

Sănătatea ca rezultat al unor procese de reglare

Health as a result of regulatory processes

Prof. As. Dr. Adrian RESTIAN

Membru titular al Academiei de Științe Medicale

După ce, mii de ani, oamenii au crezut, așa cum susținea Aristotel, că organismul uman este constituit din foc, din aer, din apă și pământ, odată cu dezvoltarea științelor, ei au constatat că organismul uman este format, de fapt, din aceleași elemente chimice ca și mediul înconjurător. Dar, odată cu dezvoltarea chimiei, ei au constatat că în organismul uman se găsesc peste 60 dintre cele 100 de elemente chimice din care este format pământul, ceea ce ar putea reprezenta nu numai o dovadă că omul este format din aceleași elemente chimice din care sunt formate și obiectele neînsuflețite, ci și o dovadă a faptului că Dumnezeu l-a făcut pe om din țărâna pământului (Facerea, 2,7). De asemenea, știința a constatat că în structura organismului nostru mai intră și anumite forme de energie, precum energia chimică, energia calorică și energia mecanică, care asigură desfășurarea numeroaselor procese biochimice, absolut necesare pentru construirea, pentru funcționarea și pentru păstrarea stabilității, adică a sănătății organismului, într-un mediu foarte variabil și de multe ori chiar foarte ostil. De aceea, se vorbește nu numai despre metabolismul diferitelor substanțe, cum sunt metabolismul glucidelor, al proteinelor și al lipidelor, care asigură structura biochimică a organismului, ci și despre metabolismul energetic, care asigură energia necesară desfășurării numeroaselor procese biochimice care au loc în organism.

Organismul uman reprezintă o insulă de ordine și de organizare în universul entropic

Dar, deși elementele chimice din care este constituit organismul sunt identice cu elemen-

tele chimice din mediul înconjurător, ele sunt distribuite altfel în organismul nostru decât în mediul înconjurător. De aceea, Norbert Wiener (1), fondatorul ciberneticii, spunea că organismul nostru reprezintă o insulă de ordine și de organizare în universul entropic, deoarece elementele chimice din care este format organismul au o altă distribuție în organismul nostru față de mediul înconjurător. Așa, spre exemplu, deși carbonul reprezintă 0,6% din scoarța pământului și 0,2% din hidrosferă, el reprezintă peste 18% din compoziția organismului. Adică se află într-o cantitate mult mai mare în organismul nostru decât în mediul înconjurător. De asemenea, azotul, care reprezintă 0,00001% din hidrosferă și 75% din atmosferă, reprezintă 0,3% din compoziția organismului. De asemenea, oxigenul, care reprezintă 29,3% din scoarța pământului și 85,8% din atmosferă, reprezintă peste 70% din compoziția organismului. Iar șase dintre elementele chimice din care suntem alcătuiți – și anume carbonul, hidrogenul, oxigenul, azotul, fosforul și sulful, care intră în compoziția foarte multor structuri – reprezintă peste 99% din structura chimică a organismului nostru.

Pe de altă parte, elementele chimice din care este constituit organismul au capacitatea de a se combina între ele și de a da naștere la miliarde de molecule, așa cum sunt moleculele de apă, de aminoacizi, de glucide și de lipide, care sunt folosite în construirea sistemelor vii. Iar aceste molecule se combină și ele între ele pentru a da naștere la o serie întregă de macromolecule, dintre care cele mai importante sunt proteinele și acizii nucleici, adică acidul ribonucleic (ARN) și acidul dezoxiribonucleic (ADN), în care

Adresă de corespondență:

Prof. As. Dr. Adrian Restian, Membru titular al Academiei de Științe Medicale
e-mail: restian2003@yahoo.com

este stocată informația genetică, conform căreia iau naștere proteinele din care este constituit organismul nostru.

De la structura moleculară la structura supramoleculară a organismului

Dar insula de ordine și de organizare, despre care vorbea Norbert Wiener, nu se oprește la nivelul moleculelor și al macromoleculelor, ci se continuă cu organizarea supramoleculară, reprezentată de organitele celulare, de celule, de țesuturi și de organe, de o complexitate și de o perfecțiune uluitoare. Prin combinarea în diferite feluri a unui număr redus de molecule, așa cum ar fi cele 20 de tipuri de aminoacizi, considerați cărămizile vieții, sistemele vii reușesc să obțină o infinitate de macromolecule proteice. După cum se știe, proteinele, din care suntem alcătuiți, sunt formate prin polimerizarea – adică prin înșiruirea – celor 20 de feluri de aminoacizi, care se leagă între ei prin intermediul unor legături peptidice, în care gruparea carboxilică COOH a unui aminoacid se leagă de gruparea aminică NH₂ a unui alt aminoacid. În felul acesta, se poate ajunge de la dipeptide, cum este carnozina, la tripeptide, precum glutationul, și la polipeptide, cum este insulina.

