయో చెప్తుంది ఫ్రీనాలజీ. (అయితే ఈ చిత్రాలకి శాస్త్రీయ సమర్ధన లేదు)

ఫ్రీనాలజీ బోధించిన తలతిక్క సిద్ధాంతాల వల్ల్ గాల్ కి కొంచెం చెడ్డపేరు వచ్చినమాట నిజమే అయినా, అతడు మొదట్లో చెప్పిన దాంట్లో కొంత నిజం లేకపోలేదు. నిజంగానే మెదడులో ప్రత్యేక క్రియలని శాసించే ప్రత్యేక ప్రాంతాలు ఉన్నాయి. మెదడులో ప్రత్యేక ప్రాంతాలకి, ప్రత్యేక క్రియలకి మధ్య సంబంధం ఏంటో సహేతుకంగా, శాస్త్రీయంగా తెల్చుకోవాలని ఒక వ్యక్తి నిశ్చయించుకున్నాడు. అతడు ఫ్రాన్స్ కి చెందిన పాల్ బ్రోకా అనే మెదడు సర్జన్. మాటపడిపోయిన ఎంతో మంది రోగుల మృత దేహాల మీద ఎన్నో పోస్ట్ మార్టెమ్ లు చేసిన మీదట అతడు ఓ గొప్ప విషయాన్ని కనుక్కున్నాడు. వారి మెదళ్లలో ఎడమ పక్కన ఫ్రాంటల్ లోబ్ లో ఒక ప్రత్యేకమైన స్థానంలో ధాతువు దెబ్బతిందని తెలిసింది. ఆ ప్రాంతానికి తదనంతరం "బ్రోకా ప్రాంతం" (Broca's area) అని పేరొచ్చింది.

1870 లో గస్టావ్ తియోడోర్ ఫ్రిట్ష్ (1838 - 1891) మరియు ఇడ్వర్డ్ హిట్జిగ్ (1838 - 1907) అనే ఇద్దరు జర్మన్ నాడీశాస్త్రవేత్తలు ఇంకా ముందుకు వెళ్లారు. సజీవంగా ఉన్న ఓ కుక్క మెదణ్ణి బహిర్గతం చేసి, దాన్ని ఓ విద్యుత్ సూదితో ప్రేరేపించారు. ఆ కుక్క మెదడులో వివిధ ప్రాంతాలని ప్రేరేపించినప్పుడు దాని శరీరంలో వివిధ కండరాలలో చలనం కనిపించింది. ఆ విధంగా శరీరం అంతటినీ మెదడు మీద మ్యాపు చెయ్యడానికి వీలయ్యింది. ఆ ప్రయోగాల వల్ల మెదడులో ఎడమ గోళార్థం శరీరంలో కుడి భాగాన్ని శాసిస్తుందని, మెదడులో కుడి గోళార్థం శరీరంలో ఎడమ భాగాన్ని శాసిస్తుందని తెలిసింది.

ఇలాంటి ప్రయోగాల వల్ల మెదడు శరీరాన్ని శాసిస్తుందని తెలియడమే కాక, ఆ నియంత్రణ చాలా ప్రత్యేకమైన రీతుల్లో జరుగుతుందని తెలిసింది. మానసిక క్రియలన్నిటికీ మెదడులో జరిగే జీవరసాయన చర్యలే ఆధారం అన్న భావన బయల్దేరింది. మనసు కూడా శరీరానికి కేవలం ఒక పొడుగింపు

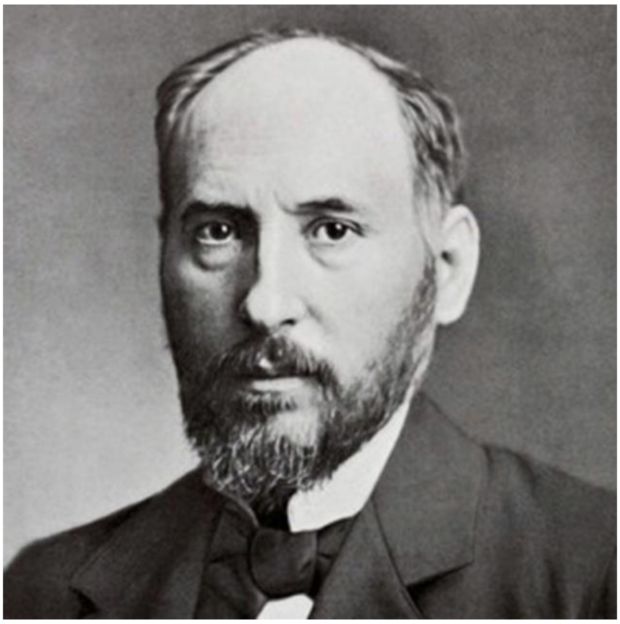
మాత్రమేనని అనిపించింది. ఆ ఆలోచనా సరళిని అలాగే కొనసాగిస్తే మనిషి యొక్క అత్యున్నత మానసిక శక్తులని కూడా శారీరక వృత్తుల అధీనంలోకి తీసుకువచ్చే ప్రమాదం వున్నట్టు కనిపించింది.

అప్పుడప్పుడే అంకురిస్తున్న కణ సిద్ధాంతాన్ని మెదడు విశ్లేషణ మీద ప్రయోగించడంతో నాడీ విజ్ఞానం ఎంతో పురోగమించింది. పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు నడిమి కాలంలో జీవశాస్త్రవేత్తలు మెదడులోను, వెన్నుపాములోను కూడా జీవకణాలని కనుక్కున్నారు. కాని ఈ నాడీతీగల సంగతే ఎటూ తేల్చుకోలేకపోయారు. ఈ విషయంలో కొంత స్పష్టత సాధించిన వాడు విల్హెల్మ్ ఫాన్ వాల్డేయర్ (1836 - 1921) అనే జర్మన్ శరీరనిర్మాణశాస్త్రవేత్త. 1891 లో అతడు నాడీ తీగలు కూడా నాడీ కణాల పొడిగింపులేనని, నాడీ కణాలలో భాగాలేనని వాదిస్తూ ఒక ప్రతిపాదన చేశాడు. నాడీ కణంతో పాటు తీగల్లాంటి దాని పొడిగింపులని కలుపుతూ, ఆ సమాహారాన్ని అతడు "న్యూరాన్" (neuron) అని పిలిచాడు. కాబట్టి నాడీమండలం అలాంటి "న్యూరాన్ల" మండలం. వాల్డేయర్ మరో విషయం కూడా నిరూపించాడు. నాడీ కణాలకి పొడిగింపులైన నాడీ తీగలు ఒక దానికొకటి చాలా సన్నిహితంగా వస్తాయి గాని పూర్తిగా ఒక దాంట్లో ఒకటి కలిసిపోవని చూపించాడు. అలా రెండు నాడీ తీగలు ఒకదానికొకటి చాలా దగ్గరిగా వచ్చినప్పుడు వాటి మధ్య ఒక "సంధి" ఏర్పడుతుందని గుర్తించాడు. ఆ సంధులకే తదనంతరం సైనాప్స్ లు (syanpses) అని పేరొచ్చింది.

తదనంతరం ఇటాలియన్ కణశాస్త్రవేత్త (cytologist) కమియో గాల్జీ (1844 - 1926) మరియు స్పెయిన్ కి చెందిన సాంటియాగో రేమాన్ ఇ కాహాల్ (1852 - 1934)   కృషి వల్ల న్యూరాన్ సిద్ధాంతం బలమైన పునాదుల మీద నిలబడింది. 1873 లో గాల్జీ వెండి లవణాల సహాయంతో కణాలకి రంగు పూసే ఓ

ప్రత్యేకమైన పద్ధతిని (staining) కనిపెట్టాడు. ఆ రంగు యొక్క వినియోగం వల్ల కణాలలో మునుపు తెలియని కొత్త నిర్మాణాలు కనుక్కోబడ్డాయి. వాటికే “గాల్జీ అంగాలు” (golgi bodies) అని పేరు.

కమిల్లో గాల్జీ



సంటియాగో రేమాన్ ఇ కాహాల్

గాల్జీ తన రంగుపూసే స్టెయినింగ్ పద్ధతిని ఉపయోగించి నాడీధాతువుని విశ్లేషించాడు. అంతవరకు అదృశ్యంగా మిగిలిన వివరాలు ఇప్పుడు బట్టబయలు అయ్యాయి. నాడీ తీగల రూపు రేఖలని, సైనాప్స్ లని చూడగలిగాడు. కాని వాల్డేయర్ తన న్యూరాన్ సిద్ధాంతాన్ని చాటినప్పుడు మాత్రం గాల్జీ ఆ సిద్ధాంతాన్ని త్రోసిపుచ్చాడు.

కాని రేమాన్ ఇ కాహాల్ న్యూరాన్ సిద్ధాంతాన్ని పూర్తిగా సమర్థించాడు. గాల్జీ కనిపెట్టిన స్టెయినింగ్ పద్ధతికి మెరుగులు దిద్ది, న్యూరాన్ సిద్ధాంతాన్ని నిరుపించడానికి అవసరమైన వివరాలని నిర్ద్వంద్వంగా ప్రదర్శించగలిగాడు. మెదడులోను, వెన్నుపాము లోను, చివరికి కంట్లోని రెటీనాలో కూడా ఉండే నాడీకణాల వివరాలని స్పష్టంగా ప్రదర్శించగలిగాడు.

ప్రవర్తన

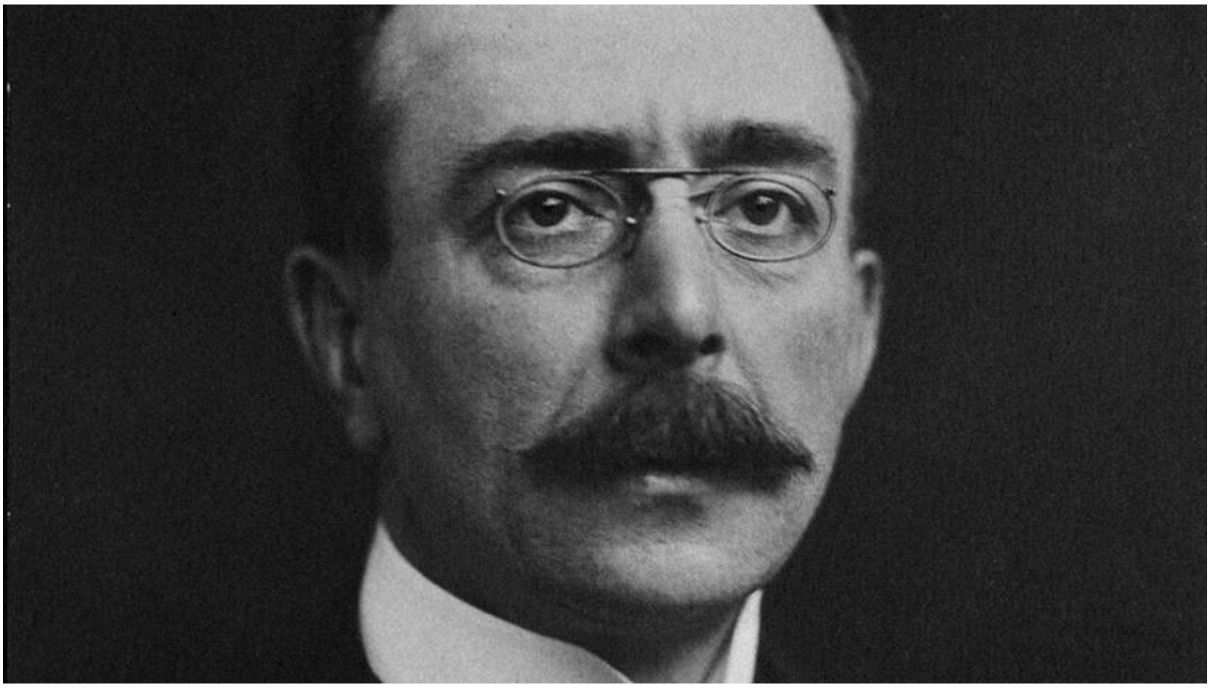
న్యూరాన్ సిద్ధాంతాన్ని జంతువుల ప్రవర్తనని అర్థం చేసుకోడానికి కూడా వినియోగించొచ్చు. 1870 లో స్టెఫెన్ హేల్స్ అనే శాస్త్రవేత్త తల తీసేసిన కప్ప కూడా, చర్మాన్ని గుచ్చితే, దాని కాలిని విదిలిస్తుందని గమనించాడు. అంటే మెదడు యొక్క ప్రమేయం లేకుండానే ఆ జంతువు యొక్క శరీరం బాహ్య ప్రేరణకి స్పందిస్తుందని తెలుస్తుంది. ఆ విధంగా “అసంకల్పిత ప్రతిక్రియ”ల (reflexes) గురించిన అధ్యయనం

మొదలయ్యింది. అంటే సంకల్పం యొక్క ప్రమేయం లేకుండా బహ్యా ప్రేరణని ఒక ప్రతిచర్య అనుసరిస్తుంది అన్నమాట.

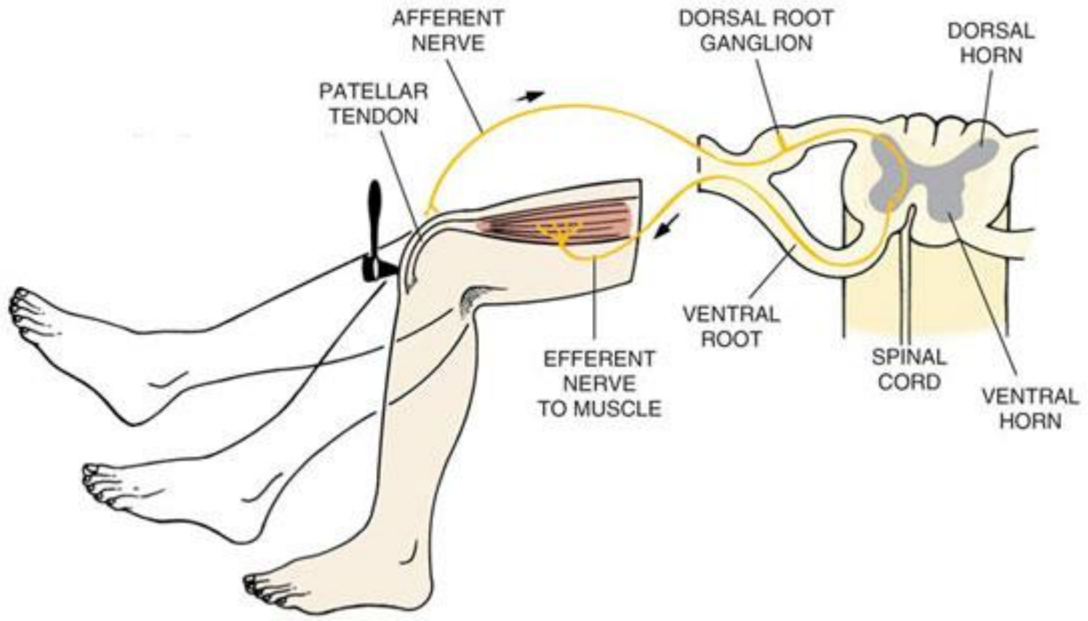
అలాంటి అసంకల్పిత ప్రతిక్రియలు జంతువుల్లోనే కాదు, మనుషుల్లో కూడా కనిపిస్తాయి. మోకాలికి కొద్దిగా కింద ఓ మెత్తని రబ్బరు సుత్తితో కొడితే, మోకాలి కిందన కాలిలో ఉలికిపాటు చర్య కనిపిస్తుంది. దాన్నే knee jerk అంటారు. అనుకోకుండా మన చేయి ఏదైనా వేడి వస్తువుకి తగిలితే, అక్కడ ఒక వేడి వస్తువు వుందన్న పూర్తి స్పృహ రాకముందే, అప్రయత్నంగానే చేతిని వెనక్కు లాక్కుంటాము.

బ్రిటిష్ జీవక్రియా శాస్త్రవేత్త చార్లెస్ స్కాట్ షెరింగ్టన్ (1861 - 1952) అసంకల్పిత ప్రతిక్రియలని క్షుణ్ణంగా అధ్యయనం చేశాడు. లోగడ గాల్జీ తన స్టెయినింగ్ పద్ధతితో మెదడు నిర్మాణ శాస్త్రానికి శ్రీకారం చుట్టినట్టే, అసంకల్పిత ప్రతిక్రియల మీద పరిశోధనల ఆధారంగా షెరింగ్టన్ 'నాడీ క్రియా శాస్త్రం' (neurophysiology) అనే రంగానికి పునాదులు వేశాడు. ప్రతిక్రియకి ఆధారంగా, రెండు లేదా పలు న్యూరాన్లతో కూడుకున్న ఒక సర్క్యూట్ ఉంటుందని గుర్తించాడు షెరింగ్టన్. దానికి 'ప్రతిక్రియా చాపం' (reflex arc) అని పేరు పెట్టాడు. శరీరంలో ఒక చోట ప్రవేశించిన ఇంద్రియ సంవేదన, నాడీ సంకేతంగా మారి, ఒక న్యూరాన్ లోకి ప్రవేశించి, అక్కడి నుండి ఒక సైనాప్స్ (ఆ పేరు సూచించింది షెరింగ్టనే) ద్వార మరో న్యూరాన్ లోకి ప్రవేశించి, అక్కడి నుండి బయటికి ప్రసారమవుతూ ఓ కండరాన్ని అదిలించడమో, ఓ గ్రంథి మీద ప్రభావం చూపించడమో చేస్తుంది. ఆ విధంగా ఆ న్యూరాన్ల సర్క్యూట్ ఒక ఇంద్రియ సంవేదనకి ప్రతిఫలంగా ఒక చలనాన్ని లేదా ప్రతిక్రియని కలుగజేస్తుంది. ఆ సర్క్యూట్ లో రెండు న్యూరాన్లు ఉన్నాయా, మరిన్ని న్యూరాన్లు ఉన్నాయా అన్నది ముఖ్యం కాదు. ఆ సర్క్యూట్ యొక్క పనితీరులో మాత్రం మార్పు ఉండదు.

సైనాప్స్ లలో కూడా ఎన్నో భేదాలు ఉన్నాయి. కొన్ని రకాల సైనాప్స్ లని నాడీ సంకేతాలు సులభంగా దాటగలవు. కొన్నిటిని సులభంగా దాటలేవు. నాడీ సంకేతాలు సులభంగా దాటగల సైనాప్స్ ల వరుసని తీసుకుంటే ఒక 'నాడీ మార్గం' (pathway) ఏర్పడుతుంది. ఆ విధంగా మెదడంతా వ్యాపించిన సంక్లిష్టమైన న్యూరాన్ల జాలాలలో కొన్ని నిర్దిష్టమైన నాడీ మార్గాల వెంట నాడీ సంకేతాలు ప్రసరిస్తూ ఉంటాయి.



చార్లెస్ షెరింగ్టన్



సంకల్పిత ప్రతిక్రియ

ఒక నాడీ మార్గంలో జరిగే చర్య వల్ల మరో నాడీ మార్గం తెరుచుకోవచ్చు. అంటే ఒక అసంకల్పిత ప్రతిక్రియలో కలిగే స్పందన మరో అసంకల్పిత ప్రతిక్రియకి ప్రేరణ కావచ్చు. అలాగే ఆ రెండవ అసంకల్పిత ప్రతిక్రియలో కలిగే స్పందన మరో మూడవ అసంకల్పిత ప్రతిక్రియకి ప్రేరణ కావచ్చు. అలా ఒక ప్రేరణ వల్ల అసంకల్పితంగానే, వరుస క్రమంలో ఎన్నో ప్రతిక్రియలు గొలుసుకట్టుగా వ్యక్తం కావచ్చు. దాన్నే మనం "సహజ ప్రవృత్తి" (instinct) అంటాము.

ఓ పురుగు వంటి అల్ప ప్రాణినే తీసుకుంటే అది కాసిన్ని సహజ ప్రవృత్తుల సమాహారమే కావచ్చు. మెదడులోని నాడీ మార్గాలు అనువంశికంగా సంక్రమిస్తాయని ఒప్పుకుంటే, ప్రవృత్తులు కూడా అనువంశికంగా సంక్రమిస్తాయని సులభంగా అర్థం చేసుకోవచ్చు. కాబట్టి ఒక సాలెపురుగు దాని జాలాన్ని

అల్లడం మునుపు ఎన్నడూ చూడకపోయినా దాన్ని ఒక్క లోపం కూడా లేకుండా అద్భుతంగా అల్లగలదు. అలాగే సాలెపురుగు జాతులలో ఒక్కొక్క జాతి పురుగు ఒక్కొక్క రకమైన జాలాన్ని అల్లుతుంది.

స్తన్యజీవుల్లో (ముఖ్యంగా మనిషిలో) సహజ ప్రవృత్తి (instinct) కాస్త బలహీనంగా ఉంటుంది కాని అవి అనుభవం నుండి నేర్చుకోగలుగుతాయి. అనుభవాన్ని బట్టి వాటి ప్రవర్తనని మార్చుకోగలుగుతాయి. న్యూరాన్ సిద్ధాంతం పరంగా అలాంటి ప్రవర్తనని వివరించడం కష్టం కావచ్చు. కాని కేవలం వస్తుగత దృష్టితో చూస్తూ అలాంటి ప్రవర్తనని విశ్లేషించడానికి వీలవుతుంది. మనం చరిత్ర చదివినట్టయితే, వివిధ పరిస్థితుల్లో మనుషులు ఎలా స్పందిస్తారో తెలుసుకోగలిగే వారు చాలా మంది తారసపడతారు. అలా తెలుసుకోగల బుద్ధికుశలత గలవాళ్లే గొప్ప నేతలు అవుతారు.

మనిషి మనసు విషయంలో కూడా సంఖ్యాత్మకంగా కొలిచే విధానాలని ప్రవేశపెట్టిన మొదటి వాడు జర్మనీకి చెందిన ఎర్నెస్ట్ హైన్రిక్ వెబర్ (1795 - 1878) అనే జీవక్రియాశాస్త్రవేత్త. రెండు వేరు వేరు సంవేదనలు మన మనసులో కలిగించే అనుభవాల తీవ్రత మధ్య తేడా ఆ సంవేదనలని కలిగించే భౌతిక ప్రేరణల తీవ్రతల యొక్క సంవర్గమానం (logarithm) మీద ఆధారపడి వుంటుందని వెబర్ నిరూపించాడు. (ఉదాహరణకి శబ్దం యొక్క తీవ్రతనే (volume) తీసుకుంటే, శబ్దం 10 రెట్లు అయితే, అది మనకి ఒక మెట్టు మరింత బిగ్గరగా అయినట్టు అనిపిస్తుంది, శబ్దం 100 రెట్లు పెరిగితే అది మనకి రెండు మెట్లు మరింత బిగ్గరగా అయినట్టు అనిపిస్తుంది.)

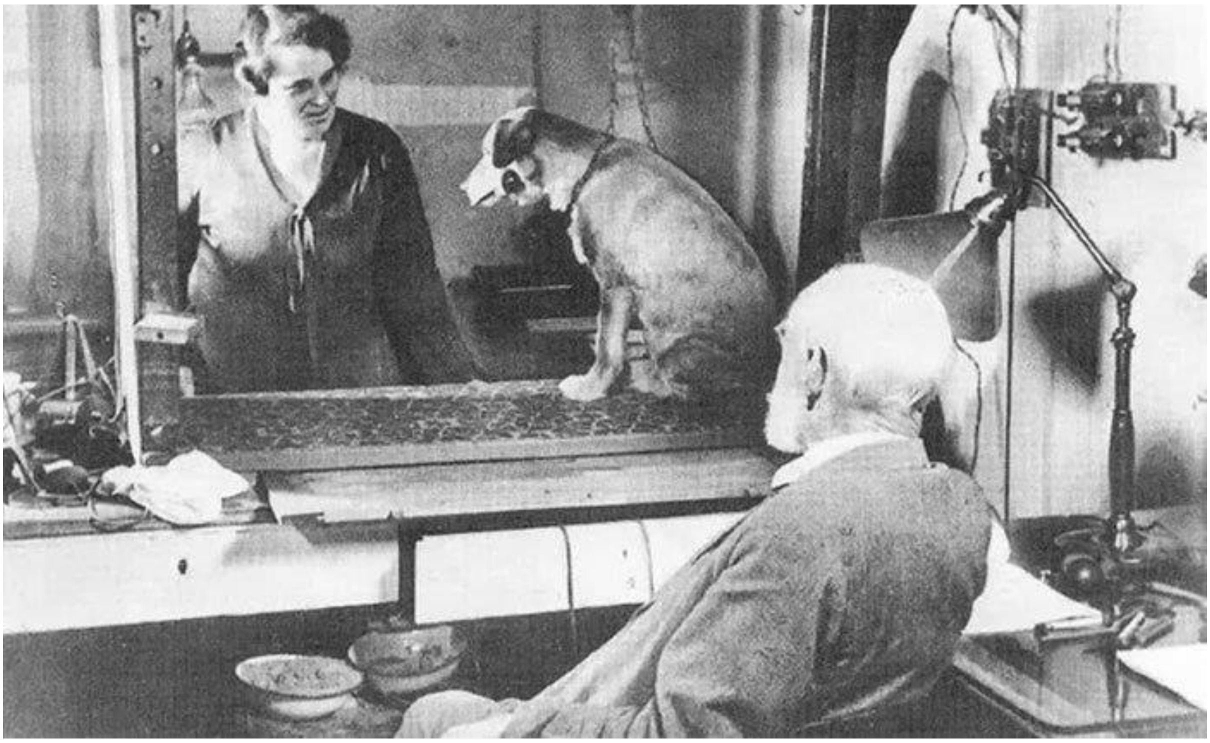
మరో ఉదాహరణ చెప్పాలంటే ఒక గదిలో ఒక కొవ్వొత్తి వెలిగించి పెట్టాము అనుకుందాం. దాని వల్ల గదిలో కొంత స్థాయిలో ప్రకాశం ఉన్నట్టు కనిపిస్తుంది. ఇప్పుడు రెండో కొవ్వొత్తి వెలిగిస్తే, అక్కడ ప్రకాశం కొంత మోతాదులో పెరిగినట్టు అనిపిస్తుంది. అలా పెరిగిన విలువ 'x' అనుకుందాం. ఇప్పుడు మళ్లీ x స్థాయిలో ప్రకాశం పెరగాలంటే, కేవలం మూడో కొవ్వొత్తి వెలిగిస్తే సరిపోదు. అంత మేరకు ప్రకాశం పెరిగినట్టు కనిపించాలంటే మరెన్నో కొవ్వొత్తులు వెలిగించాలి. అంటే మొదట్లో గదిలో ప్రకాశాన్ని x విలువ వద్దకి తీసుకురావాలంటే ఒక కొవ్వొత్తి వెలిగించాలి. ప్రకాశాన్ని 2x విలువకి తీసుకురావాలంటే మరి రెండు కొవ్వొత్తులు వెలిగించాలి. ప్రకాశాన్ని 3x విలువకి తీసుకురావాలంటే మరి నాలుగు కొవ్వొత్తులు వెలిగించాలి. ఈ నియమాన్ని 1860 లో గస్టావ్ తియొడోర్ ఫెక్నర్ (1801 - 1887) అనే మరో జర్మన్ జీవక్రియా శాస్త్రవేత్త బాగా ప్రచారం చేశాడు. అందుకే ఈ నియమాన్ని 'వెబర్ – ఫెక్నర్ నియమం' (Weber-Fechner Law) అంటారు. ఆ విధంగా మనోభౌతిక శాస్త్రం (psychophysics) అనే కొత్త రంగం ఆరంభం అయ్యింది.

మానవ ప్రవర్తనని అధ్యనం చేసే శాస్త్రమే మనస్తత్వ శాస్త్రం (psychology). భౌతిక శాస్త్రానికి మల్లె మనస్తత్వ శాస్త్రాన్ని కూడా గణిత విధానాల పరిధిలోకి తీసుకురావడం చాలా కష్టం. కాని సరిగ్గా అలాంటి విధానానికి శ్రీకారం చుట్టినవాడు జర్మన్ జీవక్రియాశాస్త్రవేత్త విల్హెల్మ్ వుండ్ట్ (1832 - 1920). 1879 లో ఇతడు ప్రయోగాత్మక మనస్తత్వ శాస్త్రం కోసం మొట్టమొదటి సారిగా ఓ ప్రయోగశాల స్థాపించాడు. అతడి కృషి నుండి స్ఫూర్తి పొంది కొత్త కొత్త ప్రయోగాత్మక పద్ధతులు ఏర్పడ్డాయి. ఉదాహరణకి ఎలుకలలో maze లని పరిష్కరించే సామర్థ్యాన్ని కొలిచే పద్ధతులు. అలాగే అరటిపళ్లని చేరుకోవడం కోసం చింపాజీలు తర్కాన్ని ఉపయోగించే పద్ధతులు మొదలైనవి. ఇలాంటి విధానాలనే క్రమంగా మనుషుల మీద కూడా ప్రయోగించడం మొదలెట్టారు. ఉదాహరణకి ప్రశ్నలకి సమాధానాల బట్టి మనుషుల తెలివితేటలు ని

తెలుసుకోవడం మొదలైనవి అలాంటి ప్రయత్నాలకి తార్కాణాలే.   ఉదాహరణకి ఫ్రెంచ్ మనస్తత్వ శాస్త్రవేత్త ఆల్ఫ్రెడ్ బినే (1857 - 1911) 1905 లో మొట్టమొదటి సారిగా Intelligence Quotient (IQ) (ప్రతిభా గుణకం) ని కొలిచే పరీక్షలని ప్రచురించాడు.

ప్రవర్తనకి, నాడీ మండలానికి మధ్య సంబంధాన్ని మరింత ప్రస్ఫుటంగా తెలిపే అధ్యయనాలని చేసినవాడు రష్యన్ జీవక్రియాశాస్త్రవేత్త ఇవాన్ పెట్రోవిచ్ పావ్లోవ్ (1849 - 1936). తన పరిశోధనల తొలి దశలలో అతడు నాడీ సంకేతాల నియంత్రణలో కడుపులోని జీర్ణరసాలు ఎలా వెలువడతాయో అధ్యయనం చేశాడు. కాని పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు చివరి దశ కల్లా ఆ అధ్యయనాలు అసంకల్పిత ప్రతీకార చర్యల మీదకి మళ్లాయి.

ఆకలి గొన్న కుక్కకి ఆహారం చూపిస్తే దానికి నోరూరుతుంది. ఇది చాలా అర్థవంతమైన ప్రతిక్రియ. నోట్లో ఊరిన లాలాజలం వల్ల జీర్ణనాళం తడి అవుతుంది. కందెన వేసినట్టు (lubricate) అందులోంచి ఆహార పదార్థం సులభంగా జారుతుంది.   కుక్కకి ఆహారాన్ని చూపించిన ప్రతీసారి ఒక గంట కొడితే, ఆ కుక్క నాడీమండలం ఆ గంట శబ్దానికి, ఆహారనికి మధ్య సంసర్గాన్ని (association) ఏర్పరచుకుంటుంది. అంటే రెండిటి మధ్య ఓ సంబంధాన్ని గుర్తిస్తుంది. క్రమేపీ ఒక దశలో ఆహారం కనిపించకపోయినా, కేవలం గంట శబ్దానికి దానికి నోరు ఊరడం మొదలవుతుంది. దాన్నే 'నియంత్రిత ప్రతిక్రియ' (conditioned reflex) అంటారు. ఇలాంటి విధానాలు ఉపయోగించి నాడీమండలంలో కొత్తకొత్త ప్రతిక్రియలని కలుగజేయొచ్చని పావ్లావ్ నిరూపించాడు.