Moleculele și macromoleculele din care este format organismul vor da naștere, în cele din urmă, la niște celule, formate dintr-o membrană celulară, care separă celula de mediul înconjurător, dintr-o citoplasmă, în care se desfășoară procesele biochimice, și dintr-un nucleu, în care este stocată macromolecula de ADN. În citoplasma celulei se află zeci de mii de molecule și de macromolecule care plutesc într-un fluid citoplasmatic și care fac posibile deplasarea și recunoașterea moleculelor din interiorul celulei. În acest sens, ar fi foarte important de remarcat faptul că fiecare moleculă de proteină este înconjurată de cel puțin 10.000 de molecule de apă. De aceea, apa joacă un rol foarte important în funcționarea organismului și peste 70% din structura organismului este reprezentată de apă.

În citoplasma celulei se află apoi o serie întreagă de organite celulare, așa cum ar fi scheletul citoplasmatic, care contribuie la menținerea structurii celulare, reticulul endoplasmatic, format dintr-un sistem de canale și de tuburi prin care circulă diferitele substanțe, aparatul Golgi, în care se sintetizează diferite substanțe necesare celulei, mitocondriile, în care sunt degradate substanțele energetice, așa cum ar fi molecula de glucoză, care asigură energia necesară celu-

lei, ribozomii, în care se sintetizează proteinele din care este constituit organismul nostru, lizozomii, în care sunt metabolizate substanțele străine, vacuolele, în care sunt depozitate diferitele substanțe sintetizate de celulă înainte de a fi eliminate în mediul extracelular, și așa mai departe.

În centrul celulei se află de obicei un nucleu, în care este stocată și protejată, printr-o membrană nucleară, macromolecula filiformă de ADN, care reprezintă bunul cel mai de preț pe care l-am primit de la părinții noștri, deoarece în molecula de ADN se află înscrisă toată istoria părinților, a bunicilor și a străbunicilor noștri și, conform acestei informații genetice stocate în macromolecula de ADN, se vor construi apoi toate proteinele și componentele celulei, ale țesuturilor și ale organelor noastre.

Toate aceste organite celulare sunt protejate de o membrană celulară, care separă celula de mediul extern, dar prin intermediul căreia se fac schimburile substanțiale, energetice, dar și informaționale cu mediul înconjurător. În acest sens, membrana dispune de niște canale prin intermediul cărora pot intra și pot ieși, în mod controlat, diferitele substanțe necesare celulei și, în primul rând, ionii de sodiu și de potasiu, prin a căror distribuție inegală se va asigura potențialul electric al celulei, dar și molecule mai mari, așa cum ar fi molecula de glucoză, prin a cărei metabolizare se asigură energia necesară celulei. Dar membrana celulară mai dispune și de foarte mulți receptori celulari, capabili să recunoască, în funcție de structura lor spațială – adică de informația moleculară pe care o aduc –, diferitele molecule de mesageri chimici, așa cum ar fi hormonii, care intervin în reglarea celulelor în funcție de nevoi.

Dar pentru a putea construi și pentru a putea păstra această ordine și organizarea lor, sistemele biologice trebuie să desfășoare o mulțime de procese de reglare (2).

Importanța mecanismelor de reglare pentru păstrarea stabilității, adică a sănătății organismului

Pentru a-și putea păstra stabilitatea, adică sănătatea, într-un mediu foarte variabil și de multe ori chiar foarte ostil, organismul uman are nevoie de o mulțime de mecanisme de reglare, deoarece numai prin intermediul proceselor de reglare se pot obține și se pot menține ordinea și organizarea caracteristice stării de sănătate, în pofida celui de-al doilea principiu al termodinamicii, care postulează creșterea entropiei, adică a dezordinii (2).

Reglarea reprezintă procesul prin intermediul căruia sistemele reușesc să obțină și să mențină o anumită stare la care nu s-ar putea ajunge în mod spontan. De aceea, organismul nostru dispune de foarte multe mecanisme de reglare, începând de la cuplarea fenomenelor, așa cum este cuplarea presiunii hidrostactice cu presiunea osmotică de la nivelul capilarelor, care face posibil transferul de substanțe plastice și energetice între sectorul vascular și sectorul interstițial al organismului. Sau de la înlănțuirea fenomenelor, mai ales în cicluri, așa cum ar fi ciclul lui Krebs, în care se realizează în mod automat degradarea aerobă a glucozei până la bioxid de carbon și apă. Până la mecanismele de feedback, care reușesc să corecteze tulburările suferite de diferiții parametri ai organismului, și la mecanismele de feedbefore, care reușesc să prevină eventualele tulburări (3).