కుక్కల మీద ప్రయోగాలు చేస్తున్న పావ్లావ్

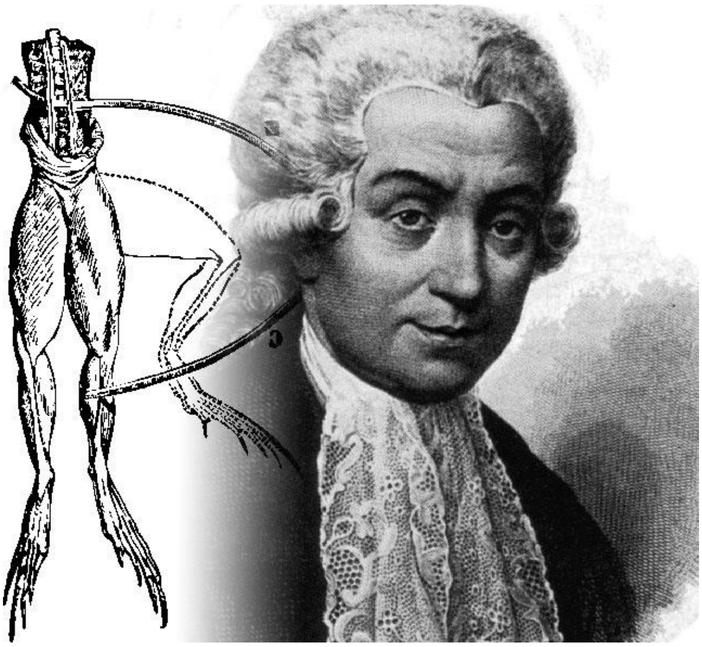
ఆ విధంగా నాడీశాస్త్రంలో 'ప్రవర్తన వాదం' (behaviorism) అని కొత్త విభాగం అవతరించింది. మనం కొత్త విషయాలని నేర్చుకుంటున్నాము అంటే మన నాడీమండలంలో కొత్త 'నియంత్రిత ప్రతిక్రియలు' ఏర్పడుతున్నాయన్నమాట. ప్రేరణకి, ప్రతిక్రియకి మధ్య కొత్త సంబంధాలు ఆవిష్కరించుకుంటున్నాం అన్నమాట. లేదా ప్రేరణల మధ్యే కొత్త సంబంధాలు పొడచూడగలుగుతున్నాం అన్నమాట. ఉదాహరణకి "కుర్చీ" అనే ముద్రాక్షరాలని, కుర్చీ అన్న పదాన్ని పలికినప్పుడు పుట్టే శబ్దంతో ముడివేసుకుంటాం. ఈ రెండిటినీ వాస్తవంలో కుర్చీ అనే వస్తువుతో ముడిపెడతాం. ఆ కారణం చేత "కుర్చీ" కనిపించగానే, దాని పేరు యొక్క శబ్దం, దాని పేరుని వ్యక్తం చేసే అక్షరాలు, దాని భావన అన్నీ వెంటనే మన మనసులో మెదులుతాయి. ఇలాంటి వాదనలో చెప్పుకోదగ్గ ప్రముఖులు ఇద్దరు ఉన్నారు. వాళ్లు అమెరికన్

మనస్తత్వ శాస్త్రవేత్తలు జాన్ బ్రోడస్ వాట్సన్ (1878 - 1958) మరియు బర్హస్ ఫ్రెడెరిక్ స్కిన్నర్ (1904 - 1990).

ప్రవర్తన వాదం మనస్తత్వ శాస్త్రాన్ని చాలా యాంత్రికంగా చూస్తుంది. మనసులోని అవస్థలని ఒక సంక్లిష్టమైన నాడీజాలంలో మెదిలే సంకేతాలతో ముడిపెడుతుంది. అయితే అది మరీ భౌతికమైన దృక్పథం అని, మనసుని ఒక యంత్రంలా చూడడం సమంజసం కాదని అనుకునేవాళ్లు లేకపోలేదు. భౌతిక ప్రపంచాన్ని శాసించే ధర్మాలకి మల్లె మనసుని కూడా కొన్ని నియత ధర్మాలు పాలిస్తూ ఉండొచ్చు. కాని మనోధర్మాలు మరింత సూక్ష్మంగా ఉంటాయనిపిస్తుంది.

నాడీ సంకేతాలు

మెదడులోని నాడీ సంకేతాల గురించి చెప్పుకుంటున్నప్పుడు నాడీ మార్గాల వెంట పరుగులు పెట్టే నాడీ సంకేతాల గురించి మాట్లాడుతాము. కాని ఇంతకీ ఈ నాడీ సంకేతాలు అంటే ఏమిటి? నాడులో ఏదో "ప్రాణశక్తి" ప్రవహిస్తుంది అన్న భావనని హేలర్, గాల్ తదితరులు ధ్వంసం చేశారు. కాని అదే భావన గాల్వానీ కృషిలో మరో కొత్త అవతారం ఎత్తింది. ఇటాలియన్ శరీరనిర్మాణ శాస్త్రవేత్త లూయీగీ గాల్వానీ (1737 - 1798) 1791 లో ఓ అద్భుతమైన విషయాన్ని కనుక్కున్నాడు. చచ్చిన కప్ప యొక్క కండరాలు విద్యుత్ ప్రేరణ ఇస్తే కొట్టుకుంటాయని అతడు గమనించాడు. దీన్ని బట్టి కండరాలలో ఏదో ఓ "జంతు విద్యుత్తు" ఉందని అతడు ప్రతిపాదించాడు.



కప్ప కండరాలు విద్యుత్ శక్తికి స్పందిస్తాయని నిరూపించిన లూయీగీ గాల్వానీ

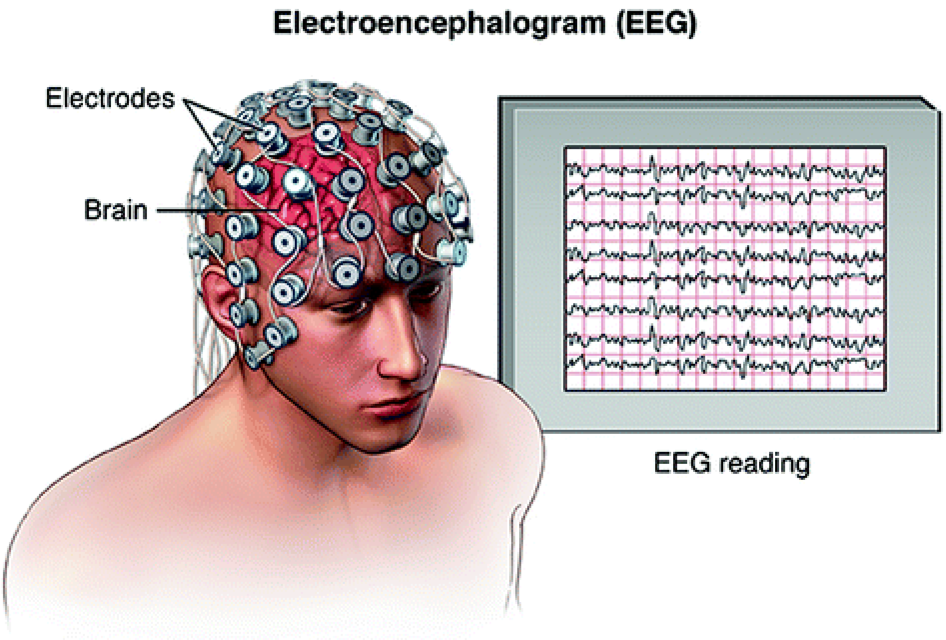
ఆ సూచనని యదాతథంగా తీసుకుంటే సరైనది కాకపోవచ్చు గాని కాని కాస్తంత సవరించుకుంటే దాని వల్ల ఎంతో మేలు జరిగింది. జర్మన్ జీవక్రియా శాస్త్రవేత్త ఎమిల్ దు బ్వా రేమాండ్ (1818 - 1896) ఇంకా విద్యార్థిదశలో ఉండగానే విద్యుత్ చేపల (electric fishes) గురించి కొన్ని చక్కని అధ్యయనాలు చేశాడు. జీవధాతువులలో విద్యుత్ ప్రక్రియల మీద అలా పుట్టిన ఆసక్తి జీవితాంతం నిలిచింది. 1840 ల నుండి అతడు విద్యుత్తుని కొలిచే పరికరాలకి మెరుగులు దిద్దుతూ వచ్చాడు. అలా మెరుగైన పరికరాలతో నాడీ తీగలలోను, కండరాలలోను ప్రవహించే సూక్ష్మమైన విద్యుత్తుని కొలవడానికి ప్రయత్నించాడు. నాడీ తీగ మీదుగా నాడీ సంకేతం ప్రసారం అవుతున్నప్పుడ్ ఆ తీగ యొక్క విద్యుత్ స్థితిలో తాత్కాలికంగా మార్పు వస్తుందని అతడు నిరూపించాడు. కాబట్టి నాడీ సంకేతం పాక్షికంగానైనా విద్యుత్తుకి సంబంధించినదని తెలిసింది. నిజంగానే విద్యుత్తు ఒక రకంగా అత్యంత సూక్ష్మమైన “ద్రవం” అని అనుకోవచ్చు. వెనకటి రోజుల్లో జనం నాడులలో ప్రవహించే “ప్రాణశక్తి” ఈ విద్యుత్ శక్తే కాబోలు.

విద్యుత్ పరిణామాలు కేవలం నాడులలోనే కాదు, కండరాలలో కూడా కనిపిస్తాయి. లయబద్ధంగా కొట్టుకునే గుండెనే తీసుకుంటే, దాని కండరంలో వచ్చే విద్యుత్ పరిణామాలు కూడా లయబద్ధంగానే సాగుతాయి. 1903 లో విలియం ఐంథోవెన్ (1860 - 1927) అనే డచ్ జీవక్రియా శాస్త్రవేత్త ఒక సున్నితమైన "సూత్ర గాల్వనోమీటర్" (string galvanometer) ని రూపొందించాడు. ఇది అత్యంత సూక్ష్మమైన విద్యుత్ కరెంట్లని గుర్తుపట్టగలదు. గుండె మీద లయబద్ధంగా మారే విద్యుత్ శక్మాలని (electric potentials) శరీరం మీద, అంటే చర్మం మీద పెట్టిన ఎలక్ట్రోడ్ ల సహాయంతో కొలువగలిగాడు. అలా ఏర్పడ్డ పరికరానికే 'electrocardiograph (ECG) (హృదయలేఖిని) అని పేరు. 1906 నుండే అతడు ECG ని ఉపయోగించి రకరకాల గుండె జబ్బులలో భేదాలు గుర్తించడం మొదలెట్టాడు.

ఇటువంటిదే మరో అద్భుతాన్ని 1929 లో జర్మన్ జీవక్రియా శాస్త్రవేత్త హన్స్ బెర్గర్ (1873 - 1941) సాధించాడు. అతడు తల మీద ఎలక్ట్రోడ్ లు ఉంచి, మెదడులో జరిగే విద్యుత్ పరిణామాలని పరోక్షంగా కొలిచాడు. అలా కొలిచే సంకేతాలనే Electroencephalogram (EEG) (మనోలేఖిని) అంటారు. EEG లోని సంకేతాలు చాలా సంక్లిష్టంగా ఉంటాయి. కాని మెదడులోని అంతరంగ భాగాలు విస్తృతంగా దెబ్బతిన్నప్పుడు దాని ఆనవాళ్లు EEG లో స్పష్టంగా కనిపిస్తాయి. అలాగే "పవిత్ర రోగం" అని చెప్పుకోబడే "మూర్ఛవ్యాధి" (epilepsy) యొక్క ఆనవాళ్లు కూడా EEG లో ప్రస్ఫుటంగా కనిపిస్తాయి.

మెదడులోని ప్రక్రియలు అన్నిటినీ కేవలం విద్యుత్ సంకేతల పరంగా వర్ణించడానికి సాధ్యం కాదు. ఒక న్యూరాన్ నుండి మరో న్యూరాన్ కి ప్రసారమయ్యే నాడీ సంకేతం దానంతకి అదే ఆ రెండు న్యూరాన్లని కలిపే సైనాప్స్ ని దాటలేదు. మరేదో అంశం రెండు న్యూరాన్లలోను ప్రసారమయ్యే నాడీ సంకేతాలకి మధ్య

మధ్యవర్తిలా పని చేస్తుంది. ఈ విషయం మీద ఆటో లెవీ (1873 - 1961) అనే జర్మన్ జీవక్రియాశాస్త్రవేత్త 1921 లో ఓ చక్కని ప్రయోగం చేశాడు. సైనాప్స్ ద్వార ప్రసారమయ్యే సంకేతం ఒక రసాయనిక సంకేతమని, అది విద్యుత్ సంకేతం కాదని అతడు ఆ ప్రయోగం ద్వార నిరూపించాడు. ప్రేరేపితమైన నాడీ తీగ కొస నుండి ఓ రసాయనం వెలువడి సైనాప్స్ లో ఉండే చిన్న ఖాళీని దాటుతుంది. లెవీ ఆ ప్రయోగాన్ని కప్ప గుండెలతో చేశాడు. అలా వెలువడ్డ రసాయనం 'ఎసెటిల్ కొలిన్' (Acetylcholine) అని బ్రిటిష్ జీవక్రియాశాస్త్రవేత్త హెన్రీ హాలెట్ డేల్ (1875 - 1968) కనుక్కున్నాడు.



ఎలెక్ట్రో ఎన్సెఫలో గ్రామ్ (EEG)

నాడీ తీగల కొసల నుండి వెలువడే రసాయనాలు ఎన్నిటినో తదనంతరం కనుక్కున్నారు. అలాంటి కొన్ని రసాయనాలలో వచ్చే మార్పులకి కొన్ని మనో వ్యాధులతో సంబంధం వుందని కూడా కనుక్కున్నారు. మెదడులో రసాయనాలకి చెందిన శాస్త్రాన్నే నాడీ రసాయనశాస్త్రం (neurochemistry) అంటారు. మనసు తత్వాన్ని అర్థం చేసుకోవడంలో ఈ నాడీరసాయన శాస్త్రం ఎంతో ఉపయోగపడుతుంది.

అధ్యాయం 11

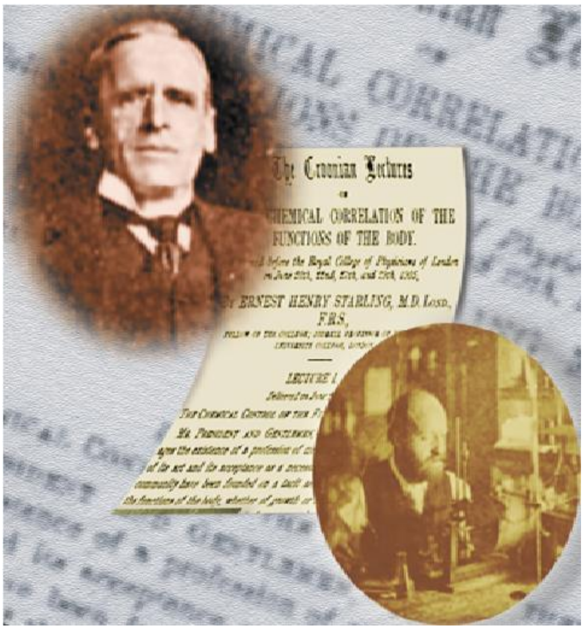
రక్తం

హార్మోన్లు

న్యూరాన్ సిద్ధాంతం సాధించిన విజయం సంపూర్ణవిజయం అనడానికి లేదు. శరీరాన్ని శాసించేది కేవలం నాడీమండలం అంతా కలయదిరిగే నాడీ సంకేతాలు మాత్రమే కాదు. శరీరం మీద రకరకాలుగా ప్రభావం చూపే రసాయనిక దూతలు (chemical messengers) ఎన్నో ఉన్నాయి. అవి రక్తం ద్వార శరీరం అంతటా ప్రసారం అవుతాయి.

ఉదాహరణకి 1902 లో ఎర్నెస్ట్ హెన్రీ స్టార్లింగ్ (1866 – 1927), విలియం మాడాక్ బేలిస్ (1866 - 1924) అనే ఇద్దరు ఇంగ్లీష్ జీవక్రియా శాస్త్రవేత్తలు పాంక్రియాస్ యొక్క పనితీరు గురించి ఓ చక్కని ప్రయోగం చేశారు. పాంక్రియాస్ కి చెందిన నాడీ తీగలు అన్నిటినీ తెగ్గొట్టినా పాంక్రియాస్ ఎప్పటిలాగానే పనిచేయడం కనిపించింది. కడులో ఆసిడ్ తో కలిసిన ఆహార పదార్థం పేగుల్లోకి ప్రవహించగానే పాంక్రియాస్ అది ఉత్పత్తిచేసే జీర్ణరసాన్ని పేగుల్లోకి వెలువరించింది. కడుపులోని ఆసిడ్ తో సంపర్కం కలగగానే చిన్న పేగుల గోడల్లోంచి ఏదో పదార్థం ఊరడం మొదలెట్టింది. ఆ పదార్థానికి స్టార్లింగ్, బేలిస్ లు “సెక్రిటిన్” (secretin) అని పేరు పెట్టారు. దీని ప్రభావం వల్లనే పాంక్రియాస్ జీర్ణరసాన్ని వెలువరిస్తోంది.

రెండేళ్లు పోయాక, endocrine గ్రంథుల నుండి రక్తంలోకి వెలువరించబడే పదార్థాలు అన్నిటికి సమిష్టిగా స్టార్లింగ్ ఒక పేరు పెట్టాడు. అలా వెలువరించబడ్డ పదార్థం మరో అంగాన్ని ఉత్తేజపరుస్తోంది కనుక దానికి “హార్మోన్” అని పేరు పెట్టాడు. “ఉత్తేజం కలిగించేది” అనే అర్థం గల గ్రీకు పదాల నుండి వచ్చిందా పదం.



ఎర్నెస్ట్ స్టార్లింగ్ (పైన), విలియమ్ బేలిస్ (కింద)

హార్మోన్ సిద్ధాంతం చాలా ఉపయోగకరంగా అనిపించింది. రక్తంలో అత్యంత సూక్ష్మ మోతాదుల్లో ఉండే హార్మోన్లు రక్త ప్రవాహంలో కొట్టుకుపోతూ, తమ ప్రభావాలని సంక్లిష్టంగా మేళవించుకుంటూ , శరీరంలో జరిగే వివిధ రసాయన చర్యల మధ్య చక్కని సమతూనిక సాధిస్తూ, అవసరమైన చోట సకాలంలో ప్రభావాన్ని చూపిస్తూ, శారీరక ధర్మాలని అద్భుతంగా నిర్వహిస్తుంటాయి. ఇలా ఉండగా 1901 నాటికే జపనీస్ – అమెరికన్ రసాయన శాస్త్రవేత్త జోకిచి టకమినే (1854 - 1922) అడ్రినల్ గ్రంథి నుండి ఒక పదార్థాన్ని వెలికితీశాడు. దాన్నే ఇప్పుడు ఎపినెఫ్రిన్ (epinephrine) అని పిలుచుకుంటాం. దానికే

adrenaline అనే వ్యాపార నామం కూడా వుంది. ఆ పదార్థం ఒక హార్మోన్ అని తరువాత తెలిసింది. ఇదే మొట్టమొదట పేరుచేయబడ్డ హార్మోన్. అణునిర్మాణం పరిష్కరించబడ్డ మొట్టమొదటి హార్మోన్ కూడా ఇదే.

హార్మోన్ల చేత నియంత్రించబడే శారీరక ప్రక్రియలలో బేసల్ మెటబాలిక్ రేటు (BMR) కూడా ఉంటుందని శాస్త్రవేత్తలు త్వరలోనే ఊహించారు. ఏ పనీ చెయ్యకుండా ఊరికే ఉన్న స్థితిలో కూడా శరీరంలో ఉండే జీవప్రక్రియలన్నిటినీ నడిపించేందుకు గాను శరీరం కొంత కనీస శక్తిని వెచ్చిస్తూ ఉంటుంది. ఆ వెచ్చించే వేగాన్నే BMR అంటారు. BMR కి థైరాయిడ్ వ్యాధికి మధ్య సంబంధం వుందని మాగ్నస్ – లెవీ చూపించాడు. అమెరికన్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త ఎడ్వర్డ్ కాల్విన్ కెండల్ (1886 - 1972) 1916 లో థైరాయిడ్ గ్రంథి నుండి ఒక పదార్థాన్ని వెలికి తీశాడు. దానికి థైరాక్సిన్ (thyroxine) అని పేరు పెట్టాడు. ఇదొక హార్మోన్ అని తరువాత తెలిసింది. సూక్ష్మమైన మొత్తాల్లో ఉత్పత్తి అయ్యే ఈ పదార్థం శరీరం యొక్క BMR ని నియంత్రిస్తుంది.

హార్మోన్ల పరిశోధనలలో ఓ సంచలనాత్మక ప్రథమ ఫలితం హార్మోన్లకి డయాబెటిస్ మెల్లిటస్ కి మధ్య సంబంధాన్ని తెలుసుకోవడం. ఈ వ్యాధిలో శరీరంలో చక్కెర శక్తిగా మారే ప్రక్రియలో దోషం ఏర్పడుతుంది. చక్కెర శక్తిగా సకాలంలో మారకపోవడం వల్ల డయాబెటిక్ రోగుల రక్తంలో హెచ్చు స్థాయిలో చక్కెర ఉంటుంది. అలా రక్తంలో హెచ్చు స్థాయిలో పోగవుతున్న చక్కెరని శరీరం మూత్రం ద్వార వదిలించుకుంటుంది. కాబట్టి మూత్రంలో హెచ్చు స్థాయిలో చక్కెర కనిపించడం ముదిరిన వ్యాధి లక్షణాలలో ఒకటవుతుంది. ఇరవయ్యవ శతాబ్దం వరకు కూడా డయాబెటిస్ వ్యాధి అంటే మరణం తథ్యం అనుకునేవారు.

డయాబెటిస్ వ్యాధికి పాంక్రియాస్ గ్రంథి యొక్క క్రియకి మధ్య సంబంధం వుందని మొదట్లోనే అనుమానం వచ్చింది. 1893 లో జోసెఫ్ ఫాన్ మెరింగ్ (1849 - 1908), మరియు ఆస్కార్ మింకోవ్స్కి (1858 - 1931) అనే ఇద్దరు జర్మన్ జీవక్రియా శాస్త్రవేత్తలు ప్రయోగాత్మక జంతువులలో పాంక్రియాస్ ని తొలగించి చూశారు. ఆ జంతువులలో పాపం త్వరలోనే తీవ్రమైన డయాబెటిస్ వ్యాధి ఏర్పడింది. స్టార్లింగ్ మరియు బేలిస్ లు హార్మోన్ల సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించగానే పాంక్రియాస్ కూడా ఏదో హార్మోన్ ని వెలువరిస్తుందని అర్థమయ్యింది. శరీరం చక్కెరని శక్తిగా మార్చే ప్రక్రియలో ఆ హార్మోన్ ఎక్కడో పనికొస్తుందని కూడా అనిపించింది.

థైరాయిడ్ గ్రంథి నుండీ లోగడ కెండల్ థైరాక్సిన్ హార్మోన్ ని వెలికితీసినట్టే, పాంక్రియాస్ నుండి వెలువడే హార్మోన్ ని కూడా వెలికితీయాలని ప్రయత్నించారు. కాని ఆ ప్రయత్నాలన్నీ మొదట విఫలమయ్యాయి. పాంక్రియాస్ చేసే పనుల్లో ముఖ్యమైన జీర్ణరసాయల్ని ఉత్పత్తిచెయ్యడం. అయితే ఆ జీర్ణరసాలలో ప్రోటీన్ల ని విచ్ఛిన్నం చెయ్యగల నానా రకాల ఎంజైమ్లు ఉంటాయి. మరి పాంక్రియాస్ వెలువరించే ఆ రహస్య హార్మోన్ కూడా ఒక ప్రోటీనే అయితే, పాంక్రియాస్ నుండి వెలువడే జీర్ణరసాల ప్రభావం వల్ల అది అక్కడికక్కడే విచ్ఛిన్నం అయిపోతుంది. కాబట్టి దాన్ని యదాతథంగా వెలికితీయడం అసంభవం అవుతుంది.

ఇలా ఉండగా 1920 లో కెనడా కి చెందిన ఫ్రెడెరిక్ గ్రాంట్ బాంటింగ్ (1891 - 1941) అనే ఓ యువ వైద్యుడికి ఓ వినూత్నమైన ఆలోచన వచ్చింది. సజీవంగా ఉన్న జంతువులో పాంక్రియాస్ నుండి జీర్ణరసాలని వెలువరించే నాళాన్ని కట్టేస్తే ఏమవుతుందని బాంటింగ్ ఆలోచించాడు. ఇప్పుడు నాళం

లోంచి జీర్ణరసాలు ప్రవహించడం లేదు కనుక కొంత కాలానికి ఆ నాళం సంక్షయమైపోతుంది. ఇక పాంక్రియాస్ నుండీ నేరుగా రక్తనాళంలోకి వెలువరించే మరో నాళం ఆరోగ్యవంతంగానే ఉంటుంది. పాంక్రియాస్ వెలువరించే హార్మోన్ ఈ నాళం లో నుండే రక్త నాళాలలోకి ప్రవహిస్తుంది. కాబట్టి ఆ మార్గం నుండి పైకి వస్తున్న హార్మోన్ ని ఇట్టే పట్టేయొచ్చు అని ఊహించాడు బాంటింగ్. తన ఆలోచనలని సాకారం చేసుకునే తరుణం కోసం ఎదురుచూస్తూ ఉండిపోయాడు. ఇలా ఉండగా 1921 లో కెనడా లోని యూనివర్సిటీ ఆఫ్ టొరోంటో లో ప్రయోగాలు చేసుకునే వసతులు అతడి చేతికి అందాయి. దాంతో పాటే చార్లెస్ హెర్బర్ట్ బెస్ట్ (1899 - 1978) అనే యోగ్యుడైన అనుచరుడు కూడా తన కృషిలో చేతులు కలిపాడు. వారి ప్రయత్నం ఫలించింది. పాంక్రియాస్ లో నుండి వెలువడే “ఇంసులిన్” అనే హార్మోన్ ని వెలికితీశారు. ఇంసులిన్ వినియోగం వల్ల డయాబెటిస్ ని నియంత్రించడానికి వీలయ్యింది. ఇంసులిన్ వల్ల డయాబెటిస్ నయం కాదు. డయాబెటిస్ ని పూర్తిగా నయం చెయ్యడానికి వీలు కాదు. డయాబెటిక్ రోగి జీవితమంతా ఇబ్బందికరమైన ఇంసులిన్ చికిత్స తీసుకుంటూనే ఉండాలి. అయితే ఆ కాస్త అసౌకర్యానికి ఇంచుమించు సాధారణమైన, సుదీర్ఘమైన జీవితాన్ని గడపడానికి సాధ్యమవుతుంది.

అప్పటి నుండి మరెన్నో హార్మోన్లు వెలికి తీయబడ్డాయి. అండాశయం (ovary) నుండి, వృషణాల (testicles) నుండి “లైంగిక హార్మోన్లు” (sex hormones) వెలికి తీయబడ్డాయి. (యవ్వనారంభంలో (puberty) ద్వితీయ లైంగిక లక్షణాల అభివృద్ధి క్రమాన్ని, స్త్రీలలో ఋతుచక్రాలని ఈ హార్మోన్లు నియంత్రిస్తాయి. వీటిని మొట్టమొదట వెలికితీసినవాడు జర్మన్ రసాయన శాస్త్రవేత్త అడోల్ఫ్ ఫ్రీడ్రిక్ యోహాన్సెస్ బూటెనాంట్ (1903 - 1995). ఆ ప్రయత్నాలు 1929 లో మొదలై కొన్నేళ్లు సాగాయి.

థైరాక్సిన్ ని కనుక్కున్న కెండల్, అలాగే టెడియస్ రైక్ స్టయిన్ (1897 - 1996) తదితరులు ఒక పెద్ద హార్మోన్ల కుటుంబాన్నే కనుక్కున్నారు. వాటికి ఉమ్మడిగా కార్టికాయిడ్ లు (corticoids) అని పేరు. అడ్రినల్ గ్రంథులలో ఉండే కార్టెక్స్ అనే ప్రాంతం నుండి వీటికి వెలికితీయడం చేత వాటికి ఆ పేరు వచ్చింది. 1948 లో కెండల్ సహచరుడైన ఫిలిప్స్ షోవాటర్ హెంష్ (1896 - 1965) అనే శాస్త్రవేత్త కార్టికాయిడ్ లలో ఒకటైన కార్టిసోన్ (cortisone) అనే పదార్థం రుమెటాయిడ్ ఆర్థరైటిస్ (rheumatoid arthritis) అనే వ్యాధికి మందుగా పని చేస్తుందని కనుక్కున్నాడు.

మెదడు యొక్క మూలంలో పిట్యూటరీ గ్రంథి (pituitary gland) అనే గ్రంథి ఉంటుంది. 1924 లో అర్జెంటీనా కి చెందిన బెర్నార్డో ఆల్బెర్టో హూసే (1887 - 1971) అనే జీవశాస్త్రవేత్త పిట్యూటరీ గ్రంథికి చక్కెరని విచ్ఛిన్నం చెయ్యడంలో పాత్ర ఉంటుందని కనుక్కున్నాడు. ఆ తరువాత ఆ గ్రంథికి మరెన్నో ఇతర బాధ్యతలు కూడా ఉన్నాయని కనుక్కున్నారు. 1930, 1940 లలో చో హావ్ లీ (1913 - 1987) అనే చైనీజ్ – అమెరికన్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త అదే గ్రంథి నుండి మరెన్నో ఇతర హార్మోన్లని వెలికితీయగలిగాడు. వాటిలో ఒకటి "వృద్ధి హార్మోన్" (growth hormone). ఇది శరీరం యొక్క ఎదుగుదలని నియంత్రిస్తుంది. ఇది అతిగా వెలువడితే ఆ మనిషి బృహత్ కాయుడు అవుతాడు. తక్కువగా వెలువడితే ఆ మనిషి మరుగుజ్జు అవుతాడు.

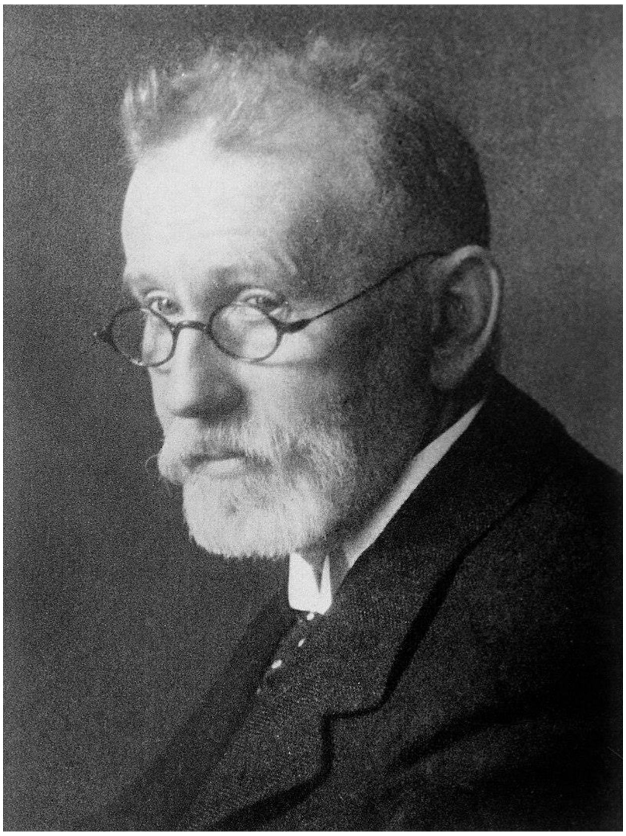
హార్మోన్లని అధ్యయనం చేసే శాస్త్రాన్నే ఎండోక్రినాలజీ (endocrinology) అంటారు. ఇరవయ్యవ శతాబ్దపు మధ్య దశలో ఇది జీవశాస్త్రంలోనే ఒక అత్యంత సంక్లిష్టమైన, అలాగే అత్యంత ఫలదాయకమైన విభాగంగా పేరు పొందింది.