Corectarea erorilor cu ajutorul mecanismelor de feedback

Așa, spre exemplu, pentru a-și putea păstra temperatura corpului între anumite limite, indiferent de variațiile temperaturii din mediul înconjurător, organismul nostru a apelat la niște mecanisme de feedback. În acest sens, sensorii termosensibili vor sesiza creșterea temperaturii și vor informa retroactiv centrul de comandă din sistemul nervos, centri care vor decide scăderea producției de căldură, declanșarea unei vasodilatații și creșterea transpirației, prin intermediul cărora organismul va pierde căldură. Iar dacă temperatura din mediul înconjurător scade, atunci centrul de comandă vor declanșa creșterea producției de căldură și producerea unei vasoconstricții, prin intermediul cărora se vor reduce pierderile de căldură.

De asemenea, pentru a-și putea păstra volumul, indiferent de ingestia sau de pierderile de apă, foarte variabile, organismul nostru a apelat la o serie de mecanisme de feedback. Atunci când organismul ingeră foarte multe lichide, osmolaritatea sângelui scade, iar acest lucru va fi sesizat de receptorii osmotici din hipotalamus, care vor determina scăderea secreției de hormon antidiuretic, care va acționa asupra rinichilor și va crește diureza. Iar atunci când organismul ingeră prea puține lichide și osmolaritatea sângelui crește, receptorii osmotici din hipotalamus vor determina creșterea secreției de hormon antidiuretic, care va acționa asupra rinichilor și va scădea diureza, corectând astfel osmolaritatea și volumul de lichid din organism.

Apoi, apa, sărurile minerale, oxigenul și substanțele nutritive trebuie să ajungă, după cum

am văzut, până la nivelul tuturor celulelor. Iar acest lucru se realizează prin intermediul sistemului circulator, care pompează ritmic 70 de ml de sânge cu o frecvență de 70 de bătăi pe minut, ceea ce înseamnă că inima pompează 5 litri de sânge pe minut, 300 de litri pe oră și 7.200 de litri pe zi. În cazul eforturilor fizice mari, inima își poate crește debitul de la 5 litri la 35 de litri pe minut. Această creștere se realizează automat, tot prin intermediul unor mecanisme de feedback. Destinderea mușchiului cardiac, determinată de creșterea întoarcerii venoase, produce creșterea debitului cardiac, mai ales prin creșterea debitului pe bătăie și mai puțin prin creșterea frecvenței cardiace.

Dar această adaptare nu este suficientă deoarece nu toate organele au aceleași nevoi. De aceea, pe lângă adaptarea inimii, mai este necesară și o autoreglare a circulației locale. Acest lucru se face prin intermediul musculaturii vasculare, care la începutul capilarului se termină cu un sfincter precapilar. Acest sfincter este în mod normal contractat, ceea ce oprește sângele arterial să treacă în capilar. Dar dacă nu mai primește sânge care să-i aducă oxigenul necesar contractării, sfincterul precapilar se dilată. Prin dilatare, sângele arterial trece din nou în capilar, determinând contracția sfincterului. Prin acest mecanism de feedback dintre concentrația de oxigen și sfincterul precapilar se realizează reglarea aportului de oxigen în funcție de nevoi. Când vine prea puțin oxigen pentru celulele pe care capilarul respectiv le irigă, sfincterul se dilată, iar când vine prea mult oxigen, sfincterul se contractă.

Deoarece această autoreglare nu ține seama de activitatea țesuturilor, irigația capilară mai este influențată și de alte substanțe, precum acidul lactic, histamina, bioxidul de carbon și ADP, care dilată vasele capilare, și de noradrenalină, angiotensină, serotonină, care le contractă, reglând astfel circulația sanguină în funcție de nevoile reale ale fiecărui țesut.

Irigarea cu sânge a organelor depinde însă în mare măsură de presiunea cu care sângele este pompat prin vasele sanguine. De aceea, organismul dispune de o serie de mecanisme prin intermediul cărora reglează tensiunea arterială în funcție de nevoi. O mulțime de organe de execuție – așa cum sunt inima, volumul sanguin, vasele sanguine și altele – asigură fluxul sanguin necesar fiecărui organ. Pe de altă parte, o mulțime de receptori din sinusul carotidian, din arcul aortei, din artera pulmonară, din atrii și din rinichi monitorizează în permanență variațiile

tensiunii arteriale și trimit retroactiv informațiile corespunzătoare centrilor de comandă din bulbul rahidian, din hipotalamus și din scoarța cerebrală. În urma prelucrării informațiilor primite, centrul de comandă vor trimite spre organele de execuție – adică spre inimă, spre artere, spre rinichi, spre medulosuprarenală și spre corticosuprarenală – comenzile corespunzătoare corectării variațiilor care au determinat apariția informațiilor primite, în așa fel încât să păstreze tensiunea arterială în limite normale în pofida numeroșilor factori perturbanți care acționează în permanență asupra ei.