సెరాలజీ (Serology)

పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు చివరి దశలలో రక్తం యొక్క ఎన్నో క్రియల గురించి అవగాహన పెరగసాగింది. హార్మోన్ల కి వాహకంగా పని చేయడం రక్తం యొక్క ఆ అనేక క్రియలలో ఒకటి మాత్రమే. హార్మోన్లకి మాత్రమే కాక ఏంటీ బాడీల (antibodies) కి కూడా రక్తం వాహకంగా పని చేస్తుందని తెలిసింది. ఆ కారణం చేత ఇన్ఫెక్షన్ మీద అనుక్షణం సాగే పోరాటంలో రక్తానికి కీలక పాత్ర ఉందని తెలిసింది. (అందుకే అర్థ శతాబ్ద కాలం క్రితం రోగానికి చికిత్సగా రోగి నుండి రక్తం తీసేవారని తెలిస్తే ఆశ్చర్యం కలుగుతుంది.)

సూక్ష్మక్రిముల మీద పోరాటంలో రక్తాన్ని వాడే పద్ధతి కాక్ (Koch) యొక్క ఇద్దరు అనుచరుల కృషిలో పరిపాకానికి వచ్చింది. జర్మనీ కి చెందిన ఆ ఇద్దరూ బాక్టీరియాలజిస్టులు. వారి పేర్లు – ఎమిల్ అడోల్ఫ్ ఫాన్ బేరింగ్ (1854 - 1917) మరియు పాల్ ఎహర్లిక్ (1854 - 1915). ఏంటీబాడీల పని తీరు గురించి ఫాన్ బేరింగ్ ఓ చక్కని రహస్యం కనుక్కున్నాడు. ఒక సూక్ష్మక్రిమిని ఏదైనా జంతువులోకి ఎక్కించినప్పుడు, ఆ క్రిమికి ప్రతికూలంగా ఆ జంతువు ఏంటీబాడీలని పుట్టించుకుంటుంది. ఆ ఏంటీబాడీలు రక్తంలో ద్రవపు భాగంలో ఉంటాయి. (రక్తంలో వివిధ రకాల కణాలని తీసేయగా మిగిలిన నిర్వర్ణమైన ద్రవాన్ని సీరమ్ (serum) అంటారు. ఏంటీబాడీలు ఈ సీరమ్ లో ఉంటాయి.) ఆ జంతువులో నుండి రక్తం తీసి, మరో జంతువులోకి ఎక్కిస్తే, మొదటి జంతువులోని ఏంటీబాడీలు రెండవజంతువులోకి ప్రవేశించి దానికి రోగనిరోధకత కలుగజేస్తాయి.

ఈ పద్ధతితో డిఫ్తీరియా అనే వ్యాధిని జయించాలని బయల్దేరాడు ఫాన్ బేరింగ్. ఈ ప్రాణాంతకమైన వ్యాధి ఎక్కువగా పిల్లల్లో సంభవించేది. ఒక సారి ఆ వ్యాధి నుండి విముక్తుడైన వ్యక్తికి ఇక ఆ వ్యాధి నుండి శాశ్వత రోగనిరోధకత ఏర్పడుతుంది. అలాంటి ప్రమాదకర పరిస్థితుల్లో మనుషుల్లా ఆ వ్యాధికి ప్రతికూలంగా ఏంటీబాడీలు పుట్టించడం తప్ప వేరే మార్గమే లేదా? ఆ వ్యాధికి సంబంధించిన ఏంటీబాడీలని ముందు ఏ జంతువులోనో పుట్టించి, ఆ జంతువు నుండి సీరమ్ ని తీసి పిల్లల్లోకి ఎక్కిస్తే ఏమవుతుంది? 1892 లో డిఫ్తీరియా అంటువ్యాధిలా ప్రబలిపోతున్న సమయంలో సరిగ్గా ఈ పద్ధతినే వాడారు. ఆ చికిత్స పూర్తిగా జయప్రదం అయ్యింది.



పాల్ ఎహర్లిక్

ఎమిల్ ఫాన్ బేరింగ్

ఎహర్లిక్ ఈ ప్రయత్నంలో ఫాన్ బేరింగ్ తో కలిసి పని చేశాడు. మందు యొక్క మోతాదులు, చికిత్సా పద్ధతులు మొదలైన సంగతులన్నీ ఎహర్లిక్ నిర్ణయించి ఉంటాడు. అయితే ఇద్దరికి సుతరాము పడేది కాదు. కొంతకాలం తరువాత ఇద్దరూ ఎవరి దారిన వాళ్లు వెళ్లిపోయారు. ఎహర్లిక్ స్వతంత్రంగా పని చేస్తూ సీరమ్ యొక్క వినియోగ విధానాలకి ఇంకా ఇంకా మెరుగులు దిద్దుతూ పోయాడు. ఆ కారణం చేత సీరాలజీ (serology) అనే రంగానికి ఇతడే మూలకర్త అని చెప్పుకోవచ్చు. రక్తం లోని సీరమ్ యొక్క వినియోగ విధానాలని చర్చించే శాస్త్రమే సీరాలజీ. (అవే విధానాలు వాడి రోగనిరోధకత సాధించినట్లయితే అది ఇమ్యూనాలజీ (immunology) రంగం కిందకి వస్తుంది.)

సీరాలజీ రంగపు తొలి దశలలో గణనీయమైన కృషి చేసినవాడు బెల్జియన్ బాక్టీరియాలజిస్టు జూల్స్ జాన్ బాప్టిస్ట్ విన్సెంట్ బోర్దే (1870 - 1961). 1898 లో పారిస్ లో మెక్నికోవ్ తో పని చేస్తున్న సమయంలో

ఇతడు రక్త సీరమ్ గురించి ఓ ముఖ్యమైన రహస్యం కనుక్కున్నాడు. రక్త సీరమ్ ని 55 డిగ్రీల సెంటిగ్రేడ్ వరకు వేడి చేసినప్పటికీ అందులోని ఏంటీబాడీలు యదాతథంగా ఉన్నట్టు కనిపించింది. ఎందుకంటే వేడి చెయ్యకముందు అవి ఎలాంటి రసాయనాలతో చర్య జరిపేవో ("ఏంటీ జెన్ లు", antigens) అవే రసాయనాలతో వేడి చేశాక కూడా చర్య జరిపాయి. కాని వేడి చేశాక వాటిలో బాక్టీరియాలని నాశనం చేసే శక్తి చచ్చిపోయింది. బహుశా సీరమ్ లో ఉండే ఏదో సున్నితమైన అంశం ఏంటీబాడీలతో పాటు వాటికి పరిపూరకంగా పని చేయడం వల్లనే అవి బాక్టీరియాలని నాశనం చెయ్యగలుగుతున్నాయేమో, బోర్దే ఆ అంశానికి "అలెక్సిన్" అని పేరు పెట్టాడు. ఎహర్లిక్ దానికి మరింత సరళంగా "పరిపూరణి" (complement) అని పేరు పెట్టాడు. నేటికీ ఆ పేరే సార్థకమయ్యింది.

ఏంటీబాడీ ఏంటీజెన్ తో చర్య జరిపినప్పుడు ఆ చర్యలో పరిపూరణి హరించబడుతుందని బోర్దే 1901 లో నిరూపించాడు. ఆ విధంగా "పరిపూరణి స్థాపన" (complement fixation) సిఫిలిస్ రోగనిర్ణయ పద్ధతులలో ఒక భాగం అయ్యింది. 1906 లో దానికి సంబంధించిన వివరాలన్నీ జర్మన్ బాక్టీరియాలజిస్టు ఆగస్ట్ ఫాన్ వసర్మన్ (1866 - 1925) శోధించి తెలుసుకున్నాడు. అలా పుట్టిన పరీక్షా పద్ధతినే నేడు మనం "వసర్మన్ పరీక్ష" అంటున్నాం.

వసర్మన్ పరీక్షలో రోగి యొక్క రక్త సీరమ్ ని తీసుకుని దాన్ని కొన్ని ఏంటీజెన్ లతో చర్య జరపనిస్తారు. సిఫిలిస్ రోగకారక క్రిమి కి ప్రతికూలమైన ఏంటీబాడీ ఆ సీరమ్ లో ఉన్నట్లయితే, చర్య జరిగి సీరమ్ లోని పరిపూరణి హరించుకుపోతుంది. పరిపూరణి మాయమయ్యిందంటే సిఫిలిస్ రోగం వుందన్నమాట. పరిపూరణి యదాతథంగా ఉంటే చర్య జరగలేదన్నమాట. సిఫిలిస్ రోగం లేదన్నమాట.

అధ్యాయం 12

జీవరసాయన యంత్రాంగం (metabolism)

కెమోథెరపీ

వైరస్ వ్యాధుల కన్నా బాక్టీరియాల వల్ల కలిగే వ్యాధులని జయించడం మరింత సులభం. (కిందటి అధ్యాయంలో చెప్పినట్టు) బాక్టీరియాలని కల్చర్ చెయ్యడం మరింత సులభం. అంతేకాక బాక్టీరియాలలో ఒక బలహీనత వుంది. జీవకణాల బయట అవి స్వతంత్రంగా బతకగలవు గనుక, ఆహారం కోసం పోటీ పడి గాని, విషపదార్థాలని వెలువరించి గాని అవి జీవధాతువుకి హాని తలపెట్టగలవు. కాని వాటిలోని జీవరసాయన యంత్రాంగం వాటికి ఆతిథ్యం ఇచ్చిన ఆతిథేయ కణాల (host cells) యొక్క జీవరసాయన యంత్రాంగం కన్నా చాలా భిన్నంగా ఉండొచ్చు. కాబట్టి ఆతిథేయ కణాలకి హాని కలిగించని రసాయనాలు ఏవైనా ఉంటే, అవి బాక్టీరియాలకి కూడా హాని కలిగించవని హామీ ఏమీ లేదు.

వ్యాధికి విరుగుడుగా రసాయనాలు వాడి చికిత్స చేసే పద్ధతి అనాదిగా వస్తోంది. అలాగే మూలికలు, తైలాలు ఇచ్చి వ్యాధులు అరికట్టే కోయవారి గురించి, మంత్రసానుల గురించి మనం తరతరాలుగా వింటున్నాం. అలాంటి చికిత్సల వల్ల నిజంగానే వ్యాధులు నయమైన సందర్భాలు ఎన్నో ఉన్నాయి.

క్వయినైన్ (quinine) వాడి మలేరియా వ్యాధికి చికిత్స చేసే పద్ధతి మొదట్లో ఓ మామూలు గృహవైద్య పద్ధతిగా మొదలయ్యింది. ఆ తరువాత ఆధునిక వైద్య సాంప్రదాయం దాన్ని ఆమోదించింది.

ఒక దశలో కృత్రిమంగా తయారుచేయబడే సంయోజిత కర్బన రసాయనాలు (synthetic organic chemicals) రంగప్రవేశం చేశాయి. సహజంగా దొరికే రసాయనాల కన్నా వీటి సంఖ్య ఎక్కువ. కాబట్టి ఇలాంటి రసాయనాలతో మరిన్ని వ్యాధులని నయం చేయొచ్చన్న అవకాశం ఏర్పడింది. ఇలాంటి ఆలోచనా విధానానికి ఊపిరి పోసిన ప్రథములలో ఒకడు పాల్ ఎహర్లిక్. అలాంటి రసాయనిక విరుగుళ్లని అతడు “మాయా తూటాలు” అనేవాడు. అలాంటి మాయా తూటాలు, ఆ మహత్తర రసాయనాలు శరీరంలోని కణాలని భద్రంగా విడిచిపెట్టి, కేవలం రోగకారక క్రిములని మాత్రం హతమారుస్తాయని అతడి ఆలోచన.

అతడు కణాలకి రంగు వేయగల (staining) అద్దకాలతో (dyes) పని చేశాడు. ఈ అద్దకాలు బాక్టీరియా కణాలలో ఏదో అంశాలతో కలుస్తాయి కనుక అవి బాక్టీరియాలోని రసాయనిక యంత్రాంగాన్ని దెబ్బతీయగలవు. కాబట్టి మామూలు కణాలని సురక్షితంగా విడిచిపెడుతూ, కేవలం బాక్టీరియా కణాలని మాత్రమే దెబ్బ తీసే రసాయనాల కోసం వెతకడం మొదలెట్టాడు. అలా ప్రయత్నిస్తూ trypan red అనే అద్దకాన్ని కనుక్కున్నాడు. దీనికి అతినిద్ర వ్యాధి (sleeping sickness) మొదలైన వ్యాధులని కలుగజేసే ట్రిపనోజోమ్ (trypanisome) లని హతమార్చే గుణం వుంది.

ఇంక బలవంతమైన బాక్టీరియా వినాశక రసాయనాల కోసం వెతకడం కొనసాగించాడు ఎహర్లిక్. ట్రిపాన్ రెడ్ యొక్క రసాయనిక ప్రభావానికి కారణం అందులోని నైట్రోజెన్ పరమాణువులు గల సంయోగాలే అని

అతడికి అనిపించింది. రసాయనిక లక్షణాలలో ఆర్సెనిక్ పరమాణువులు కొంతవరకు నైట్రోజెన్ పరమాణువులని పోలి ఉంటాయి. కాని ఆర్సెనిక్ ప్రమేయం వల్ల రసాయనిక సంయోగాలు మరింత విషపూరితం అవుతాయి. అలా ఆలోచిస్తూ ఎహర్లిక్ ఆర్సెనిక్ ఆధారిత రసాయనాలని పరీక్షించడం మొదలెట్టాడు. తనకి సిద్ధంగా దొరికినవి, లేదా తానే స్వయంగా సంయోజించినవి కొన్ని వందల ఆర్సెనిక్ సంయోగాలని తీసుకుని వాటిని వరుసగా పరీక్షిస్తూ వెళ్లాడు.

1909 లో ఎహర్లిక్ అనుచరుడు ఒకడు #606 అన్న సంఖ్య గల ఒక సంయోగానికి కొన్ని ప్రత్యేక లక్షణాలు ఉన్నాయని కనుగొన్నాడు. ట్రిపనోజోమ్ ల మీద వీటికి పెద్దగా ప్రభావం లేకపోయినా, సిఫిలిస్ వ్యాధిని కలిగించే క్రిమి మీద బలమైన ప్రభావాన్ని చూపుతోందని తెలిసింది. ఎహర్లిక్ ఆ రసాయనానికి 'సల్వార్సన్' (Salvarsan) అని పేరు పెట్టాడు. (అయితే ఈ రోజుల్లో 'ఆర్స్ ఫినమిన్' (arsphenamine) అనే పేరుని మరింత విస్తృతంగా వాడుతున్నారు.) ఇదే పద్ధతికి మరిన్ని మెరుగులు దిద్దుతూ జీవితాంతం సిఫిలిస్ వ్యాధికి విరుగుడు తయారుచేసే ప్రయత్నం కొనసాగించాడు ఎహర్లిక్.

ట్రిపాన్, సల్వార్సన్ లు ఆధునిక కెమోతెరపీ (chemotherapy) లో తొలి మెట్లు అయ్యాయి. (రసాయనాల ద్వార వ్యాధిని నిర్మూలించే ప్రయత్నానికి ఎహర్లిక్ కెమోతెరపీ అని పేరు పెట్టాడు.) వ్యాధులన్నిటీ తగిన రసాయనాలతో నయం చేయొచ్చనే ఆశాభావం మెల్లగా బలపడింది. కాని దురదృష్టవశాత్తు సంయోజిత కర్బన రసాయనాల జాబితా చాంతాడులా సాగినా వాటి వల్ల నయమయ్యే వ్యాధుల సంఖ్య మాత్రం పెద్దగా పెరగలేదు.

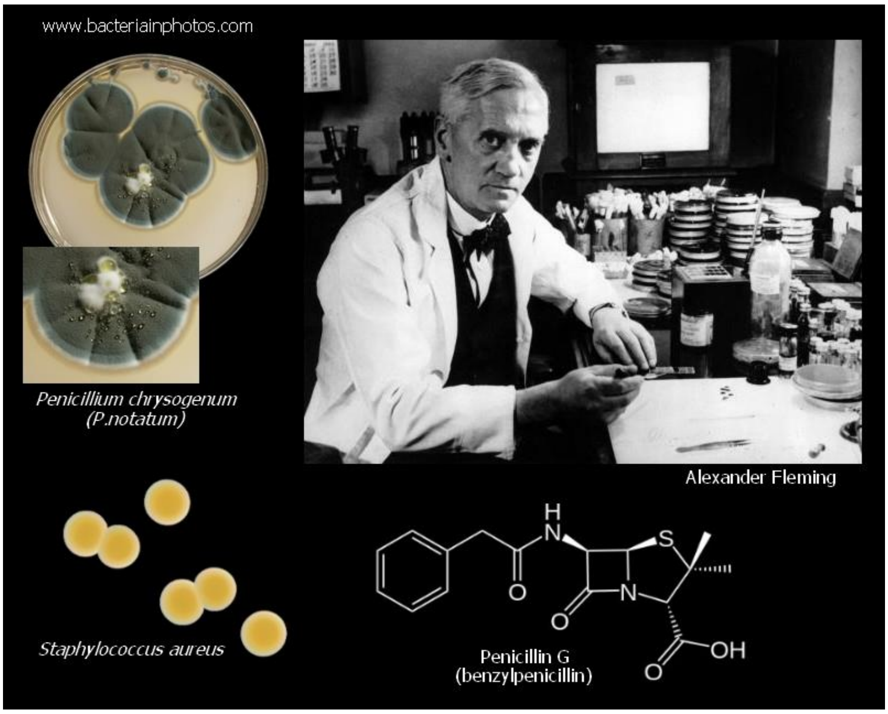
పరిస్థితులు ఇలా ఉండగా ఓ సత్పరిమాణం సంభవించింది. జర్మన్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త, వైద్యుడు అయిన గెర్హార్డ్ డొగ్మాక్ (1895 - 1964) ఓ అద్దకపు పరిశ్రమలో పనిచేసేవాడు. కొత్తగా కనుక్కోబడ్డ అద్దకాలకి వైద్య ప్రయోజనాలు ఉన్నాయో లేదో తెలుసుకోడానికి వాటిని క్రమబద్ధంగా పరీక్షిస్తూ వచ్చాడు. అలాంటి కొత్త అద్దకాలలో అప్పుడే సంయోజించబడ్డ నారింజ – ఎరుపు రంగు అద్దకం ఒకటి వుంది. దాని వ్యాపార నామం ప్రాంటాజిల్ (Prontosil). 1932 లో డొగ్మాక్ ఎలుకల్లో స్ట్రెప్టోకాకల్ ఇన్ఫెక్షన్ ని ఈ అద్దకపు ఇంజెక్షన్ లు అరికడుతున్నాయని కనుక్కున్నాడు.

వెనువెంటనే ఆ మందుని మనుషుల మీద కూడా ప్రయోగించి చూశాడు. సూది గుచ్చుకోవడం వల్ల అతడి చిన్నారి కూతురుకి స్ట్రెప్టోకాక ఇన్ఫెక్షన్ సోకింది. ఎన్ని చికిత్సలు చేసినా ఫలితం కనిపించలేదు. చివరికి డొగ్మాక్ పెద్ద మొత్తాల్లో ప్రాంటాజిల్ ఇంజెక్ట్ చేశాడు. దాంతో ఆ పాప అద్భుతంగా కోలుకుంది. 1935 లో ఓ కొత్త మందు గురించి లోకానికి తెలిసింది.

ఫ్రెంచ్ బాక్టీరియాలజిస్టులు ప్రాంటాజిల్ మీద మరింత నిశితమైన అధ్యయనాలు చేశారు. ప్రాంటాజిల్ యొక్క బాక్టీరియా వ్యతిరేక ప్రభావం కనిపించాలంటే అందుకోసం ఆ మందులోని ముఖ్య అణువు మొత్తం అవసరం లేదని, ఆ అణువులోని ఒక భాగం మాత్రమే చాలని వాళ్లు కనుక్కున్నారు. ఆ భాగం పేరు “సల్ఫానిలమైడ్” (sulfanilamide). ఈ సల్ఫానిలమైడ్ గురించి శాస్త్రవేత్తలకి 1908 నుండి కూడా తెలుసు. సల్ఫానిలమైడ్ తో పాటు, ఇతర సల్ఫా కోవకి చెందిన మందులు “మహత్తర ఔషధాల” (wonder drugs) యుగానికి శ్రీకరం చుట్టాయి. న్యుమోనియా మొదలుకొని ఎన్నో అంటువ్యాధులకి ఈ మందులు గొడ్డలి పెట్టు అయ్యాయి.

ఏంటీబయాటిక్ లు – క్రిమిసంహారకాలు

కెమోతెరపీ సాధించిన అత్యుత్తమ విజయాలు ఆర్స్ ఫెనమిన్, సల్ఫానిలమైడ్ వంటి సంయోజిత సంయోగాల వల్ల సాధ్యం కాలేదు. సహజ ఉత్పత్తుల వల్లనే సాధ్యమయ్యింది. ఫ్రెంచ్ – అమెరికన్ సూక్ష్మజీవశాస్త్రవేత్త రెనే జూల్ దుబో (1901 - 1982) మట్టిలో ఉండే సూక్ష్మజీవరాసుల మీద అధ్యయనాలు చేసేవాడు. నానా రకాల అంటు వ్యాధులు సోకిన నానా రకాల జంతు శరీరాలు మరణానంతరం మట్టిలోకే చేరుతాయి. కాని మట్టిలో అంటు వ్యాధి పాకదు. దానికి కారణం మట్టిలో బాక్టీరియా వినాశకమైన అంశాలెన్నో సహజ సిద్ధంగా ఉండడమే. (అలాంటి అంశాలకే తదనంతరం ఏంటీబయాటిక్ లు (antibiotics) అని పేరొచ్చింది. 'జీవప్రతికూలమైనది' అని ఆ మాటకి అర్థం.)



పెన్సిలిన్ ని కనుక్కున్న అలెక్సాండర్ ఫ్లెమింగ్

1939 లో దుబో మొట్టమొదటి ఏంటీబయాటిక్ ని వేరు చేశాడు. మట్టిలో ఉండే బాక్టీరియాల నుండి వేరు చేయబడ్డ ఆ పదార్థానికి 'టైరో త్రిసిన్' అని పేరు పెట్టాడు. అదంత బలవత్తరమైన ఏంటీబయాటిక్ కాదు. కాని దాని వల్ల అప్పటికి ఓ దశాబ్ద కాలం క్రితం స్కాటిష్ బాక్టీరియాలజిస్ట్ అలెక్సాండర్ ఫ్లెమింగ్ (1881 - 1955) చేసిన ఓ పరిశీలన మీద శాస్త్రలోకానికి కొత్తగా మనసు పోయింది.

1928 లో ఫ్లెమింగ్ స్టెఫిలోకాకస్ క్రిములు ఉండే ఓ కల్చర్ ని మూత తీసి అలాగే కొన్ని రోజులు వదిలేశాడు. దాని మీద కొన్ని అధ్యయనాలు చేసి పని పూర్తయ్యాక అలాగే వదిలేశాడు. అలా వదిలేసిన గిన్నెలో అక్కడక్కడ బూజు (mold) పట్టిందని గమనించాడు ఫ్లెమింగ్. అలా బూజు పట్టిన ప్రతీ బిందువు చుట్టూ కొంత దూరం వరకు బాక్టీరియాలు చచ్చిపోయాయని కూడా గమనించాడు.

గెన్నెలో ఉన్న బూజు పదార్థాన్ని ఫ్లెమింగ్ వేరు చేసి విశ్లేషించాడు. అది పెనిసిలియం నొటాటం అనే జీవపదార్థం అని గుర్తించాడు. పాచిపోయిన రొట్టె మీద పట్టే బూజుకి దీనికి చాలా దగ్గరి సంబంధం వుంది. అందులోంచి వెలువడే ఏదో పదార్థం బాక్టీరియాలని నాశనం చేస్తోంది. ఆ అజ్ఞాత పదార్థానికి పెనిసిలిన్ (penicilin) అని పేరు పెట్టాడు. దాని మీద ఎన్నో పరీక్షలు జరిపాడు. దాని వల్ల కొన్ని రకాల బాక్టీరియాలు మాత్రమే చనిపోతున్నాయని అర్థమయ్యింది. అలాగే అవి తెల్ల రక్త కణాలకి హాని చెయ్యడం

లేదని కూడా తెలిసింది. దాన్ని బట్టి ఇతర దేహ కణాలకి అవి హాని చెయ్యవని ఊహించాడు. అయితే అతడి కృషి అక్కడితో ఆగిపోయింది.

1939 లో దుబో కృషి ఫలితంగా ఏంటీబయాటిక్ల మీద శాస్త్రప్రపంచం మరింత ఆసక్తి చూపించింది. ఆ ఆసక్తి పెరగడానికి కారణాలలో పెనిసిలిన్ కూడా ఉంది. అది కాకుండా రెండవ ప్రపంచ యుద్ధం జరుగుతున్న నేపథ్యంలో క్షతగాత్రుల గాయాలకి చికిత్స చేయడంలో పనికొచ్చే ఏ మందునైనా శాస్త్రలోకం సులభంగా సమ్మతిస్తుంది. హొవర్డ్ వాల్టర్ ఫ్లోరీ (1898 - 1968) అనే ఆస్ట్రేలియన్ - ఇంగ్లీష్ పెథాలజిస్టు, ఎర్నెస్ట్ బోరిస్ చెయిన్ (1906 - 1979) తో కలిసి పెన్సిలిన్ ని శుద్ధి చేసే సమస్య మీద పని చేశాడు. ఇద్దరూ దాని రసాయన విన్యాసాన్ని అర్థం చేసుకుని దాన్ని పెద్ద ఎత్తున ఉత్పత్తి చేయాలని ప్రయత్నించారు. యుద్ధం ముగిసే నాటికల్లా ఆ ఇద్దరూ ఓ పెద్ద ఆంగ్లో-అమెరికన్ పరిశోధనా బృందానికి నేతృత్వం వహిస్తూ, తమ ప్రయత్నంలో అద్భుతంగా విజయం సాధించారు. ఆ నాటి నుండి పెన్సిలిన్ ఇన్ఫెక్షన్ మీద పోరాటంలో వైద్యుడి అమ్ములపొదిలో మొదటి శరంలా ఓ వెలుగు వెలిగింది.

యుద్ధం తరువాత ఏంటీబయాటిక్ ల కోసం అన్వేషణ మరింత ఉధృతం అయ్యింది. రషన్ – అమెరికన్ బాక్టీరియాలజిస్టు సెల్మన్ అబ్రహామ్ వాక్స్మన్ (1888 - 1973) మట్టిలో దొరికే సూక్ష్మక్రిముల మీద క్రమబద్ధంగా పరీక్షలు కొనసాగించాడు. లోగడ ఎహర్లిక్ సంయోజిత సంయోగాల మీద చేసిన పరీక్షల పంథా లోనే ఈ పరీక్షలూ సాగాయి. 1943 లో అతడు పెన్సిలిన్ కి లొంగని ఎన్నో బాక్టీరియాలని నాశనం చెయ్యగల ఓ కొత్త ఏంటీబయాటిక్ ని వెలికితీశాడు. 1945 లో ఆ మందు "స్ట్రెప్టోమైసిన్" (streptomycin)

అన్న పేరుతో విపణివీధిలో ప్రత్యక్షమయ్యింది. (అసలు ఏంటీబయాటిక్ అన్న పేరు సూచించింది వాక్స్మన్ యే.)

1950 లలో ‘విశాల పరిధి గల ఏంటీబయాటిక్ లు’ (broad spectrum antibiotics) కనుక్కోబడ్డాయి. ఈ వర్గపు ఏంటీబయాటిక్ లని “టెట్రాసైకిలిన్” (tetracyclins) అంటారు. ఏక్రమైసిన్, ఆరియమైసిన్ మొదలైన వ్యాపార నామాలతో ఈ మందులు గొప్ప ప్రజాదరణ పొందాయి.

ఏంటీబయాటిక్ ల పుణ్యమా అని బాక్టీరియాల వల్ల వచ్చే వ్యాధులన్నీ పూర్తిగా లొంగిపోయినట్టు అనిపించింది. ఒక తరం క్రితం అయితే ఆ విజయాల వల్ల మితిమీరిన ఆశాభావం సమాజంలో చోటు చేసుకుందని చెప్పుకోవచ్చు. కాని పరిస్థితులు అంత ఆశాజనకంగా ఏమీ లేవని త్వరలోనే అర్థమయ్యింది. ప్రకృతి ఎంపిక వల్ల ఏంటీబయాటిక్ లకి లొంగని బాక్టీరియా జాతులు బతికి బట్టకట్టాయి. కాబట్టి కాలానుగతంగా ఏంటీబయాటిక్ లకి లొంగని కొత్త బాక్టీరియాలు తలెత్తడం మొదలెట్టాయి. ఏంటీబయాటిక్ ల ప్రభావం సన్నగిల్లుతున్నట్టు అనిపించింది. దాంతో కొత్త ఏంటీబయాటిక్ ల కోసం అన్వేషణ మొదలయ్యింది. వాటికీ లొంగని కొత్త బాక్టీరియాలు పుట్టుకుస్తూనే ఉన్నాయి. అలా ఏంటీబయాటిక్ లకి, బాక్టీరియాలకి మధ్య ఏళ్ల తరబడి పోటీ సాగుతున్నట్టు అనిపించింది.

కెమోథెరపీలో వాడే రసాయనాలు సామాన్యంగా వైరస్ లని ఏమీ చెయ్యవు. వైరస్ లు జీవకణాలలో బతుకుతూ పునరుత్పత్తి చెందుతూ ఉంటాయి. అవి చావా లంటే వాటికి నెలవైన జీవకణాలు చావాలంతే. కాబట్టి వైరస్ లకి నెలవైన జీవకణజాలాన్ని రసాయనాలని ప్రయోగించి నాశనం చేసినట్లయితే, అలా పరోక్షంగా వైరస్ లని నాశనం చెయ్యగలుగుతాం.

ఉదాహరణకి టైఫస్ జ్వరం ఒంట్లో ఉండే పేల ద్వార వ్యాపిస్తుంది. ఈ పురుగులని వదిలించుకోవడం అంత సులభం కాదు. ఎందుకంటే అవి మాసిన, మురికిపడ్డ బట్టల్లో దాగుని వుంటాయి. వీటికన్నా బయట స్వేచ్ఛగా తిరిగే దోమలని పట్టి చంపడం సులభం. దోమలని అరికడితే yellow fever ని, మలేరియాని సులభంగా అదుపు చెయ్యడానికి వీలవుతుంది. కాని ఒక కాలంలో టైఫస్ వ్యాధి మాత్రం ప్రమాదకరంగా పెచ్చరిల్లింది. మొదటి ప్రపంచ యుద్ధ సమయంలో టైఫస్ జ్వరం రష్యాలోను, యూరప్ లోని బాల్కన్ ప్రాంతం లోను మారణాయుధాల కన్నా పెద్ద సంఖ్యలో ప్రాణాలు పొట్టనపెట్టుకుంది.

1935 లో పాల్ ముల్లర్ (1899 - 1965) అనే స్విస్ రసాయన శాస్త్రవేత్త సులభంగా, వేగంగా పురుగులని చంపే కర్బన రసాయనం కోసం అన్వేషణ మొదలెట్టాడు. ఆ రసాయనం కేవలం పురుగులనే నాశనం చెయ్యాలి గాని, పెద్ద జంతువులకి హాని చెయ్యకూడదు. అలాంటి రసాయనాన్ని వెతికి పట్టుకోడానికి ఒక పూర్తి పరిశోధనా ప్రణాళికనే రూపొందించాడు. అతడి అన్వేషణ ఫలితంగా సెప్టెంబర్ 1939 లో "డై క్లోరో డైఫెనిల్ ట్రై క్లోరో ఈథేన్" (Dichlorodiphenyltrichloroethane) అనే రసాయనం చేతికి చిక్కింది. దాన్నే సంక్షిప్తంగా DDT అని పిలుస్తుంటారు. ఈ రసాయనం మొట్టమొదట 1873 లో సంయోజించబడింది. తను ఆశించిన రసాయనిక లక్షణాలు DDT లో ఉన్నాయని ముల్లర్ గుర్తించాడు.

1942 లో DDT యొక్క పారిశ్రామిక ఉత్పత్తి మొదలయ్యింది. 1943 లో ఆంగ్లో అమెరికన్ బలగాలు నేపుల్స్ నగరాన్ని ముట్టడించిన సందర్భంలో ఆ ఊళ్లో టైఫస్ వ్యాధి విలయతాండవం చేసింది. వ్యాధిని అరికట్టడం కోసం ఊరంతా DDT చల్లారు. వ్యాధిని వ్యాపింపజేసే పేల పీడ ఆ దెబ్బకి విరగడయ్యింది.

ప్రతీ శీతాకాలం తప్పనిసరిగా ఊరిమీద విరుచుకుపడే టైఫస్ వ్యాధి ఆ ఏట మాత్రం ఛాయలు కూడా లేకుండా మాయమైపోయింది. 1945 చివరి రోజుల్లో అమెరికన్ బలగాలు జపాన్ దేశాన్ని ముట్టడి చేసిన తరువాత మళ్లీ DDT ని ప్రయోగించి జపాన్ లో టైఫస్ వ్యాధి వ్యాపించకుండా జాగ్రత్తలు తీసుకున్నారు.

DDT ని కనుక్కున్న పాల్ ముల్లర్

రెండవ ప్రపంచ యుద్ధం తరువాత DDT తదితర కర్బన కీటకనాశకాలని (organic insecticides) కేవలం వ్యాధులని అరికట్టడం కోసమే కాకుండా ఆ పురుగుల నుండి పంటలని రక్షించడం కోసం వాడారు. కలుపు మొక్కలని నాశనం చెయ్యడానికి కూడా ప్రత్యేక రసాయనాలని సంయోజించారు. ఇలాంటి రసాయనాలని, ఇతర కీటక నాశకాలతో కలిపి మామూలుగా క్రిమినాశకాలు (pesticides) అని పిలుస్తారు.

ఈ సారి కూడా పెస్టిసైడ్ లకి లొంగని మొండి పురుగులు కాలానుగతంగా పుట్టుకొచ్చాయి. క్రమంగా పెస్టిసైడ్ ల ప్రభావం సన్నగిల్లుతూ వచ్చింది. మరో పక్క మితిమీరిన పెస్టిసైడ్ ల వినియోగం వల్ల మనుషులకి హానికరం కాని జీవాలు కూడా నాశనం అవుతున్నాయన్న అభిప్రాయం క్రమంగా బలపడసాగింది. పెస్టిసైడ్ ల వినియోగం వల్ల ప్రకృతిలోని సమతూనికకి భంగం కలుగుతోందని, వాటి వల్ల మేలు కన్నా కీడే ఎక్కువని అనిపించింది.

ఆ విధంగా పెస్టిసైడ్ ల వినియోగం మనకి ఒక ముఖ్యమైన పాఠం నేర్పింది. వివిధ జీవజాతుల (జీవావరణం, ecology) మధ్య సంబంధ బాంధవ్యాలని అర్థం చేసుకోవడం చాలా కష్టమని తెలిసొచ్చింది. స్వల్పకాలిక లాభాల కోసం మనిషి తను జీవిస్తున్న పర్యావరణాన్ని తనకి ఇష్టం వచ్చినట్టు మార్చుతూ వస్తున్నాడు. అలా జీవావరణం మీద మన చేష్టల వల్ల దీర్ఘకాలికంగా మనకి కీడు జరగదని నమ్మకం ఏమీ లేదు.

జీవరసాయన యంత్రాంగంలో మధ్యంతర పదార్థాలు (metabolic intermediates)

పురుగులని, కలుపు మొక్కలని, క్రిములని నాశనం చెయ్యడం కోసం కెమోథెరపీలో వాడే మందులు ఆయా జీవజాతులకి చెందిన జీవరసాయన యంత్రాంగంలో కలుగజేసుకుని, ఆ యంత్రాంగాన్ని

దెబ్బతీస్తాయి. జీవరసాయన యంత్రాంగం గురించి అవగాహన పెరుగుతున్న కొద్దీ అలాంటి మందుల కోసం అన్వేషణ మరింత సమర్థవంతంగా కొనసాగించడానికి సాధ్యం అయ్యింది.

ఈ ప్రయత్నంలో బ్రిటిష్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త ఆర్థర్ హార్డెన్ (1865 - 1940) ముందడుగు వేసి దారి చూపించాడు. శిలీంధ్రాల సారంలో (yeast extract) ఎంజైమ్ ల రసాయన ప్రభావాలని ఇతడు అధ్యయనం చేస్తూ పోయాడు. (శిలీంధ్రాల కణాలలో జరిగినట్టే శిలీంధ్రాల సారానికి కూడా చక్కెరని విచ్ఛిన్నం చేసే గుణం ఉందని లోగడ బుఖనర్ చూపించాడు). 1905 లో ఈ సమస్య మీద పని చేసిన హార్డెన్ ఒక విషయం గమనించాడు. శిలీంధ్రాల సారం చక్కెరని విచ్ఛిన్నం చేస్తూ మొదట్లో వేగంగా కార్బన్ డయాక్సయిడ్ ని ఉత్పత్తి చేస్తుంది గాని, చర్య జరుగుతున్న కొద్దీ కార్బన్ డయాక్సయిడ్ ని ఉత్పత్తి చేసే వేగం క్రమంగా పడిపోతుంది. దీనికి కారణం శిలీంధ్రాల సారంలో ఉండే ఎంజైమ్ లు హరించుకుపోవడమేనని అనుకుటాం. కాని అది నిజం కాదని హార్డెన్ నిరూపించాడు. ద్రావకానికి కాస్తంత సోడియమ్ ఫాస్ఫేట్ (ఇదొక సామాన్యమైన అకర్బన రసాయనం) కలపగానే ఎంజైమ్ లు మళ్లీ పూర్తిస్థాయిలో పని చెయ్యడం మొదలెట్టాయి.

ఎంజైమ్ చర్య కొనసాగుతున్న కొద్దీ అకర్బన ఫాస్ఫేట్ యొక్క సాంద్రత తగ్గుతూ వస్తోంది కనుక ఆ చర్య లోంచి ఏవైనా కర్బన ఫాస్ఫేట్ లు బయటికి వస్తాయేమోనని హార్డెన్ శోధించాడు. చక్కెర అణువులో రెండు ఫాస్ఫేట్ గుంపులు ఉంటాయి కనుక వాటి నుండే ఈ ఫాస్ఫేట్ పుట్టుకొస్తోందని ఆ శోధన మీదట తేలింది. ఆ విధంగా “మధ్యంతర జీవరసాయన యంత్రాంగం” (intermediate metabolism) మీద అధ్యయనాలు మొదలయ్యాయి. జీవధాతువులలో జరిగే చర్యల లోంచి ఎన్నో మధ్యంతర పదార్థాలు

ఉత్పన్నమవుతాయి. ఆ మధ్యంతరాలని పుట్టించే కణ యంత్రాంగాన్నే "మధ్యంతర జీవరసాయన యంత్రాంగం" అంటారు. అలాంటి యంత్రాంగాన్ని అర్థం చేసుకునే ప్రయత్నం జీవరసాయన శాస్త్రంలో ఓ ముఖ్య విభాగం అయ్యింది.

ఆ ప్రయత్నంలోని ముఖ్య ఘట్టాల గురించి కొంచెం చెప్పుకుందాం. జర్మన్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త ఓటో ఫ్రిట్జ్ మెయెర్హోఫ్ (1884 - 1951) 1918 లో కండరాల పని తీరు గురించి ఓ ముఖ్యమైన విషయం కనుక్కున్నాడు. కండరం కుంచించుకున్నప్పుడు అందులోని గ్లైకోజెన్ (glycogen, ఇది ఒకరకమైన పిండి పదార్థం) పాలు తగ్గి, దానికి తగ్గ మోతాదులో లాక్టిక్ ఆసిడ్ పాలు పెరుగుతుందని అతడు గమనించాడు. ఆ ప్రక్రియలో ఆక్సిజన్ వాడబడలేదు. కాబట్టి ఆక్సిజన్ ప్రమేయం లేకుండానే శక్తి విడుదల అయ్యిందన్నమాట. పని చేసిన తరువాత కండరం విరామం తీసుకుంటున్నప్పుడు, లాక్టిక్ ఆసిడ్ లో కొంత భాగం ఆక్సీకృతం (oxidize) అయ్యింది (ఆక్సిజన్ తో చర్య జరిపింది). ఆ విధంగా అణురూపంలో ఉన్న ఆక్సిజన్ ని వినియోగిస్తూ కండరం అంతవరకు ఏర్పడ్డ "ఆక్సిజన్ అప్పు" ని తీర్చుకుంటుంది. అలా ఏర్పడ్డ శక్తి వల్ల లాక్టిక్ ఆసిడ్ తిరిగి గ్లైకోజెన్ గా మారుతుంది. ఇంచుమించు అదే కాలంలో బ్రిటిష్ జీవక్రియా శాస్త్రవేత్త ఆర్చిబాల్డ్ వివియన్ హిల్ (1886 - 1977) అదే నిర్ణయానికి వచ్చాడు. కొట్టుకునే కండరం లోంచి ఉత్పన్నం అయ్యే వేడిని సునిశితంగా కొలుస్తూ అతడు ఆ నిర్ణయానికి వచ్చాడు.

గ్లైకోజెన్ లాక్టిక్ ఆసిడ్ గా మారే ప్రక్రియలోని దశల వివరాలన్నీ పలువురు శోధించి తెలుసుకున్నారు. వారిలో ముఖ్యులైన జెక్ – అమెరికన్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్తలు ఇద్దరు ఉన్నారు – వాళ్లు కార్ల్ ఫెర్డినాండ్

కోరీ (1896 - 1984) మరియు అతడి భార్య గెర్టీ థెరేసా కోరీ (1896 - 1957). కండరాల ధాతువు నుండి అంతవరకు తెలియని ఓ కొత్త రసాయనిక సంయోగాన్ని వాళ్లు వెలికితీశారు. దాని పేరు గ్లూకోస్ – 1 – ఫాస్ఫేట్ (దాన్ని ఇప్పటికీ ఆ దంపతుల పేరు మీద "కోరీ ఎస్టర్" అంటారు). గ్లైకోజెన్ విచ్ఛిన్నం అయినప్పుడు పుట్టే మొట్టమొదటి ఉత్పత్తి ఇదేనని వాళ్లు నిరూపించారు. గ్లూకోస్ – 1 – ఫాస్ఫేట్ మార్పు చెందే దశలని వాళ్లు ఎంతో ప్రయాస పడి విశ్లేషించారు. అలా పుట్టిన మధ్యంతర రసాయనాలు అన్నిటినీ ఓ వరుసక్రమంలో ఏర్పాటు చేశారు. ఇంచుమించు ఓ తరం క్రితం హార్డెన్ కనుక్కున్న చక్కెర ఫాస్ఫేట్ ఈ మధ్యంతర రసాయనాలలో ఒకటని మళ్లీ నిర్ధారించడం జరిగింది.

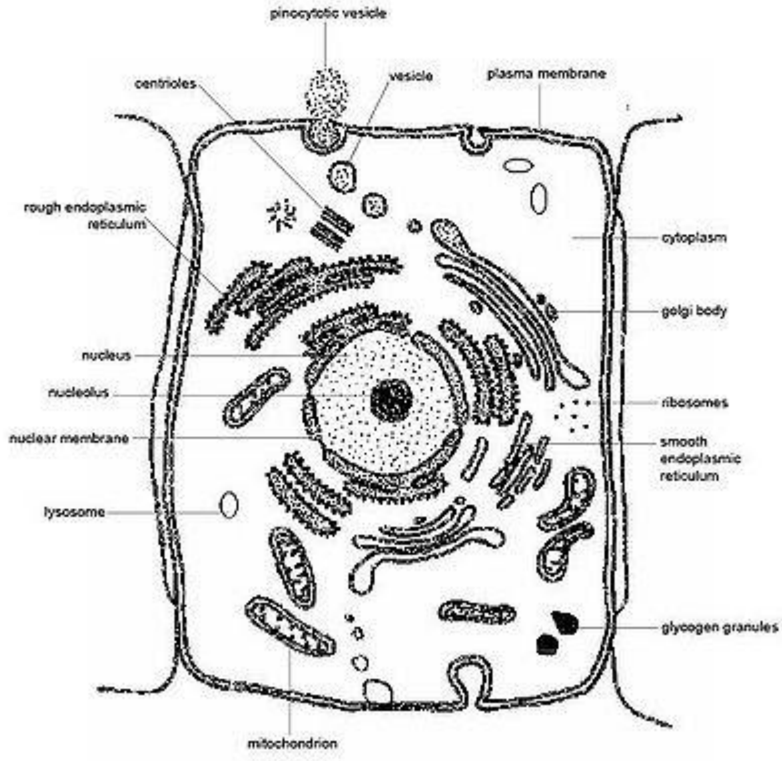
హార్డెన్, కోరీ లకి మధ్యంతరాల కోసం వెతికే ప్రయత్నంలో ఫాస్ఫేట్ లు కలిగిన కర్బన రసాయనాలు తారసపడడం చాలా ముఖ్యమైన విషయం. ఇరవయ్యవ శతాబ్దపు తొలిదశలలో జరిగిన పరిశోధనలలో ఫాస్ఫేట్ గుంపు ఎన్నో ముఖ్యమైన జీవరసాయన చర్యలలో పాల్గొంటున్నట్టు తెలిసింది. జర్మన్ – అమెరికన్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త ఫ్రిట్జ్ ఆల్బర్ట్ లిప్మన్ (1899 - 1986) ఫాస్ఫేట్ గుంపుల యొక్క ప్రాముఖ్యత గురించి ఇలా వివరించాడు. అణువులలో ఫాస్ఫేట్ గుంపులు తక్కువ శక్తి గల విన్యాసాలలో గాని, ఎక్కువ శక్తి గల విన్యాసాలలో గాని పాల్గొంటాయని అతడు నిరూపించాడు. ఆ విధంగా అనువైన రసాయనిక రూపంలో శక్తి నిలువ అవుతుంది. ఒక్క అధిక శక్తి గల ఫాస్ఫేట్ గుంపు విచ్ఛిన్నం అయినప్పుడు బోలెడంత శక్తి విడుదల అవుతుంది. ఆ శక్తి శరీరంలో జరిగే శక్తిని వినియోగించే ఎన్నో చర్యలని నడిపిస్తుంది.

గ్లైకోజెన్ విచ్ఛిన్నం జరిగే క్రమంలో లాక్టిక్ ఆసిడ్ ఉత్పత్తి తరువాత మరెన్నో దశలు ఉన్నాయి. ఆ దశలు ఆక్సిజన్ తో ప్రమేయం లేని దశలు. ఆ దశలన్నిటినీ జర్మన్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త ఓటో హైన్రిక్ వార్బర్గ్ (1883 - 1970) ఓ నూతన పద్ధతిలో విశ్లేషించాడు. 1923 లో అతడు జీవధాతువుని సన్నని పొరలుగా పరిచ్ఛేదించే ఓ కొత్త పద్ధతిని కనిపెట్టాడు. అలా తయారైన పొరలు సజీవంగా ఉండాలి, ఆక్సిజన్ ని లోనికి తీసుకుంటూ ఉండాలి. ఆ పొరలు ఆక్సిజన్ ని లోనికి తీసుకునే మోతాదుని కొలిచాడు. ఆ ప్రయోగంలో ఓ సన్నని U – ఆకారపు నాళానికి ఒక చివర ఓ చిన్న ఫ్లాస్కు తగిలించబడి ఉంటుంది. నాళానికి అడుగున ఓ రంగున్న ద్రవం ఉంటుంది. ధాతువు లోంచి వెలువడే కార్బన్ డయాక్సయిడ్, ఫ్లాస్క్ లోపల ఉండే ఓ చిన్న తొట్టెలో ఉన్న ఆల్కలిన్ ద్రావకంతో చర్య జరుపుతుంది. ఈ పద్ధతిలో ధాతువులోకి ఆక్సిజన్ గ్రహించబడుతూ ఉంటుంది గాని, ధాతువులో నుండీ వెలువడే కార్బన్ డయాక్సయిడ్ ఆ ఆక్సిజన్ ని ప్రతిక్షేపించకుండా ఎప్పటికప్పుడు ఫ్లాస్క్ లోని ఆల్కలీ చేత గ్రహించబడుతూ ఉంటుంది. ఆ కారణం చేత ఫ్లాస్క్ లో కొంత శూన్యం ఏర్పడుతుంది. దాని వల్ల నాళంలో పీడనం తగ్గి లోపలి ద్రవ్యం యొక్క మట్టం ఫ్లాస్క్ దిశగా కాస్త పైకి లేస్తుంది. చాలా కచ్చితంగా నియంత్రించబడ్డ పరిస్థితుల్లో, నాళంలో ద్రవం ఎంత వేగంగా పైకి లేస్తుంది అన్న దాని బట్టి, ధాతువు ఎంత వేగంగా ఆక్సిజన్ ని పరిగ్రహిస్తుంది అన్నది నిర్ణయించడానికి వీలవుతుంది.

పై విధానాన్ని ఉపయోగించి ఆక్సిజన్ యొక్క పరిగ్రహణ వేగం మీద వివిధ రసాయనాల ప్రభావాన్ని శోధించడానికి వీలవుతుంది. ఏదైనా రసాయనాన్ని కలిపినప్పుడు బాగా పడిపోయిన ఆక్సిజన్ పరిగ్రహణ వేగం మళ్లీ పెరగడం మొదలెట్టింది అంటే, ఆ రసాయనం ఆక్సిజన్ పరిగ్రహణ క్రమంలో పుట్టే మధ్యంతరాలలో ఒకటి అని అనుకోవలసి ఉంటుంది. ఇలాంటి కృషిలో ఇద్దరు శాస్త్రవేత్తలు ఎనలేని కృషి చేశారు. వాళ్లు - హంగెరీకి చెందిన జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త ఆల్బర్ట్ సెంట్ జ్యార్జీ (1893 - 1986) మరియు జర్మన్ – బ్రిటిష్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త హంస్ అడోల్ఫ్ క్రెబ్స్ (1900 - 1981). 1940 కల్లా క్రెబ్స్ లాక్టిక్ ఆసిడ్ కార్బన్ డయాక్సయిడ్ మరియు నీరుగా రూపాంతరం చెందే క్రమంలో ఉండే దశలన్నిటినీ విపులీకరించాడు. ఈ చర్యల వరుస క్రమాన్నే సామాన్యంగా “క్రెబ్స్ చక్రం” అంటారు. అంతకు ముందు 1930 లలో ప్రోటీన్ల లోని పునాది రాళ్లయిన అమినో ఆసిడ్ల నుండి యూరియా అనే వ్యర్థ పదార్థపు ఉత్పత్తి క్రమంలోని దశలని కూడా విపులీకరించాడు. యూరియా తొలిగి పోవడం వల్ల నైట్రోజెన్ తొలగిపోతుంది. నైట్రోజెన్ ని తొలగించబడ్డ అమినో ఆసిడ్ అణువుల లోంచి శక్తిని ఉత్పత్తి చేసుకోవచ్చని అంతకు అర్థ శతాబ్దం క్రితమే రూబ్నర్ ప్రదర్శించాడు.

కణంలోని రసాయన యంత్రాంగం పట్ల ఒక పక్క అవగాహన పెరుగుతుండగా, మరో పక్క కణం యొక్క నిర్మాణం గురించి పరిజ్ఞానం కూడా పెరుగుతూ వచ్చింది. ఆ దిశలో ఎన్నో కొత్త పద్ధతులు రూపొందించబడ్డాయి. 1930 లలో మొట్టమొదటి ఎలక్ట్రాన్ మైక్రోస్కోప్ నిర్మించబడింది. మామూలు మైక్రోస్కోప్ లలో కాంతి తరంగాలు కేంద్రీకరించబడితే, ఈ ఎలక్ట్రాన్ మైక్రోస్కోప్ లో ఎలక్ట్రాన్ ధారలు కేంద్రీకరించబడుతాయి. ఆ కారణం చేత మామూలు మైక్రోస్కోప్ లతో కన్నా చూస్తున్న వస్తువు యొక్క చిత్రం మరిన్ని రెట్లు సంవర్ధనం (magnify) చెందుతుంది. రష్యన్ - అమెరికన్ భౌతిక శాస్త్రవేత్త వ్లాడిమిర్ కోస్మా జ్వోరికిన్ (1889 - 1982) ఆ పరికరానికి తగురీతిలో మెరుగులు దిద్ది కణశాస్త్రంలో దానినొక

అద్భుత సాధనంగా తీర్చిదిద్దాడు. అణువుల కన్నా కేవలం మరి కాస్త పెద్ద రేణువులని కూడా ఆ మైక్రోస్కోప్ తో చూడడానికి వీలయ్యింది. కణంలోని సైటోప్లాసమ్ (cytoplasm) ఇప్పుడు కేవలం ఓ నీటి మడుగులా కాక, అనేకానేక కణాంగాలతో (organelles) కిక్కిరిసి వుండే ఓ సంక్లిష్టమైన సూక్ష్మ జాలంలా దర్శనమిచ్చింది.



ఎలక్ట్రాన్ మైక్రోస్కోప్ లో చూసినప్పుడు కనిపించిన కణం యొక్క అంతరంగం

1940 లలో కణ విశ్లేషణకి సంబంధించిన మరిన్ని విధానాలు రూపొందించబడ్డాయి. కణాలని చితగ్గొట్టి అందులోని కణాంగాలు బయటికి వచ్చేలా చేయడం తెలుసుకున్నారు. అలా కణాంగాలని శోధించగా వాటిలో కాస్త పెద్దది, సులభంగా శోధించదగ్గది అయిన ఒక కణాంగం గురించి ఎన్నో విషయాలు తెలిశాయి.

దాని పేరు “మైటొకాండ్రియా” (mitochondria) (ఏకవచనం = mitochondrion). ఒక సగటు లివర్ కణంలో కొన్ని వేల మైటొకాండ్రియాలు ఉంటాయి. కడ్డీల్లా బారుగా ఉండే ఈ మైటొకాండ్రియా పొడవు 2/1000 నుండి 5/1000 మిల్లీమీటర్లు ఉంటుంది. అమెరికన్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త డేవిడ్ ఎజ్రా గ్రీన్ (1910 - 1983) మరియు అతడి సహచరులు వాటిని క్షుణ్ణంగా అధ్యయనం చేశారు. క్రెబ్స్ చక్రంలో జరిగే రసాయన చర్యలన్నిటికీ ఆధారం ఈ మైటొకాండ్రియానే అని వీళ్లు తెలుసుకున్నారు. అణురూపంలోని ఆక్సిజన్ పాల్గొనే చర్యలన్నీ కూడా ఇక్కడే జరుగుతాయని, ఆ చర్యలని కెటలైజ్ చేసే ఎంజైమ్ లు కూడా మైటొకాండ్రియాలో ప్రత్యేక స్థానాల్లో నాటుకుని ఉంటాయని వాళ్లు తెలుసుకున్నారు. ఆ చిట్టి కణాంగమే “కణంలోని శక్తి భాండారం” అని తెలుసుకున్నారు.

రేడియో ధార్మిక ఐసోటోప్ లు

పరమాణువులకి ప్రత్యేక రూపాంతరాలు ఉంటాయి. వాటిని “ఐసోటోప్” లు అంటారు. జీవరసాయన యంత్రాంగంలోని వివిధ చర్యల సంక్లిష్ట మాలికలోని వివరాలు తెలుసుకునే ప్రయత్నంలో ఈ ఐసోటోప్ లు ఎంతో పనికొస్తాయి. ఇరవయ్యవ శతాబ్దపు తొలిదశలలో ఇంచుమించు మూలకాలు అన్నిటికీ అలాంటి రూపాంతరాలు ఉంటాయని భౌతికశాస్త్రవేత్తలు కనుక్కున్నారు. శరీరం ఆ రూపాంతరాలని, మూలరూపాలని వేరుగా చూడదు. రెండిటినీ ఒకేలా   పరిగణించి స్వీకరిస్తుంది. కాని ఐసోటోప్ లని వేరేగా గుర్తించి వాటి ఉనికిని పసిగట్టగల ఉపకరణాలు రూపొందించబడ్డాయి.

జర్మన్ – అమెరికన్ జీవరసాయనశాస్త్రవేత్త రడోల్ఫ్ షోయ్న్ హైమర్ (1898 - 1941) జీవరసాయన పరిశోధనలలో భారీ ఎత్తున ఐసోటోప్ ల వాడకంలో మొదటి మెట్టు వేశాడు. 1935 లో హైడ్రోజెన్ యొక్క

ఐసోటోప్ లలో ఒకటైన హైడ్రోజెన్ – 2 (మామూలు హైడ్రోజెన్ కన్నా ఇది రెండు రెట్లు బరువు) పెద్ద ఎత్తున లభ్యమయ్యే పరిస్థితి ఏర్పడింది. ఈ ఐసోటోప్ ని ఉపయోగించి ష్యోన్ హైమర్ మామూలుగా హైడ్రోజెన్ – 1 ని కలిగి ఉండే కొవ్వు అణువులలో హైడ్రోజెన్ – 2 ని (భారీగా ఉంటుంది కదా అని దీన్ని "భారీ హైడ్రోజెన్" అని లేదా "డ్యుటీరియం", deuterium, అని అంటారు) ప్రతిక్షేపించాడు. అలాంటి కొవ్వు ఉన్న ఆహారాన్ని ప్రయోగశాలలో జంతువులకి తినిపించాడు. ఆ జంతువులలోని ధాతువులు డ్యుటీరియమ్ ఉన్న కొవ్వుని కూడా మామూలు కొవ్వు లాగానే పరిగణించాయి. అలాంటి జంతువుల నుండి కొవ్వుని తీసి, అందులో హైడ్రోజెన్ – 2 పాలుని విశ్లేషించినప్పుడు జీవరసాయన యంత్రాంగం గురించి కొన్ని అద్భుత సత్యాలు వెల్లడి అయ్యాయి.

అంతవరకు శరీరంలో కొవ్వు యొక్క పాత్ర గురించి ఒక అపోహ ఉండేది. మామూలు పరిస్థితుల్లో కొవ్వు స్తబ్దుగా, నిష్క్రియంగా ఉంటుందని, తిండిలేమి లోనే కొవ్వు కరిగి వినియోగించ బడుతుందని అనుకునేవారు. కాని ష్యోన్ హైమర్ తన ప్రయోగంలో జంతువులకి హైడ్రోజెన్ – 2 కలిగిన కొవ్వు పదార్థాన్ని తినిపించి, వాటిలోని కొవ్వుని విశ్లేషించినప్పుడు, నాలుగు రోజుల తరువాత ఒంట్లోని కొవ్వులో సగానికి సగం హైడ్రోజెన్ – 2 కలిగిన కొవ్వు ఉందని తెలిసింది. అంటే అంతవరకు నిలువ ఉన్న కొవ్వు వాడబడింది, కొత్తగా లోనికి ఎక్కించుకున్న కొవ్వు నిలువచేసుకోబడింది. కొవ్వు వేగంగా వాడబడుతోంది. శరీరంలోని పాత అంశాలు పోయి ఎప్పటికప్పుడు వేగంగా కొత్త అంశాలు వచ్చి చేరుతున్నాయి.

అదే విధంగా ష్యోన్ హైమర్ నైట్రోజెన్ – 15 ("భారీ నైట్రోజెన్") ని ఉపయోగించి అమినో ఆసిడ్ లని టాగ్ (tag) చేశాడు. ఆ అమినో ఆసిడ్ల మిశ్రమాన్ని ఎలుకలకి మేపాడు. ఆ మిశ్రమంలో ఏదో ఒక అమినో ఆసిడ్

లో నైట్రోజెన్ ని టాగ్ చేసి చూశాడు. కాని అనతికాలంలోనే ఆ జంతువులో అన్ని అమినో ఆసిడ్లూ అదే విధంగా టాగ్ అయ్యి ఉండడం గమనించాడు. ఈ సందర్భంలో కూడా నిరంతర మార్పు జరగడం కనిపించింది. శరీరంలో అణువులలో నిరంతర మార్పు ఉందని, పాతవి పోయి వాటి స్థానంలో కొత్తవి వస్తున్నాయని అర్థమయ్యింది.

ఇదే పద్ధతిలో ఇంకా ముందుకు సాగుతూ వివిధ ఐసోటోప్ లు కలిగిన సంయోగాలని గుర్తిస్తూ, వాటిలో కలిగే మార్పుల క్రమాన్ని అనుసరిస్తూ అధ్యయనాలు చేయొచ్చు. అలా ఒక దాని తరువాత ఒకటి తీసుకుంటూ వరుసగా వివిధ మూలకాలని, సంయోగాలని పరీక్షించొచ్చు. ఇలాంటి అధ్యయనాలు రేడియోధార్మిక ఐసోటోప్ ల సహాయంతో అయితే చాలా సులభం అవుతాయి. ఈ రేడియోధార్మిక ఐసోటోప్ లు మూల పరమాణువు కన్నా భారీగా ఉండడమే కాకుండా, అస్థిరత వల్ల వాటంతకి అవే విచ్ఛినం అవుతూ, అధిక శక్తితో, రివ్వున కదిలే రేణువులని వెలువరిస్తూ ఉంటాయి. ఈ రేణువులని సులభంగా గుర్తుపట్టడానికి వీలవుతుంది కనుక వాటిని సూక్ష్మ మోతాదుల్లో వినియోగిస్తే సరిపోతుంది. రెండవ ప్రపంచ యుద్ధం తరువాత రేడియో ధార్మిక ఐసోటోప్ లని పెద్ద మొత్తాల్లో కేంద్రక రియాక్టర్లలో ఉత్పత్తి చెయ్యడానికి వీలయ్యింది. ఆ నేపథ్యంలోనే కార్బన్ యొక్క రేడియో ధార్మిక ఐసోటోప్ (కార్బన్ - 14) కనుగొనబడింది. జీవశాస్త్రంలో దీనికి ఎనలేని ప్రయోజనాలు ఉన్నాయని నెమ్మదిగా తెలిసింది.

రేడియో ధార్మిక ఐసోటోప్ లని ఉపయోగించి అమెరికన్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త మెల్విన్ కాల్విన్ (1911 - 1997) కిరణజన్య సంయోగ క్రియ (photosynthesis) లోని రసాయన చర్యల మాలికని క్షుణ్ణంగా

అధ్యయనం చేసి విపులీకరించాడు. ఈ కిరణజన్య సంయోగ క్రియ చేతనే పచ్చని మొక్కలు సూర్యరశ్మిని రసాయనిక శక్తిగా మార్చి, జంతులోకానికి ఆహారాన్ని, ఆక్సిజన్ ని సమకూరుస్తాయి.

కిరణ జన్య సంయోగ క్రియని శోధించిన మెల్విన్ కాల్విన్

కాల్విన్ సూక్ష్మమైన వృక్ష కణాలని వెలుగులో కొద్ది క్షణాల పాటు కార్బన్ డయాక్సయిడ్ తో సంపర్కం కలిగించి, వెంటనే ఆ కణాలని చంపేశాడు. అలాంటి అధ్యయనాలలో కిరణజన్య సంయోగ క్రియలోని మొదటి దశలు మాత్రమే శోధించబడి ఉండొచ్చు. కాగితపు క్రొమటోగ్రఫీ (paper chromatography) అనే పద్ధతిలో కణాలని బాగా చితగ్గొట్టి, అందులోని అంశాలని వేరు చేయవచ్చు. ఆ వివరాలన్నీ వచ్చే

అధ్యాయంలో ఇంకా విపులంగా చర్చించుకుందాం. ఆ అంశాలు కిరణజన్య సంయోగ క్రియలోని తొలి దశలలో పుట్టినవా? లేక వేరే కారణం వల్ల అక్కడ ప్రత్యక్షమయ్యాయా?

ఈ ప్రశ్నలకి సమాధానాలు కాల్విన్ తెలుసుకోగలిగాడు. ఎందుకంటే తన ప్రయోగాలలో వాడిన కార్బన్ డయాక్సయిడ్ లో రేడియో ధార్మిక కార్బన్ వుంది. కిరణజన్య సంయోగ క్రియలో, అలాంటి కార్బన్ వాడకం వల్ల పుట్టిన ఏ పదార్థాన్ని అయినా సులభంగా గుర్తుపట్టొచ్చు. ఎందుకంటే అందులో రేడియో ధార్మిక అణువులు ఉంటాయి. ఆ విధంగా రేడియో ధార్మిక పద్ధతుల సహాయంతో 1950 లలో కిరణజన్య సంయోగ క్రియలో ని దశలని క్షుణ్ణంగా విపులీకరించారు.

అధ్యాయం 13

అణుజీవశాస్త్రం – ప్రోటీన్లు

ఎంజైమ్లు – కో ఎంజైం లు

ఇరవయ్యవ శతాబ్దపు మధ్య దశ కల్లా జీవరసాయన యంత్రాంగం ఎంతో క్షుణ్ణంగా, సవివరంగా వర్ణించబడింది. అయితే ఆ వర్ణన చాలా మటుకు కణంలో ఎంజైమ్ల విన్యాసం యొక్క, వృత్తి యొక్క వర్ణనతో సమానం అయ్యింది. ప్రతీ జీవరసాయన చర్యని ఒక ప్రత్యేక ఎంజైమ్ కెటలైజ్ చేస్తుంది. కాబట్టి ఆ చర్య యొక్క తత్వాన్ని అర్థం చేసుకోవడం అంటే దాన్ని కెటలైజ్ చేసే ఎంజైమ్ లని అర్థం చేసుకోవడమే అవుతుంది. ఆ కారణం చేత ఎంజైమ్ ల అధ్యయనం ఓ ప్రత్యేక ప్రాముఖ్యతని సంతరించుకుంది.

ఇరవయ్యవ శతాబ్దంలో మధ్యంతర జీవరసాయన యంత్రాంగం యొక్క విపులీకరణకి శ్రీకారం చుట్టిన హార్డెన్ ఎంజైమ్ ల అధ్యయనంలో కూడా ఓ కొత్త అధ్యాయం తెరిచాడు. 1904 లో అతడొక చక్కని ప్రయోగం చేశాడు. అర్థపారగమ్యమైన (semi-permeable, పాక్షికంగా ప్రవేశాన్ని ఇచ్చే) పొరతో చెయ్యబడ్డ ఓ సంచీలో శిలీంధ్రపు సారాన్ని (yeast extract) ఉంచి, ఆ సంచీని నీట్లో ముంచాడు. శిలీంధ్రపు సారం లోని చిన్న అణువులు పొరలోంచి బయటికి పోయాయి. ఆ కారణం చేత కొంత సేపటి తరువాత శిలీంధ్రపు సారం చక్కెరని విచ్ఛిన్నం చెయ్యలేకపోయింది.

అలా జరగడానికి కారణం చక్కెరని విచ్ఛిన్నం చెయ్యగల ఎంజైమ్ పొర లోంచి బయటికి పోవడం కాదు. ఎందుకంటే ఎంజైమ్ పొర లోంచి బయటికి పోయి నీట్లో కలిసి ఉంటే, ఆ నీరు చక్కెరని విచ్ఛిన్నం చెయ్యగలిగి ఉండాలి. కాని అలా జరగలేదు. దీన్ని బట్టి హార్డెన్ ఒక నిర్ణయానికి వచ్చాడు. ఆ ఎంజైమ్ లో నిజానికి రెండు భాగాలు ఉండి ఉండాలి. వాటిలో ఒకటి పెద్దది, మరొకటి చిన్నది అయ్యుండాలి. పెద్దది పొర లోంచి బయటికి పోలేక సంచీలోనే మిగిలి ఉండాలి. చిన్న భాగం పొరని దాటి బయటికి పోగలిగి

ఉండాలి. రెండూ కలిస్తేనే ఎంజైమ్ యొక్క పని సాధ్యమవుతుంది. ఏ ఒక్క దాని వల్లనూ కాదు. పెద్ద భాగానికి సహచరిలాగా పని చేస్తుంది గనుక ఆ చిన్న భాగానికి కో-ఎంజైమ్ (co-enzyme) అని పేరు పెట్టారు.

1920 లలో జర్మన్ – స్వీడిష్ రసాయన శాస్త్రవేత్త హన్స్ కార్ల్ ఫాన్ ఆయిలర్ – చెల్పిన్ (1873 - 1964) హార్డెన్ కనుక్కున్న కోఎంజైమ్ యొక్క అణునిర్మాణాన్ని విపులీకరించాడు. ఇతర ఎంజైమ్ లలో కూడా కోఎంజైమ్ భాగాలు ఉన్నట్టు తరువాత తెలిసింది. వాటి అణునిర్మాణాన్ని కూడా 1930 లలో పలువురు విపులీకరించారు. ఆ దశాబ్దంలోనే విటమిన్ల అనునిర్మాణం కూడా కనుక్కోబడింది. దాన్ని బట్టి కోఎంజైమ్ లలో విటమిన్లని పోలిన భాగాలు ఉన్నట్టు తెలిసింది.

శరీరం తాను సొంతంగా నిర్మించుకోలేని కోఎంజైమ్ లలోని భాగాలే విటమిన్లు అని తదనంతరం తెలిసొచ్చింది. కాబట్టే విటమిన్లని యదాతథంగా ఆహారం ద్వార తీసుకోవలసి ఉంటుంది. విటమిన్లు లేకుండా కోఎంజైమ్ లు తయారు కాలేవు. కోఎంజైమ్ లు లేకుండా కొన్ని ఎంజైమ్ లు నిష్ఫలం అవుతాయి. అందువల్ల జీవరసాయన యంత్రాంగం తీవ్రంగా దెబ్బ తింటుంది. ఆ విధంగానే విటమిన్ లేమి వల్ల వ్యాధులు కలిగి చావు దాకా తీసుకుపోతాయి.

ఎంజైమ్లు కెటలిస్ట్ లు కూడా కనుక, అవి శరీరంలో సూక్ష్మమైన మోతాదుల్లో ఉంటే సరిపోతుంది. ఆ కారణం చేత కో ఎంజైమ్లు, విటమిన్లు కూడా చిన్న మోతాదుల్లో ఉంటే చాలు. ఈ ఉదాహరణల బట్టి కొన్ని పోషపదార్థాలు అతి సూక్ష్మమైన మోతాదుల్లో ఉంటూ కూడా జీవప్రక్రియలకి కీలకం అవుతాయని అర్థమవుతుంది. అలాగే రాగి, కోబాల్ట్, మాలిబ్డెనమ్, జింక్ మొదలైన ఖనిజాలు సూక్ష్మమైన మోతాదుల్లో

ఉంటూ జీవనానికి కీలకం అవుతాయి. కొన్ని ఎంజైమ్లు అణునిర్మాణంలో ఇవి కీలక పాత్ర పోషిస్తాయి. ఈ ఖనిజాల పరమాణువులు ఉండే ఎంజైమ్లని గుర్తుపట్టి, వాటిని వెలికితీశారు కూడా.

అలా ఎంజైమ్లు లక్షణాల గురించి ఎన్నో తెలుస్తున్నా అసలు ఎంజైమ్లు రూపురేఖల గురించిన అవగాహన ఎంతో కాలం అంతుబట్టలేదు. పందొమ్మిదవ శాతాబ్దంలో ఇంచుమించు పూర్తిగా ఎంజైమ్ అనేది ఓ ప్రగాఢ రహస్యంగానే మిగిలిపోయింది. ఇలా ఉండగా జర్మన్ – అమెరికన్ రసాయన శాస్త్రవేత్త లియోనోర్ మికెలిస్ (1875 - 1949) ఈ సమస్య విషయంలో కొంత పురోగతి సాధించాడు. సామాన్య భౌతిక రసాయన ధర్మాలని ప్రయోగిస్తూ మికెలిస్ ఎంజైమ్ లని శోధించడం మొదలెట్టాడు. ప్రత్యేకించి రసాయన గతిశాస్త్రానికి (chemical kinetics, భౌతిక రసాయన శాస్త్రంలో రసాయన చర్యలు ముందుకు సాగే వేగాలని ఈ విభాగంలో అధ్యయనం చేస్తారు) సంబంధించిన నియమాలని ప్రయోగించి చూశాడు. ఆ ప్రయత్న ఫలితంగా 1913 లో అతడు ఎంజైమ్ చేత కెటలైజ్ చెయ్యబడ్డ రసాయన చర్య యొక్క వేగం కొన్ని ప్రత్యేక పరిస్థితుల్లో ఎలా ఉంటుందో తెలిపే ఓ సమీకరణాన్ని కనుక్కున్నాడు. ఈ సమీకరణాన్ని కనుక్కోవడం కోసం ఎంజైమ్ ఏ పదార్థాన్నయితే కెటలైజ్ చేస్తోందో, ఆ పదార్థానికి ఎంజైమ్ కి మధ్య చర్య వల్ల ఓ మధ్యంతర పదార్థం పుడుతుందని ఊహించాడు. ఎంజైమ్ లని ఈ విధంగా పరిగణించడం వల్ల, అవి కూడా ఇతర రసాయనాల వంటివేనని, ఇతర అణువులకి వర్తించే రసాయన ధర్మాలు ఎంజైమ్ లకి కూడా వర్తిస్తాయన్న అవగాహన బలపడింది.

ఎంజైమ్లు రసాయన ధర్మాల గురించి ఆ విధంగా కొంత అవగాహన ఏర్పడినా ఒక అణువుగా ఎంజైమ్ స్వరూపం ఏమిటి అన్న విషయం మీద ఇంకా స్పష్టత లేదు. ఎంజైమ్ లు ప్రోటీన్ లే నన్న అనుమానం అప్పటికే కొంతకాలంగా వుంది. ఎందుకంటే కాస్తంత వేడి చేసినా ఎంజైమ్ లు తమ వృత్తి (activity) ని

కోల్పోతాయి. ప్రోటీన్లు కూడా ఇలాగే సున్నితమైన రసాయన లక్షణాలు కలిగి ఉంటాయి. ఎంజైమ్ లు ఒక రకమైన ప్రోటీన్లే నన్న ఆలోచన అప్పటికి ఒక అనుమానమే గాని అందుకు సాక్ష్యాధారాలు లేవు. ఇలా ఉండగా ఎంజైమ్ లు ప్రోటీన్లు కావు అన్న భావనని సమర్థిస్తూ జర్మన్ రసాయన శాస్త్రవేత్త రిచర్డ్ విల్స్ స్టాటర్ (1872 - 1942) కొన్ని బలమైన వాదనలు ముందుంచాడు. అయితే అతడి వాదనలలో ఎన్నో లొసుగులు ఉన్నాయని తరువాత తెలిసింది. కాని శాస్త్రలోకంలో మంచి పరపతి గల వాడు గనుక అతడి భావాలు కొంతకాలం శాస్త్రలోకాన్ని ప్రభావితం చేశాయి.

1926 లో ఎంజైమ్లు ప్రోటీన్లే నన్న భావన మీద మళ్లీ చర్చ మొదలయ్యింది. అలాంటి చర్చకి శ్రీకారం చుట్టినవాడు అమెరికన్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త జేమ్స్ బాచెలర్ సమ్నర్ (1887 - 1955). ఆ ఏడాది సమ్నర్ ఒక రకమైన చిక్కుడుకాయల నుండి ఓ ప్రత్యేక ఎంజైమ్ ని వెలికితీసే ప్రయత్నంలో ఉన్నాడు. తను శోధిస్తున్న ఎంజైమ్ పేరు యూరియేజ్ (urease). యూరియా అమోనియా గాను, కార్బన్ డయాక్సయిడ్ గాను విచ్ఛిన్నం అయ్యే రసాయన చర్యని ఈ ఎంజైమ్ కెటలైజ్ చేస్తుంది.

సమ్నర్ యూరియేజ్ ని వెలికితీయడం కోసం చేసిన ప్రయోగం అంతంలో అతడికి స్ఫటికల రూపంలో ఉండే ఒక రసాయనం మిగిలింది. ఆ స్ఫటికలతో ద్రావకాన్ని తయారుచేసి చూస్తే ఆ ద్రావకానికి సరిగ్గా యూరియేజ్ లక్షణాలు అన్నీ ఉన్నాయి. ఎంత ప్రయత్నించినా ఎంజైమ్ వృత్తిని, స్ఫటికలని వేరు చేయడానికి సాధ్యం కాలేదు. దీన్ని బట్టి ఎంజైమ్ లు, స్ఫటికలు రెండూ ఒకటేనని స్పష్టమయ్యింది. ఆ విదంగా స్ఫటిక రూపంలో తాయారు చెయ్యబడ్డ ఎంజైమ్ లలో యూరియేజ్ మొట్టమొదటి ఎంజైమ్ అయ్యింది. ఎంజైమ్ కూడా ప్రోటీనే నని నిర్వివాదంగా నిరూపించబడ్డ మొదటి ఎంజైమ్ కూడా అదే అయ్యింది.

అయితే ఎంజైమ్ లు, ప్రోటీన్లు ఒక్కటేనన్నది కొన్ని ప్రత్యేకమైన ఎంజైమ్ లకి మాత్రమే వర్తిస్తుందా లేక ఎంజైమ్లు అన్నిటికీ వర్తించే ఓ సామాన్య ధర్మమా అన్న విషయంలో ఇంకా కొంత సందేహం లేకపోలేదు. ఆ సందేహాలని పటాపంచలు చేస్తూ అమెరిక జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త జాన్ హవర్డ్ నార్త్ రాప్ (1891 - 1987) కొన్ని కీలక ఫలితాలు సాధించాడు. 1930 లో అతడు పెప్సిన్ ని స్పటికీకరించాడు. ప్రోటీన్లని విచ్ఛిన్నం చేసే ఈ ఎంజైమ్ కడుపులోని జీర్ణరసాలలో ఉంటుంది. అలాగే 1932 లో అతడు ట్రిప్సిన్ ని, 1935 లో కైమో ట్రిప్సిన్ ని తయారుచేశాడు. పాంక్రియాటిక్ రసంలో ఉండే ఈ రెండు ఎంజైమ్ లు కూడా ప్రోటీన్ లని విచ్ఛిన్నం చేసే గుణం గలవి. ఆ నాటి నుండీ డజన్ల కొద్ది ఎంజైమ్ లు స్పటికీకరించబడ్డాయి. అవన్నీ కూడా ప్రోటీన్లేనని నిస్సందేహంగా ఋజువు చెయ్యబడింది.

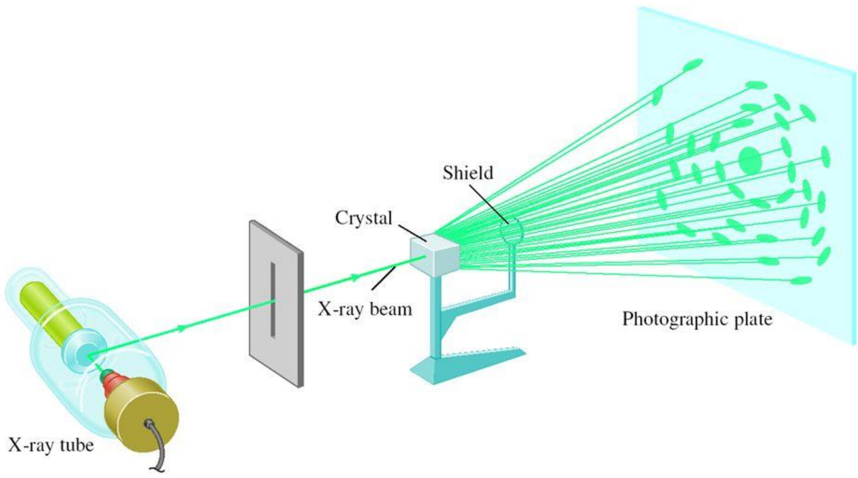
1930 ల దశకం మధ్య కాలానికి కల్లా ఎంజైమ్ ల అంతకన్నా విశాలమైన ప్రోటీన్ల సమస్యలో విలీనమైపోయింది.

ఎలెక్ ట్రో ఫోరెసిస్ – ఎక్స్ - రే డైఫ్రాక్షన్

ఇరవయ్యి శతాబ్దపు తొలి దశాలలో మరింత అధునాతమైన భౌతిక, రసాయన శోధనా పద్ధతులు రూపొందించబడ్డాయి. వాటి సహాయంతో జీవరసాయన శాస్త్రవేత్తలకి జీవన సారం అని చెప్పుకోదగ్గ భారీ ప్రోటీన్ అణువులని మరింత సునిశితంగా శోధించడానికి వీలయ్యింది. ఈ రాకాసి జీవ అణువుల అంగాంగ నిర్మాణాన్ని, పని తీరుని క్షుణ్ణంగా అధ్యయనం చెయ్యడం కోసం ఓ కొత్త శాస్త్రవిభాగమే వెలసింది. భౌతిక, రసాయన, జీవ శాస్త్రాల భావనలన్నీ ఆ కొత్త విభాగంలో సమైక్యం చెందాయి. ఆ కొత్త రంగం పేరు ‘అణు జీవ శాస్త్రం’ (molecular biology). ఆరంభం నుండి కూడా సంచలనాత్మక ఫలితాలు సాధిస్తూ ఆ కొత్త

రంగం వేగంగా ప్రాముఖ్యతను సంతరించుకుంది. అసలు రెండవ ప్రపంచం యుద్ధం తరువాత అది మిగతా జీవశాస్త్రాన్నే తలదన్నేటంత స్థాయికి ఎదిగింది.

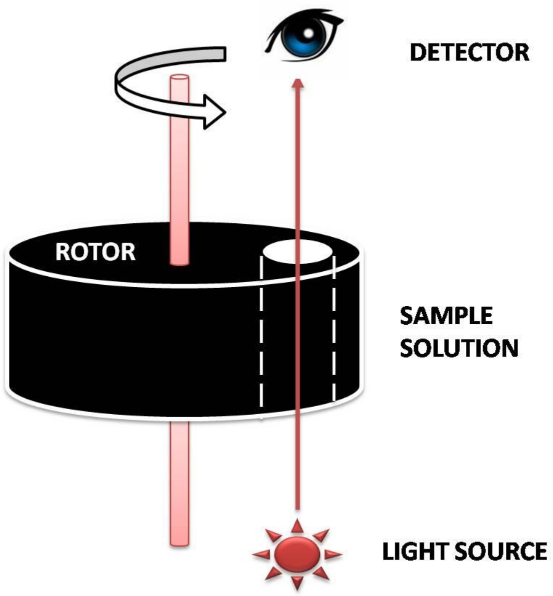
An Arrangement for Obtaining the X-ray Diffraction Pattern of a Crystal.



ఎక్స్ – రే డైఫ్రాక్షన్ ద్వార స్ఫటికలోని పరమాణువుల విన్యాసం తెలుసుకోవడం

1923 లో స్వీడిష్ రసాయన శాస్త్రవేత్త థియోడోర్ స్వీడ్ బెర్గ్ (1884 - 1971) ప్రోటీన్ అణువుల పరిమాణాన్ని కొలవడానికి ఓ శక్తివంతమైన పద్ధతిని కనిపెట్టాడు. దాని పేరు ultracentrifuge. అందులో ఒక పాత్ర (సామాన్యంగా ఒక పరీక్షా నాళిక) అతి వేగంగా గిర్రున తిరుగుతూ ఉంటుంది. అలా తిరుగుతూ మామూలు గురుత్వం కన్నా కొన్ని లక్షల రెట్లు తీవ్రమైన అపకేంద్రక (centrifugal) బలాన్ని పుట్టిస్తుంది. సామాన్య గురుత్వ పరిస్థితుల్లో, నీటిలో ఉండే ప్రోటీన్లు, ఒక పక్క గురుత్వం కిందికి లాగుతున్నా, నీట్లోని అణువుల ఉష్ణచలనాల తాకిళ్ల వల్ల అడుక్కి చేరకుండా నీట్లో సర్వత్ర విస్తరించి

ఉంటాయి. కాని అల్ట్రా సెంట్రీ ఫ్యూజ్ లోని బలమైన త్వరణాల వల్ల నీట్లోని ప్రోటీన్ అణువులు "మడ్డి" లా అడుక్కి చేరతాయి. ఆ అవక్షేపణ (sedimentation) వేగాన్ని బట్టి ప్రోటీన్ అణువుల అణు భారాన్ని తెలుసుకోవచ్చు. రక్తానికి ఎర్ర రంగుని అందించే హిమో గ్లోబిన్ వంటి సామాన్య భారం కలిగిన ప్రోటీన్ యొక్క అణుభారం విలువ 67,000. ఇది నీటి అణువు కన్నా 3,700 రెట్లు బరువైనది. ఎందుకంటే నీటి అణువు యొక్క అణుభారం విలువ 18. అణుభారం లక్షల్లో ఉండే మరింత భారీ ప్రోటీన్ అణువులు కూడా తదనంతరం కనుక్కోబడ్డాయి.



అల్ట్రా సెంట్రీఫ్యూజ్ – భావ చిత్రం

ప్రోటీన్ అణువు పరిమాణంలో పెద్దది, సంక్లిష్టమైనది కావడం చేత దాని ఉపరితలం మీద వివిధ విద్యుదావేశాలు గల పరమాణువులు గుంపులుగా ఏర్పడే అవకాశం ఏర్పడింది. ప్రతీ ప్రోటీన్ కి దాని ఉపరితలం మీద రుణ, ధన విద్యుదావేశాలు కొన్ని ప్రత్యేక విన్యాసాలలో విస్తరించి ఉంటాయి. ఆ విద్యుదావేశాల అమరిక ప్రోటీన్ కి ప్రోటీన్ కి మధ్య మారుతూ ఉంటుంది. అంతే కాక చుట్టూ ఉండే మాధ్యమం యొక్క ఆమ్లత (acidity) బట్టి కూడా ఆ విస్తరణ మారుతూ ఉంటుంది.

విద్యుదావేశం గల అణువులు కనుక, ప్రోటీన్లు గల ద్రావకాన్ని విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఉంచినప్పుడు, ఆ ప్రోటీన్లు రుణ electrode దిశగా గాని, ధన electrode దిశగా గాని కదలడం సహజం. ఆ కదలిక యొక్క వేగం ప్రోటీన్ యొక్క పరిమాణం మీద గాని, ఆకారం మీద గాని ఆధారపడి ఉంటుంది. ఏ రెండు రకాల ప్రోటీన్ లు కూడా అన్ని రకాల పరిస్థితుల్లోను ఒకే వేగంతో కదలవని అర్థమయ్యింది.

ప్రోటీన్ యొక్క ఈ లక్షణాలని వాడుకుంటూ స్వీడ్ బోర్గ్ కి శిష్యుడైన మరొక స్వీడిష్ రసాయన శాస్త్రవేత్త ఆర్నె విల్హెల్మ్ కౌరిన్ టైసీలియస్ (1902 - 1971) ఒక ఉపకరణాన్ని రూపొందించాడు. ఆ ఉపకరణంలో రెండు లంబకోణాల వద్ద వంగిన U ఆకారపు నాళం ఒకటి ఉంటుంది. అందులో ఉంచబడ్డ ప్రోటీన్ మిశ్రమం విద్యుత్ క్షేత్ర ప్రభావం వల్ల కదలగలుగుతుంది. (అలాంటి చలనాన్నే ఎలెక్ ట్రో ఫోరెసిస్ అంటారు.) మిశ్రమంలో ఉండే వివిధ ప్రొటీన్ అంశాలలో ఒక్కొక్కటి ఒక్కొక్క వేగంలో కదులుతుంది కనుక, అన్నీ ఒక దాని నుండి మరొకటి క్రమంగా వేరు పడతాయి. ఆ లంబకోణాకార U నాళంలో వివిధ సంధుల వద్ద కలపబడ్డ వివిధ మందిరాలు ఉంటాయి. ఆ మందిరాలని సులభంగా వేరు చెయ్యడానికి వీలవుతుంది. ఒక్కొక్క ప్రోటీన్ల మిశ్రమం ఒక్కొక్క మందిరంలో చేరేట్టు ఈ ఉపరణాన్ని అమర్చడానికి వీలవుతుంది. ఆ మందిరాలని తరువాత దేనికది వేరు చెయ్యడానికి వీలవుతుంది.

అంతే కాకుండా ఆ నాళంలో వివిధ ప్రోటీన్లు వేరు పడే ప్రక్రియని కొన్ని స్తంభాకార కటకాలని (cylindrical lenses) ఉపయోగించి అనుసరించడానికి వీలవుతుంది. నాళంలో ప్రోటీన్ల మిశ్రమం యొక్క సాంద్రత మారుతున్నప్పుడు దానికి అనుగుణంగా ఆ మిశ్రమంలో కాంతి వక్రీభవనం (refraction) చెందే తీరు

మారుతుంది. దీన్ని బట్టి ప్రోటీన్ల మిశ్రమం యొక్క కదలికని కటకాలని ఉపయోగించి అనుసరించడానికి వీలవుతుంది. వక్రీభవనంలో వచ్చే మార్పులని తరంగాకారంలో ఉండే ఫోటోల రూపంలో గ్రహించడానికి వీలవుతుంది. ఆ తరంగాకారపు చిత్రాలని విశ్లేషించి ప్రోటీన్ల మిశ్రమంలో ఏ ప్రోటీన్ ఎంత మోతాదులో ఉందో తెలుసుకోడానికి వీలవుతుంది.

ఇలాంటి విధానాన్ని ఉపయోగించి ప్రత్యేకంగా రక్తపు ప్లాస్మాలో ఉండే ప్రోటీన్లని మొదట్లో శోధించారు. వాటిలోని వివిధ భిన్నాలని (fractions) వేరు చేశారు. అందులో ఆల్బుమిన్ ప్రోటీన్లు ఉన్నాయి. మూడు రకాల గ్లాబ్యులిన్ ప్రోటీన్లు ఉన్నాయి. ఆ మూడు రకాలని గ్రీకు అక్షరాలైన ఆల్ఫా, బీటా గామాలతో సూచిస్తారు. గామా ఆల్బుమిన్ భిన్నంలో ఏంటీబాడీలు ఉన్నాయని తెలిసింది. 1940 లలో ఈ భిన్నాలని పెద్ద మొత్తాలలో ఎలా ఉత్పత్తి చెయ్యాలో తెలుసుకున్నారు.

ప్రోటీన్ అణువుని ఒక సమగ్ర రాశిగా తీసుకుంటే ఆ రాశి యొక్క లక్షణాలనే అల్ట్రా సెంట్రీ ఫ్యుగేషన్, మరియు ఎలెక్ట్రో ఫోరెసిస్ ప్రక్రియలు శోధిస్తాయి. కాని ఎక్స్ కిరణాల సహాయంతో ప్రోటీన్ అణువు యొక్క అంతరంగ నిర్మాణాన్ని మరింత వివరంగా శోధించడానికి వీలయ్యింది. పదార్థం లో నుండి ప్రసారం అవుతున్న ఎక్స్ కిరణ పుంజం వికిరణం (scattering) చెందుతుంది. పదార్థంలోని పరమాణువులు తీరైన వరుసలలో బారులు తీరి ఉన్నప్పుడు, వికిరణం చెందిన కిరణాలలో కూడా ఒక క్రమం ఉంటుంది. సామాన్యంగా స్ఫటిక (crystal) రూపంలో ఉన్న పదార్థాలలో పరమాణువులు చక్కని క్రమంలో అమరి ఉంటాయి. అలాంటి స్ఫటికలో వికిరణం చెంది బయటికి వచ్చిన ఎక్స్ కిరణాలు ఫొటోగ్రాఫిక్ ఫిల్మ్ మీద

పడి చక్కని సౌష్టవం గన చుక్కల చిత్రాలు ఏర్పడతాయి. ఆ చుక్కల చిత్రాల విశ్లేషణ ఆధారంగా స్ఫటికలోని పరమాణువుల మధ్య దూరాలని తెలుసుకోవచ్చు.

పెద్ద పెద్ద అణువులలో సామాన్యంగా మరింత చిన్న అణువులతో కూడుకున్న అంగాలు ఉండడం కద్దు. ఆ అంగాలు పెద్ద అణువులలో క్రమబద్ధంగా అమరి ఉండడం కనిపిస్తుంది. అమినో ఆసిడ్లు అంగాలుగా గల ప్రోటీన్ అణువులలో కూడా ఇదే కనిపిస్తుంది. ప్రోటీన్ లలో అమినో ఆసిడ్ల క్రమబద్ధమైన విన్యాసం మీద వాటి నుండి ఎక్స్ కిరణాలు వికిరణం చెందే తీరు ఆధారపడి ఉంటుంది. మామూలు అకర్బన స్ఫటికాల నుండి ఎక్స్ కిరణాల చిత్రాల కన్నా ప్రోటీన్ ల నుండి వచ్చే చిత్రాలు మరి సహజంగా మరింత సంక్లిష్టంగా ఉంటాయి. కాని అలాంటి చిత్రాలని కూడా విశ్లేషించి వాటిని బట్టి ప్రోటీన్ ల అణునిర్మాణం గురించి తెలుసుకోడానికి వీలవుతుంది. 1930 లలో ప్రోటీన్ లలో అమినో ఆసిడ్ల మధ్య దూరాల గురించి కొంత అవగాహన ఏర్పడింది. 1951 లో లైనస్ పాలింగ్ అనే అమెరికన్ రసాయన శాస్త్రవేత్త ఆ అవగాహనని మరింత నిగ్గు దేల్చాడు. ప్రోటీన్ లో అమినో ఆసిడ్ల నిర్మాణాలని అతడు శోధించి అవి హెలిక్స్ (helix) ఆకారంలో ఉన్నాయని నిరూపించాడు. (మెలికలు తిరుగుతూ పైకి పోయే మెట్ల దారిని పోలిన ఆకారాన్ని హెలిక్స్ అంటారు.)

అలా శాస్త్రవేత్తలు ప్రోటీన్ ల అణునిర్మాణం లోతుల్లోకి క్రమంగా చొచ్చుకుపోయారు. ఎక్స్ రే చిత్రాలని శోధిస్తూ ప్రోటీన్ లో పరమాణుల అమరికని లెక్కస్తూ పోతుంటే, ఒక దశలో ఆ గణనాలు ఇంకా ఇంకా జటిలమవుతూ పోయాయి. మనిషి మనసు కేవలం చేత్తో చేసి సాధించగల లెక్కల్లా గోచరించలేదు. అయితే అదృష్టవశాత్తు 1950 లలో కంప్యూటర్లు రంగప్రవేశం చేశాయి. మనిషి మనసు చెయ్యలేని కఠినమైన లెక్కలని కంప్యూటర్లు సునాయాసంగా చెయ్యగలిగాయి.

ఆ విధంగా అణువిశ్లేషణ కోసం కంప్యూటర్లు వాడబడ్డ మొట్టమొదటి సందర్భం ప్రోటీన్ల విశ్లేషణ కాదు. విటమిన్ల విశ్లేషణలో అలాంటి సందర్భం మొట్టమొదట ఏర్పడింది. 1924 లో జార్జ్ రిచర్డ్స్ మినోట్ (1885 - 1950) మరియు విలియం పారీ మర్ఫీ (1892 - 1987) అనే ఇద్దరు అమెరికన్ వైద్యులు pernicious anemia అనే వ్యాధిని అరికట్టడానికి ఓ అద్భుతమైన చికిత్స కనుక్కున్నారు. కాలేయానికి (liver) క్రమం తప్పకుండా పోషకాలు అందజేస్తూ ఉంటే, ఆ వ్యాధితో బాధపడేవారు మరణించకుండా ఆదుకోవచ్చని వాళ్లు కనుక్కున్నారు. అలా వ్యాధిని అరికట్టగల పోషకాలలో ఏదో విటమిన్ ఉండి ఉండొచ్చని కూడా అనుమానించారు. ఆ విటమిన్ కి B12 అని పేరు కూడా పెట్టారు. చివరికి 1948 లో దాన్ని వెలికితీశారు. అందులో 6 విభిన్న అంగాలు ఉన్నాయని, మొత్తం 183 పరమాణువులు ఉన్నాయని చివరికి తెలిసింది. అధునాతన భౌతిక విధానాలతో, కంప్యూటర్ సహాయంతో 1956 లో విటమిన్ యొక్క పరమాణు విన్యాసాన్ని సవివరంగా తెలుసుకోడానికి వీలయ్యింది. అందులో ఒక సయనైడ్ గుంపు, ఒక కోబాల్ట్ పరమాణువు, ఒక అమీన్ గుంపు ఉండడం చేత (ఇవి గాక మరెన్నో అణు భాగాలు కూడా ఉన్నాయి) ఈ విటమిన్ కి సయనోకోబాలమిన్ (cyanocobalamine) అనే శాస్త్రనామం అబ్బింది.

ప్రోటీన్లని ఎక్స్ కిరణాలతో శోధించినప్పుడు ఏర్పడే డైఫ్రాక్షన్ చిత్రాల (diffraction patterns) ని శోధించడానికి ఎట్టకేలకు కంప్యూటర్లని వాడక తప్పలేదు. ఎక్స్ రే డైఫ్రాక్షన్ చిత్రాలని, కంప్యూటర్లని కలిపి వాడుతూ ఆస్ట్రియన్ – బ్రిటిష్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త మాక్స్ ఫెర్డినాండ్ పెరుట్జ్ (1914 - 2002) మరియు బ్రిటిష్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త జాన్ కౌడరీ కెండ్రూ (1917 - 1997) ప్రోటీన్ విశ్లేషణలో ఓ కొత్త ఎత్తును చేరుకున్నారు. ఇద్దరు కలిసి పని చేస్తూ 1960 లో మయోగ్లోబిన్ అనే ప్రోటీన్ లోని (కండరంలో

ఉండే ఈ ప్రోటీన్ హిమో గ్లోబిన్ వంటిదే కాని పరిమాణంలో హిమోగ్లోబిన్ లో పావు వంతు ఉంటుంది) అమినో ఆసిడ్ల స్థానాలని కచ్చితంగా కనుక్కోగలిగారు.

క్రొమటోగ్రఫీ (Chromatography)

ఎక్స్ రే డైఫ్రాక్షన్ వంటి భౌతిక విధానాలు ఉపయోగించి ప్రోటీన్ల వంటి బృహద్ అణువుల అంతరంగ నిర్మాణాన్ని సవివరంగా కనుక్కోవడం చాలా సంక్లిష్టమైన వ్యవహారం. అయితే అలాంటి బృహద్ అణువులోని ఉపభాగాలుగా (subunits) ఏఏ అణువులు ఉన్నాయో ముందే తెలిస్తే, చూచాయగానైనా అవి బృహద్ అణువులో ఎలా అమరి ఉన్నాయో ముందే తెలిస్తే, అంత మేరకు బృహద్ అణువు యొక్క నిర్మాణం కనుక్కోవడం సులభం అవుతుంది. బృహద్ అణువులోని అంతర్భాగాల అమరిక గురించి చూచాయగా తెలిసినప్పుడు, ఎక్స్ రే డైఫ్రాక్షన్ చిత్రాలని మరింత సులభంగా అన్వయించడానికి వీలవుతుంది.

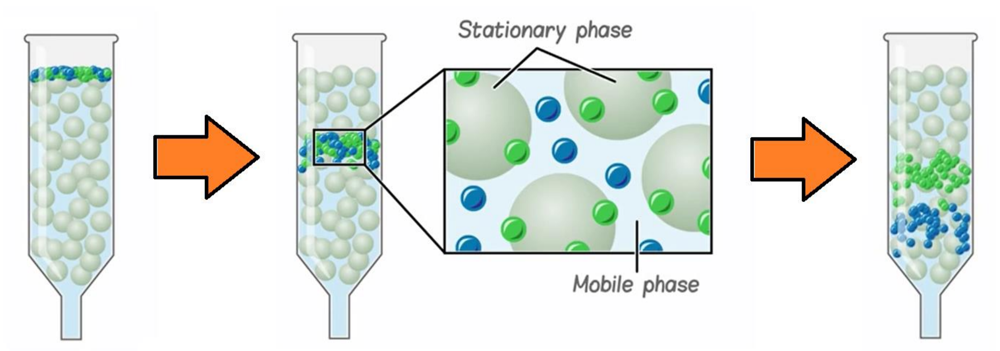
ప్రోటీన్ల విషయంలో అలాంటి పురోగతి కాస్త మందకొడిగానే సాగింది. ప్రోటీన్లు అమినో ఆసిడ్లతో కూడుకున్న మహా అణువులు అని మాత్రమే పందొమ్మిదవ శతాబ్దపు రసాయన వేత్తలు తెలుసుకోగలిగారు. ఇరవయ్యవ శతాబ్దపు ఆరంభంలో జర్మన్ రసాయన వేత్త ఎమిల్ హెర్మన్ ఫిషర్ (1852 - 1919) ప్రోటీన్ల లో అమినో ఆసిడ్లు కలిసే తీరు ఎలా ఉంటుందో ప్రదర్శించాడు. 1907 లో అతడు ఒక 18 అమినో ఆసిడ్లు గల ఒక కృత్రిమ ప్రోటీన్ వంటి పదార్థాన్ని సంయోజించగలిగాడు. అందులో ఒక అమినో ఆసిడ్ యొక్క ప్రతులు 15 ఉంటే, మరో అమినో ఆసిడ్ యొక్క ప్రతులు 3 ఉంటాయి.

కృత్రిమ ప్రోటీన్ల లో అమినో ఆసిడ్ల అమరిక తెలుసుకోవడం సులభమే కావచ్చు. కాని ప్రకృతిలో సహజంగా లభ్యమయ్యే మరింత సంక్లిష్టమైన ప్రోటీన్ల నిర్మాణం గురించి తెలుసుకోవడం ఎలా? ఒక సదరు ప్రోటీన్ అణువులో ఒక్కొక్క అమినో ఆసిడ్ కి ఎన్ని ప్రతులు ఉంటాయి. ఈ ప్రశ్నకి సమాధానం తెలుసుకోడానికి ఒక తరుణోపాయం వుంది. ప్రోటీన్ లోని అమినో ఆసిడ్లు వేరు పడేలా విచ్ఛిన్నం చేసి, అలా ఏర్పడ్డ అమినో ఆసిడ్ల మిశ్రమంలో, రసాయనిక విశ్లేషణా పద్ధతులని ఉపయోగించి, ఒక్కొక్క అమినో ఆసిడ్ పాలు ఎంత ఉంటుందో తెలుసుకోవచ్చు.

అయితే ఎమిల్ ఫిషర్ నాటి రసయన శాస్త్రం దృష్ట్యా చూస్తే అది అంత సాచరణీయమైన విధానం కాదు. కొన్ని అమినో ఆసిడ్లు ఇంచుమించు ఒక్క పోలికలో ఉంటాయి. కాబట్టి ఆనాటి రసాయన పద్ధతులని ఉపయోగించి వాటి మధ్య తేడా గుర్తించడం కష్టం.

ఆ సమస్యని పరిష్కరించడానికి ఒక కొత్త రసాయన విధానాన్ని రూపొందించవలసి వచ్చింది. ఆ విధానానికి పూర్వరూపం నిజానికి 1906 లో రూపొందించబడింది. రష్యన్ వృక్షశాస్త్రవేత్త మిఖాయిల్ సెమనోవిచ్ స్వెట్ (1872 - 1919) ఆ విధానానికి శ్రీకారం చుట్టాడు. అతడు మొక్కలకి రంగు కూర్చే వర్ణకాల (pigments) మీద పని చేశాడు. అలా పని చేస్తున్నప్పుడు ఒక దశలో ఒక సంక్లిష్టమైన పదార్థం మీదకి అతడి దృష్టి మళ్లింది. ఆ మిశ్రమంలో ఉండే రసాయన సంయోగాల మధ్య ఎంత పోలిక ఉందంటే

సామాన్య రసాయన విశ్లేషణా పద్ధతులు ఉపయోగించి ఎంతో కష్టం మీదనే వాటిని వేరు చెయ్యడానికి సాధ్యమయ్యింది. అప్పుడు అతడికి ఒక ఆలోచన వచ్చింది. పొడి రూపంలో ఉన్న అలూమినా (alumina) దట్టించిన నాళంలో నుండి ఆ ద్రావకాన్ని స్రవించనిస్తే ఎలా ఉంటుందని ఆలోచించాడు. వర్ణకాల మిశ్రమంలోని వివిధ పదార్థాలు నాళంలోని పొడి రేణువులకి వివిధ స్థాయిలలో అంటుకున్నాయి. స్వచ్ఛమైన ద్రావణి (solvent) తో ఆ మిశ్రమాన్ని కడిగేసినప్పుడు అవి వేరు పడ్డాయి. పొడి రేణువులకి కాస్త బలహీనంగా అతుక్కున్న మిశ్రమ అంశాలు కడిగినప్పుడు సులభంగా కిందికి దిగిపోయాయి. చివరికి మిశ్రమంలోని వివిధ వర్ణకాలు వేరు వేరు స్థాయిల వద్ద కిందికి దిగాయి. ఒక్కొక్క అంశం ఒక్కొక్క రంగులో ఉండడం చేత వాటిని సులభంగా వేరు చెయ్యడానికి వీలయ్యింది. ఆ అంశాలు వేరు పడ్డ విషయం “రంగులతో లిఖించబడింది” కనుక ఆ విధానానికి స్వెట్ ‘వర్ణలేఖిని’ (chromatography) అని పేరు పెట్టాడు.



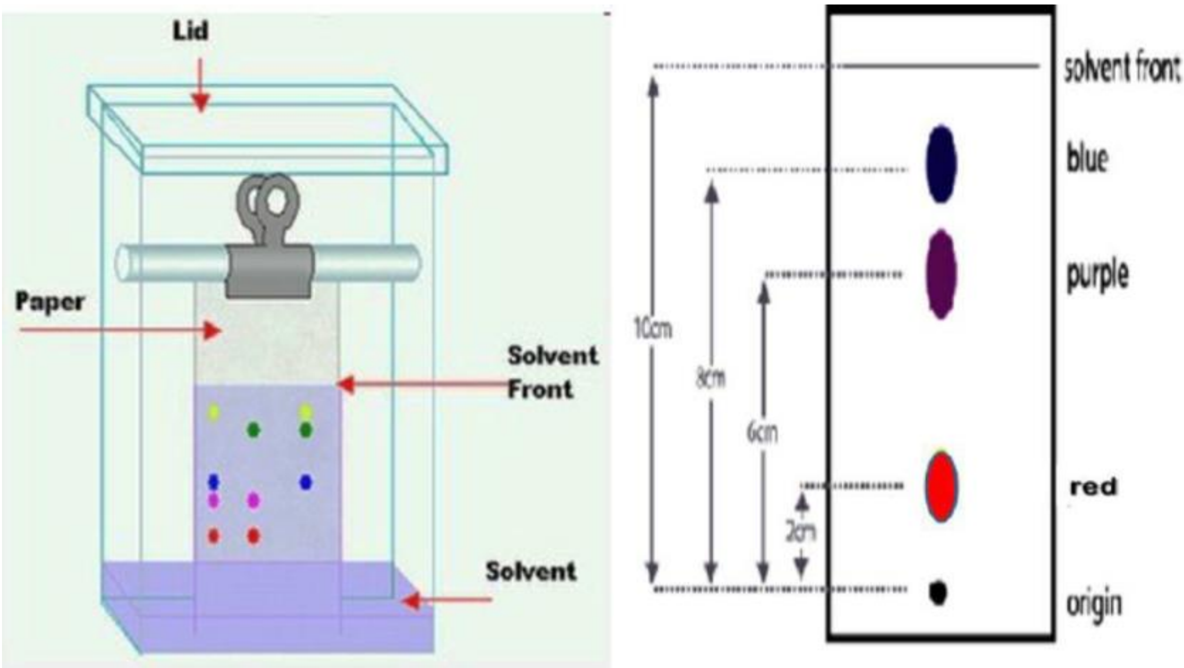
సామాన్య క్రొమటోగ్రఫీ

స్వెట్ కృషి ఆ రోజుల్లో పెద్దగా ఎవరి కంటా పడలేదు. కాని 1920 లలో విల్ స్టాటర్ మళ్లీ దాన్ని పరిచయం చేసి దాని ప్రాచుర్యాన్ని పెంచాడు. సంక్లిష్టమైన మిశ్రమాలని వేరు చెయ్యడంలో క్రొమటోగ్రఫీకి రకరకాల ప్రయోజనాలు కనిపించాయి. ఈ విధానంలో పొడితో నిండిన నాళాన్ని వాడడం జరుగుతుంది గనుక దాన్ని ఉపయోగించి చాలా చిన్న మొత్తాల్లో మిశ్రమాలని వేరు చెయ్యడం కష్టం. అందుకు ఇంతకన్నా శక్తివంతమైన విధానాన్ని కనిపెట్టవలసి వుంది.

అలాంటి సవరణ 1944 లో సాధ్యపడింది. ఈ కొత్త పద్ధతి మొత్తం జీవరసాయన విశ్లేషణా రంగంలోనే ఓ విప్లవం తెచ్చింది. ఆ ఏడాది జాన్ పోర్టర్ మార్టిన్ (1910 - 2002) మరియు రిచర్డ్ లారెన్స్ మిలింగ్టన్ సింజ్ (1914 - 1994) అనే ఇద్దరు బ్రిటిష్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్తలు కేవలం ఒక సామాన్యమైన వడపోత కాగితం (filter paper) మీద క్రొమటోగ్రఫీ పద్ధతిని నిర్వహించే ఓ అద్భుతమైన విధానాన్ని కనుక్కున్నారు.

ఒక వడపోత కాగితపు బద్ద యొక్క కొస వద్ద ఒక బొట్టు అమినో ఆసిడ్ల మిశ్రమాన్ని తీసుకుని దాన్ని ఆరనిస్తారు. అప్పుడు ఆ బద్ద యొక్క కింది కొసని ఒక ప్రత్యేక ద్రావణి (solvent) లో ముంచుతారు. అప్పుడు ఆ ద్రావణి, కేశిక ప్రభావం (capillary effect) వల్ల, కాగితపు బద్ద లోపలికి కొంత ఎత్తు వరకు ఎక్కుతుంది. అలా పైకి ఎగబాకుతున్న ద్రావకం దారిలో అంతకు ముందే ఆరిపోయిన అమినో ఆసిడ్ల మిశ్రమాన్ని దాటుతూ ఇంక పైకి పోతుంది. అప్పుడు ఆ మిశ్రమం లోని అమినో ఆసిడ్లు కూడా ద్రావకంతో పాటు పైకి ఎగబాకడం ప్రారంభిస్తాయి. అయితే అమినో ఆసిడ్లు వేరు వేరు వేగాలతో ఎగబాకుతాయి. ఆ కారణం చేత మిశ్రమంలోని అమినో ఆసిడ్లు వేరు పడతాయి. తగిన భౌతిక, రసాయన విధానాన్ని ఉపయోగించి ఫలానా అమినో ఆసిడ్ కాగితం మీద ఏ స్థానం వరకు ఎగబాకుతుందో తెలుసుకోవచ్చు.

అలాగే వేరు వేరు కాగితాల మీద వేరు వేరు అమినో ఆసిడ్లు ఏఏ ఎత్తులకి ఎగబాకుతాయో ముందే కొలిచి సిద్ధంతా పెట్టుకుంటారు. ఇప్పుడు మనం పరీక్షిస్తున్న మిశ్రమంలోని అమినో ఆసిడ్లు చేరుకున్న ఎత్తులని ఇలా ముందే కొలిచి పెట్టుకున్న ఎత్తులతో పోల్చుకుంటారు. చేరుకున్న ఎత్తుని బట్టి ఆ అమినో ఆసిడ్ ని గుర్తుపడతారు.



కాగితపు క్రొమటోగ్రఫీ

కాగితపు క్రొమటోగ్రఫీ అని పేరు గల ఈ కొత్త పద్ధతి అనతికాలంలోనే గొప్ప పేరు తెచ్చుకుంది. పెద్దగా సాధన సామగ్రి అవసరం లేకుండా, చవకగా, సునాయాసంగా అది చిన్న మొత్తాలలో లభ్యమయ్యే సంక్లిష్టమైన మిశ్రమాలని కూడా వేరు చెయ్యగలిగింది. ఈ కొత్త విధానాన్ని త్వరలోనే జీవరసాయన శాస్త్రంలో ప్రతీ శాఖలోను ప్రయోగించి చూశారు. ఉదాహరణకి కిరణజన్య సంయోగం జరిగే వృక్షకణాల

మిశ్రమాల మీద కూడా ఈ విధానాన్ని ప్రయోగించారు. ఒక దశలో ఇక ఈ విధానం లేకుండా జీవరసాయన శాస్త్రపరిశోధనే సాధ్యం కాదనే పరిస్థితి ఏర్పడింది.

కాగితపు క్రొమటోగ్రఫీ సాధించిన ఒక ప్రత్యేకమైన విజయం ఏమిటంటే దీని సహాయంతో ఒక సదరు ప్రోటీన్ లో ఏఏ అమినో ఆసిడ్లు ఎన్నెన్ని ఉన్నాయో తెలుసుకోడానికి వీలయ్యింది. ఇక అప్పటి నుండి వరుసగా ఒక్కొక్క ప్రోటీన్ నే తీసుకుని, అందులో వివిధ అమినో ఆసిడ్లు ఎన్నెన్ని ఉన్నాయో తెలుసుకుంటూ వచ్చారు. మామూలు రసాయన సంయోగాలలో వివిధ పరమాణువులు ఎన్నెన్ని ఉన్నాయో తెలుసుకున్నట్లు గానే సంక్లిష్టమైన ప్రోటీన్లలో ఎన్నెన్ని అమినో ఆసిడ్లు ఉన్నాయో తెలుసుకోగలిగారు.

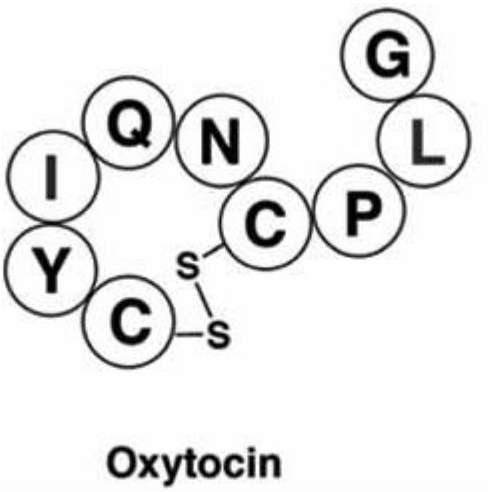
అమినో ఆసిడ్ల అమరిక

ఇంతవరకు సాధించిన ఫలితాలు గొప్పవేగాని సరిపోవు. మామూలు రసాయన సంయోగాలలో కూడా రసాయన వేత్తలు తెలుసుకోగోరేది కేవలం అందులో ఉండే వివిధ పరమాణువుల సంఖ్య మాత్రమే కాదు. ఆ అణువులో పరమాణువుల అమరిక గురించి కూడా వాళ్లు తెలుసుకోగోరుతారు. అదే విధంగా ప్రోటీన్లలో అమినో ఆసిడ్ల సంఖ్య మాత్రమే కాక, వాటి అమరిక గురించి కూడా రసాయన శాస్త్రవేత్తలు తెలుసుకోవాలి

అనుకుంటారు. అయితే అమినో ఆసిడ్ల అమరిక గురించి తెలుసుకోవడం వాటి సంఖ్య తెలుసుకునేటంత సులభం కాదు. కేవలం కొన్ని డజన్ల అమినో ఆసిడ్లు ఉండే ప్రోటీన్లలో కూడా వివిధ అమినో ఆసిడ్ల అమరికల సంఖ్య చాలా పెద్దది అవుతుంది. ఇక 500 పైగా అమినో ఆసిడ్లు ఉండే ప్రోటీన్లలో ఆ అమరికల సంఖ్య ఆకాశాన్నంటేదిగా ఉంటుంది. ఆ సంఖ్యని వ్యక్తం చెయ్యడానికి 600 అంకెలు గల సంఖ్య అవసరం అవుతుంది. ఒకే అమినో ఆసిడ్ల కూటమి గలిగిన ప్రోటీన్ల లో కూడా వివిధ అమినో ఆసిడ్ల అమరికల మొత్తం సంఖ్య అంత పెద్దది అయినప్పుడు, వాటిలో ఏ అమరిక సరైనదో కనుక్కునేదెలా?

అయితే కాగితపు క్రొమటో గ్రఫీ పద్ధతితో ఆ సమస్యకి పరిష్కారం కనుక్కోవడం అనుకున్నదాని కన్నా సులభం అయ్యింది. ఇంగ్లీష్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త ఫ్రెడెరిక్ సాంగర్ (1918 - 2013) యాభైకి పైగా అమినో ఆసిడ్లు గల ఇన్సులిన్ ప్రోటీన్ మీద ఎనిమిది ఏళ్ల పాటు పని చేసి ఒక చక్కని పద్ధతి కనిపెట్టాడు. అతడు ఆ అణువుని మధ్యకి తెగ్గొట్టి, అందులో కాస్త పొట్టిగా ఉండే అమినో ఆసిడ్ల గొలుసులని మాత్రం సురక్షితంగా ఉంచాడూ. ఆ గొలుసులని వేరు చేసి, క్రొమటోగ్రఫీ పద్ధతితో వాటిలో ఉండే అమినో ఆసిడ్ల వివరాలు తెలుసుకున్నాడు. ఆ గొలుసులలో అమినో ఆసిడ్లు ఉండే వరుసక్రమం గురించి కూడా తెలుసుకున్నాడు. ఇదంత సులభం కాదు. ఎందుకంటే కేవలం నాలుగు అమినో ఆసిడ్లు ఉండే చిన్న గొలుసు తునకలో కూడా, మొత్తం 24 రకాలుగా అమినో ఆసిడ్లని అమర్చవచ్చు. కాని కొంత శ్రమ పడి ఆ వరుసక్రమం ఏమిటో తెలుసుకున్నాడు. తదుపరి దశలో ప్రత్యేకించి ఇందాకటి పొట్టి గొలుసులని లోన ఇముడ్చుకున్న కొన్ని పొడవాటి గొలుసులని అధ్యయనం చేశాడు. అలా క్రమక్రమంగా ఇంకా ఇంకా పెద్ద గొలుసులలోని అమినో ఆసిడ్ల వరుస క్రమం గురించి తెలుసుకున్నాడు. 1953 కల్లా ఇన్సులిన్ అణువులో మొత్తం అమినో ఆసిడ్ల అమరిక అంతా తెలిసిపోయింది.

పై విధానం ఎంత విలువైనదో అమెరికన్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త విన్సెంట్ దు విన్యో (1901 - 1978) త్వరలోనే నిరూపించాడు. ఆక్సిటోసిన్ (oxytocin) అనే ఓ చిన్న ప్రోటీన్ మీద సాంగర్ పద్ధతిని ప్రయోగించాడు. ఈ ఆక్సిటోసిన్ కేవలం ఎనిమిది అమినో ఆసిడ్లే గల ఒక హార్మోన్. ఒక సారి ఆ ప్రోటీన్ లో ఉన్నది ఎనిమిదే అమినో ఆసిడ్లని తెలిశాక, వాటి వరుసక్రమం తెలిశాక, ఆ అమినో ఆసిడ్లు సరైన స్థానాలలో గల ప్రోటీన్ ని కృత్రిమంగా సంయోజించడానికి వీలయ్యింది. ఆ ప్రయత్నం 1954 లో జరిగింది. అలా సృజించబడ్డ ఆక్సిటోసిన్ అన్ని విధాలుగా సహజ ఆక్సిటోసిన్ ని పోలి వుంది.



ఆక్సిటోసిన్ లో ఉండే అమినో ఆసిడ్లు

సాంగర్ సాధించిన అద్భుత విశ్లేషణా విజయం, విన్యో సాధించిన అద్భుత సంయోజనా విజయం - ఈ రెండూ విజయాలు ఆ తరువాత మరెన్నో ఇతర ప్రోటీన్ల విషయంలో సాధ్యమయ్యాయి. 1960 లో రైబో న్యూక్లియేజ్ (ribonuclease) అనే ఎంజైమ్ లోని అమినో ఆసిడ్ల అమరిక తెలుసుకోబడింది. ఆ అణువులో 124 అమినో ఆసిడ్లు ఉన్నాయి. ఇన్సులిన్ అణువులో ఉన్న అమినో ఆసిడ్ల సంఖ్యకి

రెండున్నర రెట్లు అన్న మాట. అంతేకాక రైబో న్యూక్లియేజ్ యొక్క శకలాలని కృత్రిమంగా సంయోజించి ఆ శకలాలకి కూడా ఎంజైమ్ ని పోలిన ప్రభావం ఉందోలేదో పరీక్షించారు. ఈ రకమైన విశ్లేషణతో 12, 13 స్థానాలలో ఉండే అమినో ఆసిడ్లు (అవి హిస్టీన్, మరియు మెథియోనిన్) ఆ అణువు యొక్క మూల ప్రభావానికి చాలా కీలకం అని తేటతెల్లం అయ్యింది. ఒక ఎంజైమ్ దాని పని అది ఎలా చేస్తుందో తెలుసుకోడంలో ఇది చాలా పెద్ద మెట్టు.

ఆ విధంగా శాస్త్రవిజ్ఞానం అభివృద్ధి చెందుతుంటే, ఇరవయ్యవ శతాబ్దం నడిమి కాలంలో ప్రోటీన్ల గురించిన అవగాహన వేగంగా పురోగమించింది.

అధ్యాయం 14

అణుజీవశాస్త్రం: న్యూక్లీక్ ఆసిడ్

వైరస్ లు – జన్యువులు

ఆ విధంగా ప్రోటీన్ క్రమంగా వశపడుతుంటే ఉన్నట్లుండి మరో కొత్త రసాయనం రంగప్రవేశం చేసి "జీవరసాయనం" అనే ప్రతిష్ఠ తనకి చెందుతుంది అంటూ ఆ పదవిని ప్రోటీన్ నుండి కాజేసింది! జల్లించదగ్గ వైరస్ లని శోధించడం కోసం మొదలెట్టిన ఓ పరిశోధనా ప్రయత్నంలో ఈ కొత్త రసాయనం యొక్క ప్రాముఖ్యత గురించి మొట్టమొదట తెలిసొచ్చింది.

ఆ రకమైన వైరస్ యొక్క తత్వం ఏమిటో ఓ పూర్తి తరం పట్టుబడలేదు. దాని వల్ల వ్యాధులు సంభవిస్తాయని తెలుసు. ఆ వ్యాధులకి చికిత్స చెయ్యడానికి ఎన్నో పద్ధతులు కనిపెట్టారు. ఆ విధంగా దాని ప్రభావం గురించి తెలిసింది గాని, అసలు అదేమిటో దాని తీరుతెన్నులు ఏమిటో పెద్దగా అర్థం కాలేదు.

తదనంతరం మరింత సూక్ష్మమైన ఫిల్టర్ లని రూపొందించారు. వాటితో వడపోసినప్పుడు వాటి లోంచి వైరస్ లు కూడా దూరగలిగేవి కావు. వాటిని బట్టి వైరస్ రేణువుల పరిమాణం పట్ల కొంత అవగాహన కలిగింది. వైరస్ లు అతి చిన్న కణాల కన్నా చిన్నవే అయినా, అతి పెద్ద ప్రోటీన్ల కన్నా కూడా చాలా పెద్దవని ఆ విధంగా తెలిసింది. వైరస్ లు కణాలకి, అణువులకి మధ్యంతరమైన పరిమాణం గలవని తెలిసింది.

చివరికి ఎలక్ట్రాన్ మైక్రోస్కోప్ సహాయం వల్ల వాటి అసలు గుట్టు రట్టయ్యింది. వాటిని ఒక వస్తువుగా స్పష్టంగా చూడడానికి వీలయ్యింది. పరిమాణంలో వాటిలో కూడా ఎంతో తారతమ్యం వుందని త్వరలోనే అర్థమయ్యింది. కొన్ని వైరస్ లు కాస్త పెద్ద ప్రోటీన్ల కన్నా మరి కాస్త పెద్దవైన చిన్న చుక్కలు. మరి కొన్ని వైరస్ లు విశాలమైన అంతరంగ నిర్మాణం గల జ్యామితిక రూపాలు. పెద్ద వైరస్ లకి చెందిన ఒక వైరస్ ల జాతి బాక్టీరియో ఫేజ్ (bacteriophages) లు. అతి సూక్ష్మమైన బాక్టీరియాలని భక్షించి బతికే వైరస్ లు ఇవి. వాటిలో కొన్ని చిరుకప్పలలా (tadpole) తోకలు కలిగి వుంటాయి. వైరస్ ల కన్నా పెద్దవి, మామూలుగా కనిపించే బాక్టీరియాలలో అతి చిన్న బాక్టీరియాల కన్నా చిన్నవి అయిన రికెట్సియా (Rickettsia) అనే సూక్ష్మక్రిములు ఉన్నాయి. (రికెట్స్ అనే శాస్త్రవేత్త గౌరవార్థం ఈ వ్యాధికి ఆ పేరు పెట్టారు. ఈ రకమైన సూక్ష్మక్రిముల వల్ల రాఖీ కొండ జ్వరం అనే వ్యాధి సంక్రమిస్తుంది.)

అప్పుడొక ముఖ్యమైన ప్రశ్న తలెత్తింది. అతి చిన్న కణాలకి, అతి పెద్ద అణువులకి మధ్యస్థంగా ఉండే ఈ ప్రత్యేక కోవకి చెందిన జీవాలు, నిజంగా అసలు ప్రాణం వున్న జీవాలేనా? అవి సజీవమైనవి కావు అనిపించే ఓ వాస్తవం 1935 లో బయటపడింది. అమెరికన్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త వెండెల్ మెరెడిత్ స్టాన్లే (1904 - 1971) పొగాకు మొజాయిక్ వైరస్ తో పని చేస్తూ వాటితో కూడుకున్న సన్నని సూదుల్లాంటి స్ఫటికాలని తయారుచెయ్యగలిగాడు. ఆ స్ఫటికలోని పదార్థానికి వైరస్ లాగానే ఇన్ఫెక్షన్ కలిగించే లక్షణాలన్నీ ఉన్నట్టు తెలిసింది. పైగా అధిక సాంద్రతతో వైరస్ ఎలాంటి ప్రభావం చూప్పిస్తుందో ఆ స్ఫటిక కూడా అదే ప్రభావం చూపించింది. ఆ విధంగా స్ఫటిక రూపంలో ఉండే వైరస్, లేదా సజీవమైన స్ఫటిక సాధ్యమేనని శాస్త్రవేత్తలు ఒప్పుకోవలసి వచ్చింది. స్ఫటిక లాంటి జీవరహితంగా కనిపించే పదార్థంలో జీవం ఉందని ఒప్పుకోవడం సులభం కాలేదు.

వైరస్ స్ఫటిక సజీవమని అనుకుంటే, కణ సిద్ధాంతాన్ని తిరగ రాయవలసి వస్తుంది. కణాలు అవిభాజ్యమైన జీవకణికలు అనుకోవడం ఇక కుదరదు. వైరస్ లు కణాల కన్నా చాలా చిన్నవి. అంతే కాక ఎట్టి పరిస్థితుల్లోనూ కూడా కణంలో స్వతంత్రంగా బతికే సామర్థ్యం వాటికి లేదు. అయినా అవి కణాల లోకి చొరబడగలవు. ఒక సారి కణాలలోకి చేరాక అక్కడ వాటంతకి అవి ద్విగుణీకృతం చెంది, సజీవమైన వస్తువులాగే ప్రవర్తిస్తాయి.

ఈ సంధిగ్ధం లో నుండి మరో ప్రతిపాదన పుట్టింది. కణంలో ఉండే జీవనసారం అంతా అందులో ఓ ప్రత్యేక కణ విభాగంలో దాగి వుందేమో? ఆ విభాగమే కణంలోని మొత్తం యంత్రాంగాన్ని నడిపిస్తోందేమో? కణంలోని ఆ ముఖ్య విభాగం కణం నుండి వేరుపడగా ఏర్పడిన వస్తువే వైరస్ యేమో? అందుకేనేమో వైరస్ లు కణంలోకి చొరబడి నిజంగా తమ సొంతిల్లు వంటి కణాన్ని ఆక్రమించే అదను కోసం ఎప్పుడూ ఎదురుచూస్తూ ఉంటాయేమో?

అదే నిజమైతే అలాంటి అంశాలు మామూలు కణాలలో కూడా సామాన్యంగా ఉండి తీరాలి. కణంలో మనకి తెలిసిన అంశాలలో వైరస్ లని పోలిన లక్షణాలు కల అంశాలు క్రమోసోములే నని అనుకోవలసి వుంటుంది. అనువంశికతకి సంబంధించిన భౌతిక లక్షణాలు ఒక తరం నుండి మరో తరానికి మోసుకు పోయేవి క్రోమోసోమ్లే నని ఇరవయ్యవ శతాబ్దపు మొదటి దశలోనే స్పష్టమైపోయింది. కణంలో తక్కిన కణాంగాలని (organelles) నియంత్రించగల ముఖ్యమైన కణాంగం ఉంటూ ఏదైనా ఉంటే అది క్రమోసోమే ననిపిస్తుంది. కాని చిక్కు ఏమిటంటే క్రమోసోమ్ వైరస్ కన్నా పరిమాణంలో చాలా పెద్దది.

ఆ రోజుల్లో క్రోమోసోమ్ ల అంతరంగ నిర్మాణం గురించి పెద్దగా తెలిసింది కాదు. క్రోమోసోమ్ ల ద్వార అనాకానేక అనువంశిక లక్షణాలు అలవడతాయి కనుక ప్రతీ క్రోమోసోమ్ లోను ఒకొక్క అనువంశిక లక్షణానికి సంబంధించిన ఒక ప్రత్యేక అంశం ఉండాలని అనుకున్నారు. అలాంటి అంశాలు పెద్ద సంఖ్యలో,

బహుశా వేలలో ఉండొచ్చు అనుకున్నారు. ఆ వ్యక్తిగత అంశాలకే “genes” (జన్యువులు) అని పేరు పెట్టారు. ఆ పేరు పెట్టినవాడు డేనిష్ వృక్షశాస్త్రవేత్త విల్హెల్మ్ లూడ్విక్ యోహాంసెన్ (1857 - 1927). ఈ ‘జీన్’ అనే పదం “జన్మను ఇచ్చేది” అనే అర్థం గల గ్రీకు పదం నుండి వచ్చింది.

ఇరవయ్యవ శతాబ్దపు మొదటి దశాబ్దాలలో వ్యక్తిగత వైరస్ కి మల్లె, వ్యక్తిగత జీన్ ని చూడడానికి సాధ్యపడలేదు. కాని వ్యక్తిగత జీన్ ల ప్రభావాన్ని మాత్రం అద్భుతంగా శోధించడానికి వీలయ్యింది. అలాంటి శోధనకి కావలసిన ముఖ్యమైన ఉపకరణాన్ని అమెరికన్ జన్యువేత్త (geneticist) థామస్ హంట్ మార్గన్ (1866 - 1945) 1907 లో ప్రవేశపెట్టాడు. ఆ ఉపకరణం ఒక ప్రత్యేకమైన ఈగ జాతి. దాని పేరు fruit fly (పళ్ల ఈగ). దాని శాస్త్రనామం Drosophila Melanogaster (డ్రోసొఫైలా మెలనోగాస్టర్). ఇది చాలా చిన్న పురుగు. వాటిని సులభంగా పోషించి సంఖ్యని పెంచడానికి వీలవుతుంది. పైగా దాని కణాలలో కేవలం నాలుగు జతల క్రోమోసోమ్ లు మాత్రమే ఉంటాయి.

థామస్ హంట్ మార్గన్

అరటి పండు తింటున్న డ్రోసొఫైలా దోమ

ఈ పళ్ల ఈగలని కొన్ని తరాలుగా అనుసరిస్తూ వాటిలో ఎన్నో ఉత్పరివర్తనలు (mutations) జరుగుతుంటాయని మార్గన్ గమనించాడు. లోగడ డీవ్రీస్ వృక్షప్రపంచంలో కనుక్కున్న ఉత్పరివర్తనల వంటివే మార్గన్ జంతు ప్రపంచంలో గుర్తించాడు. అంతేకాక ఎన్నో ఉత్పరివర్తనలు ఒక దానితో ఒకటి అనుసంధానమై ఉన్నాయని నిరూపించాడు. అంటే అవి కలిసికట్టుగా ఒక తరం నుండి తదుపరి తరానికి సంక్రమిస్తాయి. దాన్ని బట్టి ఆ లక్షణాలకి సంబంధించిన జన్యువులు ఒకే క్రోమోసోమ్ మీద ఉండొచ్చని ఊహించడానికి వీలవుతుంది. ఆ మొత్తం క్రోమోసోమ్ పై తరం నుండి కింది తరానికి చేరుతుంది.

అయితే అలా అనుసంధానమైన లక్షణాలు శాశ్వతంగా ఒక దానితో ఒకటి ముడిపడి ఉన్నాయని కాదు. కొన్ని సందర్భాలలో ఒకటి లేకుండా రెండవ లక్షణం సంక్రమించడం కనిపిస్తుంది. దానికి కారణం ఏంటంటే తల్లిదండ్రుల నుండి వచ్చే క్రోమోసోమ్ ల జంటలలో కొన్ని విభాగాలు తారుమారు అవుతాయి. ఆ ప్రక్రియనే crossover అంటారు. అది జరిగినప్పుడు క్రోమోసోమ్ యొక్క సమగ్రత భంగపడినట్టు అవుతుంది.

అలాంటి ప్రయోగాల సహాయంతో ఒక క్రోమోసోమ్ మీద ఒక జీన్ కచ్చితంగా ఏ స్థానంలో వుందో తెలుసుకోడానికి వీలయ్యింది. క్రోమోసోమ్ మీద రెండు జీన్ల మధ్య దూరం ఎంత ఎక్కువ అయితే, రెండు క్రోమోసోమ్ ల మధ్య crossover జరిగినప్పుడు ఆ రెండు జీన్లు వేరు పడే ఆస్కారం అంత ఎక్కువ అవుతుంది. రెండు అనుసంధిత లక్షణాలు ఎంత తరచుగా వేరు పడతాయో లెక్కపెట్టడం ద్వార, క్రోమోసోమ్ ల మీద వాటి మధ్య దూరం ఎంతో తెలుసుకోడానికి వీలవుతుంది. 1911 కల్లా పళ్ల ఈగలకి సంబంధించిన మొట్టమొదటి "క్రోమోసోమ్ మ్యాప్" లు చిత్రించబడ్డాయి.

మార్గన్ శిష్యులలో ఒకడైన అమెరికన్ జన్యువేత్త హర్మన్ జోసెఫ్ ముల్లర్ (1890 - 1967) ఉత్పరివర్తనలు మరింత వేగంగా జరిగేలా చెయ్యడానికి విధానాల కోసం గాలించాడు. 1919 లో అతడు ఉష్ణోగ్రత పెంచితే ఉత్పరివర్తనల వేగం పెరుగుతుందని గమనించాడు. జన్యువులని కేవలం "కలియబెట్టడం" వల్ల ఉత్పరివర్తనలు జరగడం లేదని కూడా అతడు గుర్తించాడు. ఉత్పరివర్తన జరిగినప్పుడు ఒక క్రోమోసోమ్ మీద ఒక జీన్ దెబ్బ తిన్నా, దాని జంట క్రోమోసోమ్ మీద ఉండే జంట జీన్ మాత్రం యదాతథంగా ఉండిపోతుందని కూడా గమనించాడు. ఇలాంటి మార్పులన్నీ అణు స్థాయిలో జరుగుతూ ఉండొచ్చని ముల్లర్ ఊహించాడు.

కాబట్టి అలాంటి మార్పులని కృత్రిమంగా కలిగించడానికి ఎక్స్ – రే లని వాడి చూశాడు. మామూలుగా పదార్థాన్ని వెచ్చజేసినప్పుడు పుట్టే శక్తి కన్నా ఎక్స్ – రే లు మరింత శక్తివంతమైనవి. 1926 లో ఎక్స్ – రే లు ప్రసరించడం వల్ల ఉత్పరివర్తనల వేగం అమితంగా పెరుగుతుందని నిరూపించాడు ముల్లర్. అమెరికన్ వృక్షశాస్త్రవేత్త ఆల్బర్ట్ ఫ్రాన్సిస్ బ్లేక్స్ లీ (1874 - 1954) ఈ దిశలో మరింత ముందుకు వెళ్లాడు. కొన్ని ప్రత్యేక రసాయనాలని ప్రయోగించి ఉత్పరివర్తనల వేగాన్ని పెంచొచ్చని 1937 బ్లేక్స్ లీ నిరూపించాడు. అలాంటి రసాయనాలని ఉమ్మడిగా mutagens (అంటే ఉత్పరివర్తనలని కలిగించేవి అని అర్థం) అంటారు. అలాంటి రసాయనాలకి ఓ ముఖ్యమైన ఉదాహరణ కోల్చిసిన్ (colchicin). ఈ రసాయనం autumn crocus అనే మొక్క లోనుండి తీయబడ్డ ఒక ఆల్కలాయిడ్.

ఆ విధంగా 1930 ల నడిమికాలానికల్లా వైరస్ లకి, జన్యువులకి సంబంధించిన ఎన్నో చిక్కు ముళ్లు విడుతూ వచ్చాయి. రెండూ ఇంచుమించు ఒకే పరిమాణం గల అణువులే. రసాయన తత్వంలో కూడా రెండిటికీ మధ్య ఎంతో పోలిక వుంది. కణం లోపల ఒదిగి ఉండే సాధు వైరస్ లే జన్యువులా? కణం నుండి బయటపడి వీరంగం చేసే జన్యువులే వైరస్ లా?

డీ. ఎన్. ఏ. ప్రాముఖ్యత

వైరస్ లని స్ఫటికీకరించిన తరువాత వాటిని రసాయనికంగా విశ్లేషించడానికి సాధ్యపడింది. అవి ప్రోటీన్లే గాని ఒక ప్రత్యేక కోవకి చెందిన ప్రోటీన్లు. వాటిని న్యూక్లియో ప్రోటీన్లు (nucleoproteins) అంటారు. స్టెయినింగ్ విధానాల సహాయంతో వ్యక్తిగత కణాంగాల రసాయనిక తత్వాన్ని కూడా శోధించడానికి వీలయ్యింది. క్రోమోసోమ్ లు కూడా (అంటే వాటిలో ఉండే జన్యువులు కూడా) న్యూక్లియో ప్రోటీన్లే నని తెలిసింది.

న్యూక్లియో ప్రోటీన్ లలో ప్రోటీన్ అంశంతో పాటూ ఫాస్ఫరస్ కలిగిన మరో పదార్థం కూడా ఉంటుంది. దాన్ని న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ అంటారు. వీటిని 1869 లో స్విస్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త ఫ్రెడెరిక్ మైషర్ (1944 - 1895) మొట్టమొదట కనుక్కున్నాడు. కణం యొక్క కేంద్రకం (nucleus)లో ఉంటాయి కనుక వాటికి ఆ పేరు వచ్చింది. ఆ తరువాత అవి కణంలో కేంద్రకానికి బయట కూడా దొరుకుతాయని తెలిసింది. కాని అప్పటికే అందరికీ ఆ పేరు అలవాటు కావడంతో ఆ పేరే నిలిచింది.

న్యూక్లీక్ ఆసిడ్లని మొట్టమొదట సవివరంగా అధ్యయనం చేసినవాడు జర్మన్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త ఆల్బ్రెక్ట్ కొస్సెల్ (1853 - 1927). 1880 లలో అతడు న్యూక్లీక్ ఆసిడ్లని మరింత చిన్న మూలాంశాలుగా బద్దలు కొట్టాడు. వాటిలో ఫాస్ఫారిక్ ఆసిడ్ వుంది. తనకి తెలియని ఒక కొత్తరకమైన చక్కెర అణువు కూడా వుంది. ఇవి కాకుండా మరి రెండు రసాయన సంయోగాలు ఉన్నాయి. అవి ప్యూరీన్ లు (purines) అనే కోవకి చెందిన సంయోగాలు. వాటిలో రెండు పరమాణు వలయాలు ఉంటాయి. ఆ వలయాలలో నాలుగు నైట్రొజెన్ లు ఉంటాయి. ఆ రెండు సంయోగాలకి కొస్సెల్ "అడెనిన్" (adenine) మరియు "గువనిన్" (guanine) అని పేర్లు పెట్టాడు. వాటిని క్లుప్తంగా ఇంగ్లీష్ అక్షరాలు A, G లతో సూచిస్తారు. ఇవి గాక మూడు పిరమిడిన్ (pyramidine) లని కూడా కనుక్కున్నాడు. వాటిలో ఒకే పరమాణు వలయం ఉంటుంది. అందులో రెండు నైట్రోజెన్ లు ఉంటాయి. ఆ మూడింటికి అతడు సైటోసిన్ (cytosine), థైమిన్ (thymine), యురసిల్ (uracil) అని పేర్లు పెట్టాడు. వాటిని C, T, U అక్షరాలతో సూచిస్తారు.

1920లు, 1930 లలో రష్యన్ – అమెరికన్ రసాయనవేత్త ఫెబస్ ఏరన్ థియోడోర్ లెవీన్ (1869 - 1940) ఈ వ్యవహారాన్ని మరింత ముందుకు తీసుకెళ్లాడు. ఒక న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ అణువులో లో ఒక ఫాస్ఫారిక్ ఆసిడ్ అణువు, ఒక చక్కెర అణువు, ఒక ప్యూరీన్ గాని ఒక పిరమిడిన్ గాని కలగలిసిన

మూడు విభాగాల అణువు ఉంటుందని అతడు కనుక్కున్నాడు. దానికి న్యూక్లియోటైడ్ (nucleotide) అని పేరు పెట్టాడు. ప్రోటీన్లు ఏ విధంగా అయితే అమినో ఆసిడ్ల నిర్మాణాలో, న్యూక్లియోటైడ్ ల గొలుసుకట్టు నిర్మాణాలే న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ లు. ఒక న్యూక్లియోటైడ్ లోని ఫాస్ఫొరిక్ ఆసిడ్ ని, దాని పక్కనే ఉండే న్యూక్లియోటైడ్ లోని చక్కెర అంశంతో ముడివేయడం వల్ల గొలుసుకట్టు ఏర్పడుతోంది. ఆ విధంగా న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ కి వెన్నెముకగా నిలిచే ఒక "చక్కర – ఫాస్ఫేట్ వెన్నెముక" (sugar-phosphate backbone) ఏర్పడుతుంది. ఆ వెన్నెముక మీదుగానే వివిధ ప్యూరీన్ లు, పిరమిడిన్ లు అమరి వుంటాయి.

న్యూక్లీక్ ఆసిడ్లలో ఉండే చక్కెర అణువులని శోధించి అవి రెండు రకాలని లెవీన్ నిరూపించాడు. వాటిలో ఒకటి రైబోస్ (ribose), రెండవది డీయాక్సీ రైబోస్ (deoxyribose). సామాన్యమైన చక్కెరలలో ఆరు కార్బన్ లు ఉంటే, రైబోస్ లో కేవలం ఐదే ఉంటాయి. ఇది ఇంచుమించు రైబోస్ వంటిదే గాని ఇందులో ఒక ఆక్సిజన్ అణువు తక్కువగా ఉంటుంది. ఒక న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ అణువులో ఏదో ఒక రకం చక్కెర మాత్రమే ఉంటుంది. అలా రెండు రకాల న్యూక్లీక్ ఆసిడ్లు ఏర్పడతాయి. ఒకటి రైబో న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ (ribonucleic acid, RNA), రెండవది డీఆక్సీ రైబో న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ (deoxyribonucleic acid, DNA). ఒక న్యూక్లీక్ ఆసిడ్లో కేవలం నాలుగు రకాల ప్యూరీన్ లు, పిరమిడీన్ లు మాత్రమే ఉంటాయి. DNA లో

యురాసిల్ ఉండదు. కేవలం A, T, G, C లు మాత్రమే ఉంటాయి. అలాగే RNA లో థైమిన్ ఉండదు. A, T, G, U లు మాత్రమే ఉంటాయి.

వివిధ న్యూక్లియో టైడ్ లని వాస్తవంలో సంయోజిస్తూ స్కాటిష్ రసాయన శాస్త్రవేత్త అలెక్సాండర్ రాబర్టస్ టాడ్ (1907 - 1997) 1940 లలో లెవీన్ చేసిన విశ్లేషణ సరైనదే నని నిర్ధారించాడు.

జీవరసాయన శాస్త్రవేత్తలు మొదట్లో న్యూక్లీక్ ఆసిడ్లకి అంత ప్రాముఖ్యత నివ్వలేదు. ప్రోటీన్ అణువుతో పాటు సామాన్యంగా ప్రోటీన్ కాని ఎన్నో ఇతర సహకార అణువులు – చక్కెరలు, కొవ్వులు, లోహం కలిసిన గుంపులు, విటమిన్లు కలిసిన గుంపులు మొదలైనవి – కలిసి ఉంటాయి. అలాంటి సందర్భాలలో ప్రోటీనే ముఖ్య భాగం అని అనుకునేవారు. మిగతా అంశాలని చిల్లర అంశాలుగానే పరిగణించేవారు. క్రోమోసోమ్ లలోను, వైరస్ లలోను కూడా న్యూక్లియో ప్రోటీన్లు ఉంటాయి. కాని అందులోని న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ ని తక్కువ స్థాయికి చెందిన సహాయక అణువుగా పరిగణిస్తూ, ప్రోటీన్ ని ముఖ్య అణువుగా పరిగణించేవారు.

అయితే 1890 లలో కొస్సెల్ కొన్ని సూచనలు చేశాడు. వాటి విలువేమిటో ఆ తరువాత ఎంతో కాలానికి గాని తెలియలేదు. శుక్రకణాలలో నిండుగా దట్టించబడ్డ క్రోమోసోమ్ లు ఉంటాయి. తండ్రి నుండి పిల్లలకి చేరవలసిన అనువంశిక లక్షణాలకి సంబంధించిన “ఆదేశాలు” అన్నీ ఆ క్రోమోసోమ్ లలో ఉంటాయి. మామూలు ధాతువులలో ఉండే కణాలతో పోలిస్తే, శుక్రకణాలలో చాలా సరళమైన ప్రోటీన్ లు ఉంటాయని కొస్సెల్ గుర్తించాడు. కాని న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ మాత్రం మామూలు ధాతువులలో ఉన్నట్లే ఉంది. దీన్ని బట్టి చూస్తే అనువంశికత చెందిన ఆదేశాలన్నీ శుక్రకణం లోని న్యూక్లీక్ ఆసిడ్లో ఉండి ఉంటాయని, ప్రోటీన్ లలో కాదని అనిపించింది. కొస్సెల్ అదే సూచించాడు.

కాని ఆనాటి జీవరసాయన శాస్త్రవేత్తలు పట్టించుకోలేదు. ప్రోటీన్ అణువుల పట్ల వాళ్ల మనసుల్లో కుదురుకున్న విశ్వాసం అలాంటిది. దీనికి తోడు 1930 లలో న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ అణువులు చాలా చిన్న అణువులని (ఒక్కొక్క దాంట్లో కేవలం నాలుగే న్యూక్లియో టైడ్ లు ఉంటాయి), కాబట్టి అవి అనువంశిక సందేశాలని మోయలేవని అనిపించే ఆధారాలెన్నో బయటపడ్డాయి.

పరిస్థితులు ఇలా ఉండగా 1944 లో కథ ఓ మలుపు తిరిగింది. అమెరికన్ బాక్టీరియాలజిస్ట్ ఆస్వాల్డ్ థియొడోర్ అవెరీ (1877 - 1955) నేతృత్వంలో పని చేసిన ఒక వైజ్ఞానిక బృందం న్యూమో కాకై (pneumococci) (ఇది న్యుమోనియా కలిగించే ఒక రకమైన బాక్టీరియా) బాక్టీరియాకి చెందిన ఒక strain మీద పరిశోధనలు జరిపారు. వాటిలో కొన్ని strains కి నునుపైన పై తొడుగు ఉండడం కనిపించింది. వాటిని S అక్షరంతో సూచించారు (S = smooth). తక్కిన వాటిలో అలాంటి పై తొడుగు లేదు. వాటి ఉపరితలాలు గరుగ్గా ఉన్నాయి. వాటిని R అక్షరంతో సూచించారు (R = rough).

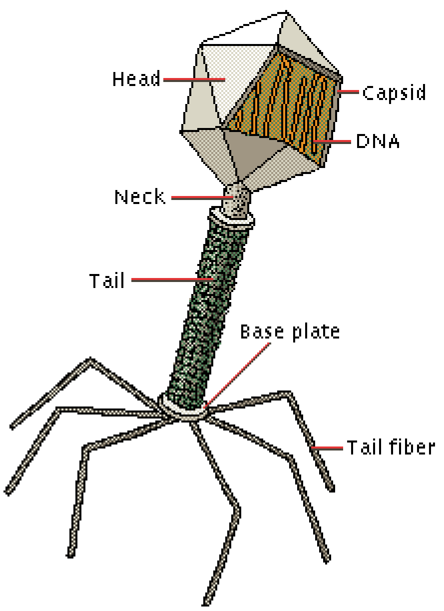
R strain లో పై తొడుగుని సంయోజించగల సామర్థ్యం లేదని తరువాత తెలిసింది. కాని S strain కలిగిన కాషాయాన్ని (extract) R strain ఉన్న పదార్థంతో కలిపితే ఆ మిశ్రమం మొత్తం S strain పదార్థంగా మారిపోయింది. R strain బాక్టీరియాల మీద పై తొడుగు పుట్టించే సామర్థ్యం ఆ కాషాయంలో లేదు. అయితే ఆ కాషాయంలో ఉండే ఏదో అంశం R strain బాక్టీరియాలలో వాటికవే పైతొడుగు తయారుచేసుకోగల సామర్థ్యాన్ని కలుగజేస్తున్నాయి. బాక్టీరియా భౌతిక లక్షణాలని మార్చడానికి అవసరమైన జన్యు సమాచారం ఆ కాషాయంలో వుంది. ఇంతకీ ఆ కాషాయంలో ఏవుందో తెలుసుకోడానికి దాని మీద రసాయనిక విశ్లేషణ జరిపారు. అప్పుడు బయటపడ్డ నిజాలకి శాస్త్రలోకం

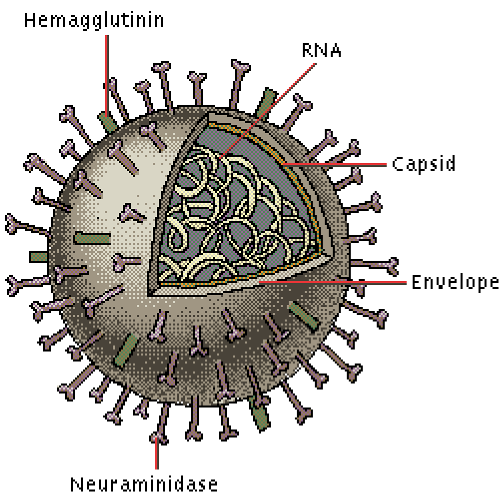
నిర్ఘాంతపోయింది. ఆ కాషాయంలో ఉన్నది కేవలం న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ ద్రావకం మాత్రమే. అందులో ప్రోటీన్ అంశం లేశమైనా లేదు.

ఈ సందర్భంలో మాత్రం జన్యు పదార్థం న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ మాత్రమే నని తెలిసింది. ఆ నాటి నుండి జీవన సారమైన పదార్థం న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ అన్న గుర్తింపు ఏర్పడింది. 1944 లోనే కాగితపు క్రొమటోగ్రఫీ విధానం శాస్త్రలోకానికి పరిచయం అయ్యింది. జీవశాస్త్ర చరిత్రలో అతి ముఖ్యమైన సంవత్సరాలలో 1944 ఒకటని నిశ్చయంగా చెప్పొచ్చు. దాన్ని పోలిన మరో సంవత్సరం 1859. ఆ ఏటే డార్విన్ రాసిన The Origin of Species పుస్తకం ప్రచురితం అయ్యింది.

1944 నుండి ఈ కొత్త న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ సిద్ధాంతం క్రమంగా వేళ్లూనుతూ, తగిన శాస్త్ర ఆధారాల చేత సమర్థించబడుతూ వచ్చింది. కొత్త సిద్ధాంతాన్ని బలపరిచే ఆధారాలు వైరస్ పరిశోధనలలో బయటపడ్డాయి. వైరస్ ల చుట్టూ ఉండే పై తొడుగు ప్రోటీన్ తో చెయ్యబడిందని, లోపల డొల్లగా ఉండే భాగంలోని పదార్థం న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ అని తెలిసింది. జర్మన్ – అమెరికన్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త హైంజ్ ఫ్రెంకెల్ కోన్రాట్ (1910 - 1999) 1955 లో వైరస్ లోని ఆ రెండు అంశాలని వేరు చేసి మళ్లీ ఎలా

కలపాలో చూపించాడు. ప్రోటీన్ అంశం వల్ల వ్యాధి సోకలేదు. అని మృతపదార్థం కిందే లెక్క. న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ దానికదే ఇన్ఫెక్షన్ కలిగించగల లక్షణాలు ప్రదర్శించింది. కాని ప్రోటీన్ అంశం కలిస్తేనే దాని సామర్థ్యం పూర్తి స్థాయిలో ఉంటుందని తెలిసింది.





వైరస్ చుట్టూ ప్రోటీన్ తో చెయ్యబడ్డ పై తొడుగు, లోపల ఉండే డీ.ఎన్.ఏ.

అదే విధంగా రేడియో ధార్మిక ఐసోటోప్ లతో చేసిన కృషి వల్ల, బాక్టీరియో ఫేజ్ లు బాక్టీరియా కణాల మీద దాడి చేసినప్పుడు, వాటి లోని న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ అంశం మాత్రమే కణంలోకి ప్రవేశిస్తుందని తెలిసింది. కణంలోకి ప్రవేశించిన న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ అణువు దాన్ని పోలిన మరిన్ని న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ అణువులని ఉత్పత్తి

చేసింది (అవి స్థానికంగా కణంలో ముందే ఉన్న న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ అణువుల వంటివి కావు). అలాగే దాని ప్రోటీన్ అణువులు వాటిని పోలిన మరిన్ని ప్రోటీన్ అణువులని ఉత్పత్తి చేసి వాటితో కొత్త తొడుగుని తయారుచేశాయి. అలా కొత్తగా తయారైన ప్రోటీన్ అణువులు స్థానికంగా కణంలో ఉండే ప్రోటీన్ అణువులలా లేవు. ఈ ఆధారాలన్నీ కలిపి చూస్తే అనువంశిక సమాచారం, అంటే జన్యు సమాచారం న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ లో ఉందని, ప్రోటీన్ లలో లేదని రూఢి అయ్యింది.

వైరస్ అణువులలో RNA, గాని DNA గాని ఉంటాయి. కొన్ని సందర్భాలలో రెండూ ఉంటాయి. కణంలో మాత్రం, ప్రత్యేకించి జన్యువులలో DNA మాత్రమే ఉంటుంది. అనువంశిక సమాచారం జన్యువులలో ఉంటుంది కనుక, మొదట్లో న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ల కి ఇవ్వబడ్డ ప్రాముఖ్యత అంతా చివరికి DNA కి దక్కింది.

న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ నిర్మాణం

అవెరీ కృషి తరువాత న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ల పరిశోధన మీద శ్రద్ధ పెరిగింది. అవి పెద్ద అణువులని త్వరలోనే తెలిసింది. మొదట్లో అవి చిన్న అణువులని అపోహ పడడానికి ఒక కారణం వుంది. అంతకు ముందు

న్యూక్లీక్ ఆసిడ్లని వెలికి తీసే విధానాలు కాస్త మోటుగా ఉండేవి. వాటి వల్ల ఆ ఆసిడ్ లోని గొలుసుకట్టు నిర్మాణాలు చిన్న చిన్న శకలాలుగా ముక్కలైపోయేవి. తదనంతరం రూపొందించబడ్డ మరింత సున్నితమైన విధానాల వల్ల న్యూక్లీక్ ఆసిడ్లు బాగా పెద్ద అణువులని, కొన్ని సందర్భాలలో ప్రోటీన్ల కన్నా పెద్దవని రూఢి అయ్యింది.

ఇలా ఉండగా ఆస్ట్రియన్ – అమెరికన్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త ఎడ్విన్ షార్గా ఫ్ (1905 - 2002) న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ అణువులని ముక్కలు చెక్కలు చేశాడు. అలా ఏర్పడ్డ మూలాంశాలని కాగితపు క్రొమటోగ్రఫీతో విశ్లేషించాడు. అలాంటి విశ్లేషణ సహాయంతో 1940 లో DNA అణువులో ప్యూరీన్ ల సంఖ్య, పిరమిడిన్ ల సంఖ్యతో సమానం అని నిరూపించాడు. ఇంకా ప్రత్యేకంగా చెప్పాలంటే అడినిన్ గుంపుల (ఇదొక ప్యూరీన్) సంఖ్య థైమిన్ గుంపుల (ఇదొక పిరమిడిన్) సంఖ్యతో సమానం అయ్యింది. అదే విధంగా గువనిన్ గుంపుల (ఇదొక ప్యూరిన్) సంఖ్య సైటోసిన్ (ఇదొక పిరమిడిన్) సంఖ్యతో సమానం. ఈ సమాచారాన్ని ఇలా వ్యక్తం చెయ్యొచ్చు. A = T, G = C.

1950 ల తొలి దశలలో, జన్మతః న్యూజీలాండ్ కి చెందిన మారిస్ హ్యూ ఫ్రెడెరిక్ విల్కిన్స్ (1916 - 2004) ఎక్స్ – రే డైఫ్రాక్షన్ పద్ధతిని DNA అణువుల మీద ప్రయోగించాడు. కేంబ్రిడ్జ్ విశ్వవిద్యాలయంలోనే విల్కింస్ సహోద్యోగులు ఇద్దరు ఆ సమాచారాన్ని విశ్లేషించచే ప్రయత్నంలోకి దిగారు. వారిలో ఒకరు బ్రిటిష్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త ఫ్రాంసిస్ హారీ కాంప్టన్ క్రిక్ (1916 - 2004). రెండవ వ్యక్తి అమెరికన్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త జేమ్స్ డువీ వాట్సన్ (1928 -).

సరిగ్గా ఆ కాలంలోనే ప్రోటీన్లు హెలిక్స్ ఆకారంలో ఉంటాయనే తన సిద్ధాంతానికి మెరుగులు దిద్దుతున్నాడు లైనస్ పాలింగ్. DNA అణువులు కూడా హెలిక్స్ ఆకారంలో ఉంటాయని అనుకుంటే విల్కిన్స్ సమాచారాన్ని చక్కగా వివరించొచ్చని క్రిక్, వాట్సన్ ల ఆలోచించసాగారు. అయితే షార్గాఫ్ యొక్క పరిశీలనలని కచ్చితంగా వివరించాలంటే వారికి జంట హెలిక్స్ కావాలి. చక్కెర – ఫాస్ఫేట్ వెన్నెముక మీదుగా విస్తరించిన రెండు న్యూక్లియోటైడ్ ల మాలికలతో కూడుకుని ఉన్న DNA ని వాళ్లు ఊహించుకున్నారు. ఆ మాలికలు రెండూ ఒక దానినొకటి పెనవేసుకుంటూ, హెలిక్స్ ఆకారంలో, ఒక సమాన అక్షం మీదుగా ఏర్పడి ఉన్నాయని ఊహించారు. DNA స్తంభం యొక్క వ్యాసం నిలువంటా సమానంగా ఉండాలంటే, కాస్త పెద్దదైన ప్యూరీన్ ఎప్పుడూ మరింత చిన్నదైన పిరమిడిన్ తో కలిసి

ఉండాలి. అంటే A ఎప్పుడూ T పక్కనే ఉండాలి. G ఎప్పూడూ C పక్కనే ఉండాలి. అలాంటి DNA అణువు షార్గాఫ్ పరిశీలనలతో చక్కగా సరిపోయింది.

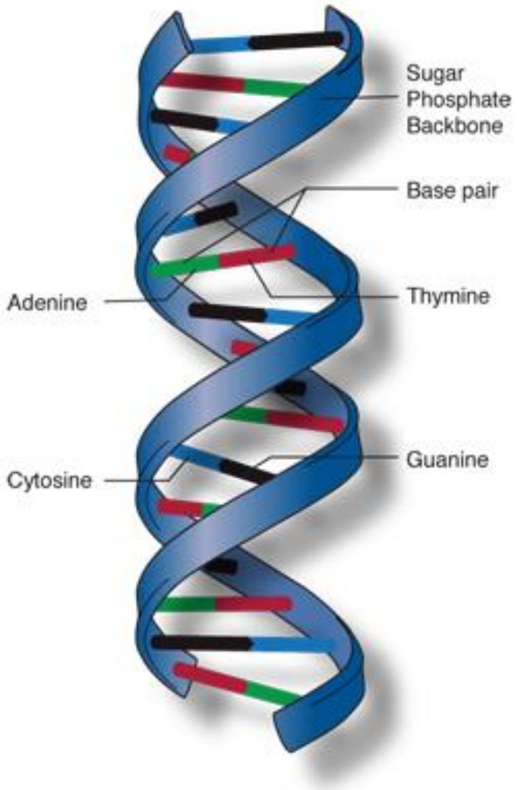
అంతేకాక కణ విభజనలో, మైటాసిస్ లో ఒక ముఖ్యమైన ఘటనకి ఇప్పుడు ఒక చక్కని వివరణ దొరికింది. క్రమోసో మ్ లు రెండుగా మారి ద్విగుణీకరణం చెందే దశ అది. (అలాగే కణంలోకి చొరబడ్డ వైరస్ ద్విగుణీకరణ ఎందుకు చెందుతుందో ఆ వివరణ తెలుపుతుంది.)

ప్రతీ DNA అణువు దానిని అది ప్రతి (replica) చేసుకుంటుంది.   ఆ ప్రక్రియ ఇలా జరుగుతుంది. ప్రతీ DNA అణువు లోను మెలికలు తిరిగిన చక్కెర – ఫాస్ఫేట్ వెన్నెముక ఉంటుంది. మొదట ఆ వెన్నెముకలోని మెలికలు పోయి ఆ వెన్నెముక తిన్నగా మారుతుంది. అప్పుడు ఆ రెండు అణువులలో ప్రతీ అణువు దాని "పరిపూరకం" (complement) యొక్క తయారీకి అవసరమయ్యే ఒక మాతృకగా (model or template) మారుతుంది. ఒక వెన్నెముకలో ఒక చోట అడెనిన్ ఉంటే, దాని పరిపూరకంలో అదే చోట థైమిన్ వస్తుంది. (లేదా థైమిన్ ఉన్న చోట అందుకు పరిపూరకంగా అడెనిన్ వచ్చి చేరుతుంది.) కణం లోపలి పరిసరాలలో ఎప్పుడూ ఉండే న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ల లో నుండి ఆ థైమిన్ ఆ

సందర్భంలో ఎంపిక చెయ్యబడుతుంది. అలాగే గువనిన్ అణువు ఉన్న చోట సైటొసిన్ అణువు వచ్చి చేరుతుంది. ఆ రెండూ తారుమారు కూడా కావచ్చు. ఆ విధంగా వెన్నెముక #1 అందుకు పరిపూరకంగా వెన్నెముక #1' ని నిర్మించుకుంటుంది. అలాగే వెన్నెముక #2 అందుకు పరిపూరకంగా వెన్నెముక #2' ని నిర్మించుకుంటుంది. ఇక్కడ వెన్నెముక #1', వెన్నెముక #2 తో సరిసమానంగా ఉంటుందని గుర్తించాలి. అలాగే వెన్నెముక #2', వెన్నెముక #1 తో సమానం అవుతుంది. అలా కొత్తగా ఏర్పడ్డ రెండు DNA అణువులు ముందటి రెండు DNA అణువులని పెనవేసుకోగా, రెండు జంట హెలిక్స్ లు ఏర్పడతాయి.

మొత్తం క్రోమోసోమ్ నిలువంటా ఈ విధంగా DNA లకి ప్రతులు తయారైతే, ఒక క్రోమోసోమ్ స్థానంలో రెండు క్రోమోసోమ్ లు వస్తాయి. వైరస్ లలో కూడా ఇదే ప్రక్రియని అనుసరిస్తూ ఒక వైరస్ స్థానంలో రెండు వైరస్ లు తయారవుతాయి. అయితే ఈ ప్రక్రియ ఎప్పుడూ దోషరహితంగా జరుగుతుందని నమ్మకం ఏమీ లేదు. ప్రతి జరిగే ప్రయత్నంలో పొరబాటు జరిగితే, కొత్తగా పుట్టిన DNA కి, దాని మాతృకకి మధ్య ఎక్కడో తేడా వస్తుంది. ఆ తేడానే ఉత్పరివర్తన (mutation) అంటాము.

పై వర్ణననే వాట్సన్ – క్రిక్ నమూనా అంటారు. ఆ నమూనా 1953 లో ప్రపంచానికి వెల్లడి అయ్యింది.



జంట హెలిక్స్ నమూనా

జెనెటిక్ కోడ్ (Genetic code)

భౌతిక లక్షణాలకి సంబంధించిన సమాచారాన్ని న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ అణువు ఒక కణం నుండి మరో కణానికి ఎలా చేరవేయగలుగుతోంది? అందుకు సమాధానం ఇద్దరు జన్యువేత్తల కృషి నుండి పుట్టింది. వాళ్లు జార్జ్ వెల్స్ బీడిల్ (1903 - 1989) మరియు ఎడ్వర్డ్ లారీ టేటమ్ (1909 - 1975). 1941 లో వీళ్లు ఇద్దరూ న్యూరో స్పోరా క్రాసా (Neurospora crassa) అనే ఒక రకమైన బూజు (mold) ని ఉపయోగించి

ప్రయోగాలు మొదలెట్టారు. అమినో ఆసిడ్లు లేని పోషక మాధ్యమంలో కూడా ఈ బూజు లోని కణాలు బతకగలుగుతాయి. ఆ బూజు కణాలు వాటికి కావలసిన అమినో ఆసిడ్లని మరింత సరళమైన నైట్రోజెన్ కలిగిన సంయోగాల నుండి తయారు చేసుకోగలుగుతాయి.

ఈ బూజు కణాల మీద ఎక్స్ – రే లని ప్రసరించినప్పుడు ఉత్పరివర్తనలు వాటిల్లుతాయి. ఉత్పరివర్తనలు జరిగిన కణాలలో కొన్ని కణాలు తమకి తాము అమినో ఆసిడ్లు అన్నీ తయారు చెసుకునే శక్తిని కోల్పోయాయి. ఉదాహరణకి అలాంటి ఒక ఉత్పరివర్తనపు కణం లైసిన్ ని తయారుచేసుకునే శక్తి కోల్పోయి ఉండొచ్చు. అలాంటి కణానికి లైసిన్ ని చుట్టూ ఉండే మాధ్యమం ద్వార సరఫరా చెయ్యాలి. ఈ అసమర్థతకి కారణం ఉత్పరివర్తన చెందిన కణాలలో ఉండే ఒక ప్రత్యేక ఎంజైమ్ ఉత్పరివర్తన చెందిన కణాలలో లేకపోవడమే.

ఈ ప్రయోగాల బట్టి టేటమ్, బీడిల్ లు ఒక నిర్ణయానికి వచ్చారు. ఒక జీన్ యొక్క ముఖ్య ప్రయోజనం ఒక ప్రత్యేక ఎంజైమ్ యొక్క నిర్మాణాన్ని పర్యవేక్షించడమే అని వాళ్లు ఊహించారు. శుక్ర కణం (sperm), అండకణం (egg) లోను ఉండే న్యూక్లీక్ ఆసిడ్లలో ఒక ప్రత్యేక ఎంజైమ్ ల కూటమి ని నిర్మించడానికి

కావలసిన సామర్థ్యం ఉంటుంది. ఆ కూటమి యొక్క తత్వమే ఆ కణం యొక్క రసాయనిక లక్షణాలని శాసిస్తుంది. కణం యొక్క రసాయనిక తత్వం మీద ఒక తరం నుండి మరో తరానికి సంక్రమించే అనువంశిక లక్షణాలు ఆధారపడి ఉంటాయి. ఆ విధంగా DNA కి భౌతిక లక్షణాలకి మధ్య సంబంధం స్పష్టమవుతుంది.

జన్యువుల నుండి ఎంజైమ్ ల తయారీలో ఎన్నో మధ్యంతర అణువులు పాలుపంచుకుంటాయని అనుకోక తప్పదు. ఎందుకంటే జన్యువులకి చెందిన DNA కణంలోని కేంద్రకంలో ఉంటుంది. మరి ప్రోటీన్ల సంయోజనం కేంద్రకం బయట జరుగుతుంది. ఎలక్ట్రాన్ మైక్రో స్కోప్ సహాయంతో కణాన్ని మరింత వివరంగా, సూక్ష్మంగా శోధించడానికి వీలయ్యింది. కణంలో ప్రోటీన్ సంయోజనం యొక్క స్థానాన్ని కచ్చితంగా నిర్ధారించడానికి వీలయ్యింది.

కణంలో పెద్ద సంఖ్యలో మైటోకాండ్రియాల కన్నా చిన్నవై, చక్కగా రూపుదేలిన కణికలు ఎన్నో కనిపిస్తాయి. వాటికి "మైక్రోసోమ్" లు అని పేరు పెట్టారు. (అంటే గ్రీకులో చిన్న వస్తువులు అని అర్థం). 1956 లో ఎలక్ట్రాన్ మైక్రోస్కోప్ తో మైక్రోసోమ్ లని క్షుణ్ణంగా అధ్యయనం చేసిన ఓ శాస్త్రవేత్త ఉన్నాడు. ఆ

రొమేనియన్ – అమెరికన్ శాస్త్రవేత్త పేరు జార్జ్ ఎమిల్ పలేడ్ (1912 - 2008). ఇతడి అధ్యయనాల వల్ల మైక్రోసోమ్ లలో RNA పుష్కలంగా ఉందని తెలిసింది. కాబట్టి తదనంతరం వాటికి “రైబోసోమ్” లు అని పేరు మార్చారు. ఈ రైబోసోములే ప్రోటీన్లని ఉత్పత్తి చేసే కర్మాగారాలని ఆ పైన తెలిసింది.

క్రోమోసోమ్ లలో ఉండే జన్యు సమాచారం రైబోసోమ్ లని చేరుకోవాలి. ఆ చేరవేసే కార్యక్రమాన్ని “దూత- RNA” (messenger - RNA) అనే ఒక రకం RNA అణువు చేస్తుంది. DNA లో ఒక భాగంలోని సమాచారాన్ని ఈ దూత-RNA తనలో నిక్షిప్తం చేసుకుని, న్యూక్లియస్ బయటికి ప్రయాణించి అక్కడ ఉండే రైబో సోమ్ కి అతుక్కుని తనలోని సమాచారాన్ని చేరవేస్తుంది. ఆ చేరవేసే (transfer చేసే) ప్రయత్నంలో మరో రకం RNA అణువులు పాత్ర వహిస్తాయి. వాటి పేరు transfer-RNA (చేరవేత – RNA). ఈ చేరవేత - RNA లని మొట్టమొదట అధ్యయనం చేసినవాడు అమెరికన్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త మహ్లోన్ బుష్ హోగ్లాండ్ (1921 - 2009). ఈ చేరవేత – RNA అణువులు ఒక ప్రత్యేకమైన అమినో ఆసిడ్ కి అతుక్కుంటాయి. అలా అతుక్కున్న అమినో ఆసిడ్ ని మోసుకుపోతూ, దూత – RNA లో ఒక ప్రత్యేక స్థానం వద్ద అతుక్కుంటాయి.

ఇక్కడ ఒక ముఖ్యమైన సమస్య ఏంటంటే ఒక ప్రత్యేకమైన చేరవేత – RNA అణువు ఒక ప్రత్యేక అమినో ఆసిడ్ కి మాత్రమే ఎలా అతుక్కుంటుందో తేల్చుకోవడం. ఒక అమినో ఆసిడ్ ఒక న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ మీద ఉండే ఒక ప్యూరీన్ కో, పిరమిడీన్ కో అతుక్కున్నట్టు ఊహించుకోవచ్చు. అలా ఒక్కొక్క అమినో ఆసిడ్

ఒక ప్రత్యేక ప్యూరీన్ కో, పిరమిడీన్ కో అతుక్కున్నట్టు ఊహించుకోవచ్చు. కాని సమస్య ఏంటంటే మొత్తం 20 అమినో ఆసిడ్లు ఉన్నాయి. కాని న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ అణువులో కేవలం నాలుగు ప్యూరీన్ లు, పిరమిడిన్ లు మాత్రమే ఉన్నాయి. కాబట్టి ఒక్కొక్క న్యూక్లియో టైడ్ కి సంబంధించి ఒక్కొక్క అమినో ఆసిడ్ ఉంటుందని అనుకోకుండా, మూడేసి న్యూక్లియోటైడ్ ల సంయోగాలకి సంబంధించి ఒక అమినో ఆసిడ్ ఉంటుందని అనుకోవలసి ఉంటుంది. (మూడు న్యూక్లియో టైడ్ లతో మొత్తం 64 సంయోగాలు ఏర్పడతాయి.)

హర్గోబింద్ ఖొరానా

మూడేసి న్యూక్లియో టైడ్ ల సంయోగాలని ఒక అమినో ఆసిడ్ తో జతకూర్చడం అనే సమస్య, 1960 లలో అతి ముఖ్యమైన జీవశాస్త్ర సమస్య, ఆ విధంగా సాధించబడింది. "జన్యు రహస్యాన్ని ఛేదించే సమస్య" గా కూడా దాన్ని పేర్కొంటారు [1]. స్పానిష్ – అమెరికన్ జీవరసాయన శాస్త్రవేత్త సెవెరో ఓచా (1905 - 1993) కూడా ఈ సమస్య మీద పని చేసి ఎంతో పురోగతి సాధించాడు.

జీవన మూలాలు

ఇరవయ్యవ శతాబ్దపు మధ్య దశలో అణు జీవశాస్త్రం సాధించిన విజయాలు యాంత్రికవాదాన్ని తారస్థాయికి తీసుకువెళ్లాయి. జన్యు శాస్త్ర ధర్మాలన్నిటినీ రసాయన ధర్మాల సహాయంతో వివరించడానికి వీలయ్యింది. ఆ రసాయన ధర్మాలు జీవపదార్థానికి, అజీవపదార్థానికి ఒకేలా వర్తిస్తాయి. వట్టి జీవప్రపంచమే కాకుండా మనో ప్రపంచం కూడా ఆ సముత్తుంగ తరంగపు తాకిడి ముందు నిలువలేని పరిస్థితి ఏర్పడింది. కొత్త విషయాలని తెలుసుకోవడం, వాటి గురించి నేర్చుకోవడం, నేర్చుకున్న దాన్ని జ్ఞాపకం పెట్టుకోవడం మొదలైన మానసిక ప్రక్రియలకి ఆధారభూతంగా ఉన్నవి కేవలం నాడి మార్గాలలో వచ్చే మార్పులే కాదు. ఆ మార్పులకీ కూడా నాడీ తీగలలోని RNA అణువుల సంయోజనం, నిర్వహణం

---

[1] జన్మతః భారతీయుడైన హర్గోబింద్ ఖొరానా జెనెటిక్ కోడ్ పరిష్కారంలో ముఖ్య పాత్ర ధరించాడు. అందుకు మన్ననగా 1968 లో అతడికి నోబెల్ పురస్కారం దక్కింది. – అనువాదకుడు.

ఆధారంగా ఉన్నాయని తెలిసింది. (ఈ వాస్తవం flatworm అనబడే ఒక సరళమైన, ప్రాథమికమైన పురుగు విషయంలో నిరూపించబడింది. ఒక flatworm ఒక విషయాన్ని నేర్చుకున్నప్పుడు, ఆ మొదటి flatworm ని తిన్న రెండవ flatworm కి మొదటి flatworm నేర్చుకున్న కౌశలాలు అబ్బుతాయి. దానికి కారణం మొదటి flatworm లో ఏర్పడ్డ RNA అణువులు రెండవ flatworm లోకి చేరడమే కావచ్చు.)

ఇక పోతే పందొమ్మిదవ శతాబ్దంలో ప్రాణవాదాన్ని సమర్థించినట్టు కనిపించిన ఒక ముఖ్యమైన సిద్ధాంతం మాత్రం ఇంకా అలాగే మిగిలింది. అప్రయత్న జీవసృష్టి (spontaneous generation) అనేది అసంభవం అని పందొమ్మిదవ శతాబ్దంలో నిరూపించబడింది. ఆ వాదనకి ఎదురులేకుండా పోయింది. అయితే ఇరవయ్యవ శతాబ్దంలో ఆ వాదనని ఎదిరించడం అంత ముఖ్యంగా అనిపించలేదు. జీవ పదార్థం జీవరహిత పదార్థం నుండి కాకపోతే, మరి ఎక్కడి నుండి వచ్చింది? అసలు జీవం ఎలా పుట్టింది? లేదంటే ఏదో పారభౌతిక శక్తి ప్రమేయం వల్ల జీవం పుట్టింది అనుకోవాలి. అది కాకపోతే ఇక మార్గాంతరం ఏమిటి?

1908 లో స్వీడిష్ రసాయనవేత్త స్వాంటే ఆగస్ట్ ఆర్హీనియస్ (1859 - 1927) పారభౌతిక శక్తుల ప్రమేయం లేకుండా జీవన మూలాల గురించి కొన్ని వివరణలు ఇచ్చాడు. అంతరిక్షంలో కొట్టుకు వచ్చిన కొన్ని బీజాంశాలు (spores) పృథ్వీ వాతావరణంలోకి ప్రవేశించినప్పుడు భూమి మీద జీవావిర్భావం జరిగింది అంటాడు ఆర్హీనియస్. ఆ ఊహాగానం ప్రకారం విశాలమైన విశ్వశూన్యంలో, కాంతి చేసే ఒత్తిడి చేత చోదించబడుతూ, అసంఖ్యాకమైన జీవరేణువులు కొట్టుకుపోతూ, మార్గమధ్యంలో తారసపడ్డ గ్రహాల మీద రాలి అక్కడ జీవన బీజాలని నాటుతుంటాయి. ఆర్హీనియస్ భావన సమస్యని కాస్త వాయిదా వేసిందంతే. దాన్ని మూలంలో పరిష్కరించలేకపోయింది. జీవం భూమి మీద పుట్టకపోయి ఉండొచ్చు. కాని అసలు మరెక్కడైన ఎలా పుట్టింది అన్న ప్రశ్న అలాగే మిగిలిపోయింది.

జీవరహిత పదార్థం నుండి జీవపదార్థం పుట్టగలదా అన్న అవకాశాన్ని మరొక్క సారి పరిశీలించవలసి ఉంటుంది. పాశ్చర్ తన ప్రయోగంలో జాడీని కాసేపే పరిశుద్ధంగా ఉంచాడు. అలా కాకుండా కొన్ని బిలియన్ల సంవత్సరాలు అలాగే నిశ్చలంగా వదిలేస్తే? అలాగే కేవలం ఒక జాడీడు ద్రావకం కాకుండా విశాల మహాసముద్రాలనే బిలియన్ల సంవత్సరాల పాటు నిశ్చలంగా వదిలేస్తే ఏం జరుగుతుంది? అంతేకాకుండా ప్రస్తుతం ఉన్న పరిస్థితులకి ఎంతో భిన్నమైన పరిస్థితులు అప్పట్లో సముద్రాలలో ఉంటే ఏం జరుగుతుంది?

ఇన్ని యుగాలుగా జీవానికి ఆధారభూతమైన రసాయనాలలో పెద్దగా మార్పు వచ్చి ఉండకపోవచ్చు. మార్పు పెద్దగా రాలేదు అనుకోడానికే ఎక్కువ దాఖలాలు ఉన్నాయి. కోట్ల సంవత్సరాల నాటి శిలీంధ్రాలలో కూడా చిన్న మోతాదుల్లో అమినో ఆసిడ్లు ఉన్నట్టు తెలిసింది. అలా దొరికిన అమినో ఆసిడ్లు, ప్రస్తుతం మనకి తెలిసిన జీవధాతువులో ఉండే అమినో ఆసిడ్లు పూర్తిగా ఒక్కటే. అయితే ప్రపంచం యొక్క రసాయన స్వరూపంలో ఇన్ని కోట్ల ఏళ్లుగా ఎంతో మార్పు వచ్చే ఉంటుంది.

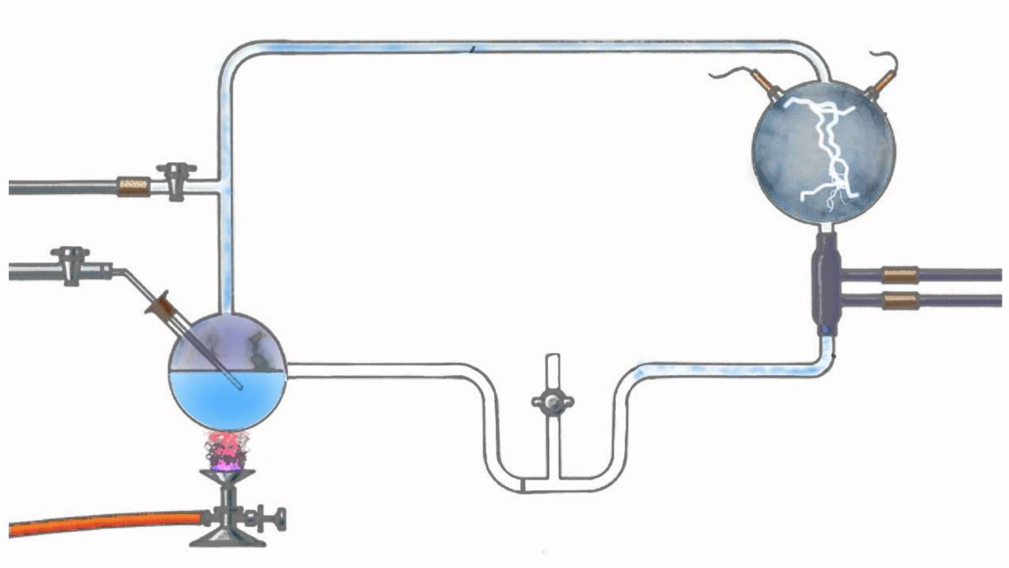
విశ్వం యొక్క రసాయన స్వరూపం గురించి పెరుగుతున్న అవగాహనని పురస్కరించుకుని అమెరికన్ రసాయనవేత్త హెరోల్డ్ క్లేటన్ యూరే (1893 - 1981) ఒక ప్రతిపాదన చేశాడు. ఆదిమ దశలో భూమి మీద హైడ్రోజెన్ మరియు మీథేన్, అమ్మోనియా వంటి హైడ్రోజెన్ కలిగిన వాయువులు, పుష్కలంగా ఉండేవని, స్వేచ్ఛా రూపంలో ఆక్సిజన్ ఇంచుమించు లేని పరిస్థితి ఉండేదని అతడు ఊహించాడు.

అలాంటి పరిస్థితుల్లో పృథ్వీ వాతావరణంలోని పై పొరలలో ఓజోన్ పొర ఉండదు. (ఓజోన్ కూడా ఆక్సిజన్ యొక్క ఒక రూపం కనుక). ప్రస్తుతం భూమి చుట్టూ ఓజోన్ పొర ఉంది కనుక అది సూర్యుడి నుండి ప్రసరించే అతినీలలోహిత కిరణాలని (ultraviolet rays) గ్రహిస్తుంది. కాని ఓజోన్ పొర లేని భూమి లో, ఆ

శక్తివంతమైన కిరణాలు భూమిని చేరి సముద్రాల లోకి చొచ్చుకుపోయి, ప్రస్తుతం సాధ్యం కాని ఎన్నో రసాయన చర్యలని సంభవింపజేస్తాయి. ఎన్నో సంక్లిష్టమైన అణువులు రూపొందుతాయి. సముద్రాలలో ముందే జీవం లేదు కనుక ఈ సంక్లిష్టమైన అణువుల సంఖ్య, పరిమాణం పెరుగుతూ పోతుంది. కాలానుగతంగా తగిన సంక్లిష్టత గలిగి, ద్విగుణీకృతం చెందే శక్తి కలిగిన న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ అణువులు పుట్టుకొస్తాయి. వాటి వల్ల భూమి మీద జీవం ఊపిరి పోసుకుంటుంది.

ఉత్పరివర్తన, సహజ ఎంపిక మొదలైన ప్రక్రియల వల్ల భూమి మీద మరింత సమర్థవంతమైన న్యూక్లీక్ ఆసిడ్ రూపాలు పుట్టుకొస్తాయి. ఇవి క్రమంగా కణాలుగా ఏర్పడతాయి. ఆ కణాలలో కొన్ని క్లోరోఫిల్ ని ఉత్పత్తి చేసే కణాలుగా పరిణమిస్తాయి. కిరణజన్యసంయోగక్రియ (దీనికి జీవప్రక్రియలతో సంబంధం లేని ఇతర ప్రక్రియలు తోడై) ఆదిమమైన పృథ్వీ వాతావరణాన్ని ప్రస్తుతం మనకి తెలిసిన, స్వేచ్ఛా ఆక్సిజన్ తో పుష్కలమైన వాతావరణంగా మార్చుతుంది. ఆక్సిజన్ పుష్కలంగా ఉండి, జీవరాశులతో కీటకిటలాడుతున్న ప్రపంచంలో నిజంగానే అప్రయత్న జీవసృష్టి సాధ్యం కాకపోవడంలో ఆశ్చర్యం లేదు.

పైన ఇవ్వబడ్డ వివరణ అర్థవంతంగానే ఉన్నా, శాస్త్రీయమైన తర్కం అంతో ఇంతో ఉన్నా అది చాలా మటుకు ఊహాగానమనే చెప్పాలి. కాని 1953 లో యూరే శిష్యవర్గంలో ఒకడైన స్టాన్లీ లాయిడ్ మిల్లర్ (1930 - 2007) ఒక ప్రఖ్యాత ప్రయోగం చేశాడు. శుద్ధి చేసిన నీటి చుట్టూ హైడ్రోజెన్, మీథేన్, అమ్మోనియాలతో కూడుకున్న “వాతావరణాన్ని” సృష్టించాడు. ఈ మిశ్రమానికి విద్యుత్ చురక అంటించాడు. ఆ విద్యుత్ శక్తి అతినీలలోహిత కాంతి ప్రభావానికి ప్రతినిధిగా అనుకోవాలి. ఆ చర్యని ఒక వారం రోజుల పాటు జరగనిచ్చాడు. ఆ తరువాత ఆ నీటిలోని అంశాలని కాగితపు క్రొమటోగ్రఫీ ద్వార విశ్లేషించి చూశాడు. ఆ మిశ్రమంలో ఎన్నో కర్బన రసాయనాలు కనిపించాయి. కొన్ని చిన్నపాటి అమినో ఆసిడ్లు కూడా కనిపించడం విశేషం.



మిల్లర్ ప్రయోగం

1962 లో ఇలాంటిదే మరో ప్రయోగాన్ని కాలిఫోర్నియా విశ్వవిద్యాలయంలో జరిపి చూశారు. అందులో "వాతావరణంలో" ఈథేన్ (ఒకే కార్బన్ గల మీథేన్ ని పోలిన రెండు కార్బన్ లు గల సంయోగం ఇది) ని కూడా కలిపారు. ఈ సారి గొప్ప వైవిధ్యం గల కర్బన రసాయనాలు పుట్టుకొచ్చాయి. 1963 లో సుమారు అదే పద్ధతిలో మరో ప్రయోగం జరిపారు. ఈ సారి శక్తిగల ఫాస్ఫేట్ లలో ఒకటైన, అడినొసైన్ ట్రై ఫాస్ఫేట్ (ATP) పుట్టింది.

ఒక చిన్నపాటి ప్రయోగ సామగ్రిలో, ఒక్క వారంలో, ఇన్ని సంయోగాలని పుట్టించగలిగినప్పుడు విశాల మహాసముద్రాలలో, ఆకాశం వరకు విస్తరించిన వాతావరణ మండలంలో, బిలియన్ల సంవత్సరాల పాటు సాగే చర్యలలో మరెంత సాధ్యమవుతుందో ఊహించుకోవచ్చు.

ఈ సమస్య గురించి తేల్చుకోవలసిన విషయాలు ఇంకా ఎన్నో ఉన్నాయి. పృథ్వీ చరిత్రలోని తొలిఘడియలలో పరిస్థితులు ఎలా ఉండేవో ఊహించి, లెక్కించడం అంత సులభం కాకపోవచ్చు. బహుశా చంద్రుణ్ణి చేరగలిగితే జీవావిర్భావానికి ముందు జరిగిన రసాయన చర్యల క్రమం గురించి తెలుసుకోగలుగుతామేమో? అలాగే మార్స్ ని చేరుకుంటే భూమి మీద పరిస్థితుల కన్నా చాలా భిన్నమైన పరిస్థితుల్లో మనగలిగే ప్రాథమిక జీవనరూపాలని అధ్యయనం చేయగలుగుతామేమో? అలా అలవడిన పరిజ్ఞానం భూమి మీద జీవపరిణామ సమస్యలకి కూడా కొన్ని పరిష్కారాలు అందివ్వొచ్చు.

అలాగే ఇప్పుడు మనం ఉంటున్న మన స్వగ్రహం మీద కూడా కొన్ని చోట్ల, అన్యలోకపు పరిస్థితులని పోలిన పరిస్థితులు ఉన్న చోట్ల, కొత్త కొత్త జీవనరూపాల గురించిన అవగాహన ఏటేటా పెరుగుతోంది. అలాంటి పరిస్థితులు మన సాగరగర్భంలో ఏర్పడతాయి. 1960 లో సముద్రాలలో అతి లోతైన స్థానం వరకు మనిషి చొచ్చుపోగలిగాడు. అలాగే ఏదో ఒక నాడు డాల్ఫిన్ల రూపంలో ఉన్న మానవేతర ప్రజ్ఞతో మనిషి సంభాషించగలుగుతాడు.

అణుజీవశాస్త్రవేత్తల శోధనల ఫలితంగా మనిషి మనసే ఎన్నో గొప్ప రహస్యాలని వెల్లడి చేయొచ్చు. ఎలక్ట్రానిక్స్, సైబర్నెటిక్స్ మొదలైన శాస్త్రాలలో జరుగుతున్న పురోగతి సహాయంతో కృత్రిమ ప్రజ్ఞని తయారుచెయ్యడానికి వీలు కావచ్చు.

ఈ పరిమాణాల గురించి నిరాధార ఊహాగానం అనవసరమేమో? కాస్త వేచి చూస్తే సరిపోతుందేమో? వైజ్ఞానిక కృషిలో ఓ అత్యంత సంతృప్తికరమైన, సంతోషకరమైన సత్యం ఒకటుంది. జరుగుతున్న వైజ్ఞానిక పురోగమనం ఎంత సంచలనాత్మకంగా ఉన్నా, అజ్ఞాతంపై జ్ఞానం సాధిస్తున్న విజయాల పరంపర ఎంత వైభవోపేతంగా ఉన్నా, ఇంకా సాధించాల్సిన విజయాలు, తెలియాల్సిన సత్యాలు మరింత ప్రగాఢంగా, గంభీరంగా, మహాద్భుతంగా ఉంటాయి.