Nu numai pentru reglarea temperaturii corpului, a volemiei și a tensiunii arteriale, ci și pentru reglarea tuturor parametrilor săi, organismul nostru dispune de o mulțime de mecanisme de feedback, etajate și supraetajate, capabile să păstreze homeostazia organismului prin corectarea erorilor pe care perturbările din mediul extern le-ar putea produce (4).

Necesitatea unor mecanisme de prevenire a erorilor

Deși sunt extrem de utile, mecanismele de feedback, care lucrează prin corectarea erorilor, nu sunt suficiente, pentru păstrarea stabilității organismului, în condițiile în care factorii perturbatori ar putea produce tulburări ale căror consecințe nu ar mai putea fi corectate. Pentru a-și putea păstra stabilitatea și în aceste condiții, sistemele biologice au apelat și la niște mecanisme de prevenire a erorilor care nu ar mai putea fi corectate, adică la niște mecanisme de reglare anticipativă, pe care noi le-am denumit mecanisme de feedbefore (4).

Spre deosebire de mecanismele de feedback, care sunt informate retroactiv despre erorile care s-au produs, pentru a putea preveni erorile respective, mecanismele de feedbefore trebuie informate anticipat despre erorile care s-ar putea produce. Iar organismul nostru dispune de foarte multe mecanisme de feedbefore, de reglare anticipativă. Așa, spre exemplu, stomacul secretă în mod anticipat suc gastric, doar la vederea alimentelor. De asemenea, atunci când organismul ingeră glucoză, organismul secretă insulină înainte ca glucoza să ajungă în sânge. Această secreție anticipativă de insulină este determinată de faptul că intestinul secretă niște incretine, așa cum sunt glucagon-like peptide-1 și polipeptidul insulinotropic glucodependent, care vor determina creșterea secreției de insulină înainte ca glucoza ingerată să ajungă în sânge. Se apreciază că 70% din insulină este

secretată anticipativ sub influența acestor hormoni intestinali.

Dar, pentru că noi trăim într-un mediu extrem de riscant și pentru că reglarea anticipativă este cu atât mai eficientă cu cât dispune de mai multe informații, mecanismul de feedbefore s-a specializat tocmai în recepționarea și prelucrarea a tot mai multe informații. De aceea, pe lângă traductorii interni, care monitorizează în permanență variațiile diferiților parametri interni, mecanismul de feedbefore primește foarte multe informații de la organele de simț, care monitorizează în permanență variațiile mediului extern, care ar putea produce anumite tulburări. Informațiile primite de la acești traductori interni și externi sunt apoi prelucrate de un centru de comandă al mecanismului de feedbefore, care trebuie să aleagă de fiecare dată deciziile cele mai adecvate prevenirii tulburărilor pe care factorii din mediu care au generat informațiile respective le-ar putea produce. Este evident că, pentru a putea prelucra un număr atât de mare de informații, venite dinăuntru și din afara organismului, adică pentru a putea lua deciziile cele mai adecvate, pentru a preveni eventualele erori, era necesar un organ foarte complicat, așa cum este creierul nostru.

Prin intermediul creierului, care prelucrează în mod superior toate informațiile primite, organismul nostru reușește să ducă un joc foarte eficient cu mediul în care trăiește. Iar acest joc – în care unul dintre parteneri, adică organismul, reușește să aleagă deciziile cele mai adecvate – poate fi studiat cu ajutorul teoriei matematice a jocurilor, elaborată de John von Neumann (5).

Toate aceste procese de reglare, cu ajutorul cărora organismul reușește să-și păstreze ordinea și organizarea, adică sănătatea, în pofida tendințelor entropizante ale mediului înconjurător, au nevoie nu numai de anumite substanțe și de o anumită energie, ci și de foarte multă informație, atât de informație genetică, cât și de informația generată de modificările din mediul intern și din mediul extern.

La început a fost informația

Iar noi am arătat în repetate rânduri că la început a fost informația – și nu substanța și energia, cărora noi continuăm să le acordăm importanța cea mai mare (6). După cum se arată în Biblie, informația, adică cuvântul, era la Dumnezeu (Ioan, 1-5). De aceea, deși de obicei se spune că noi am moștenit de la părinții noștri două molecule de ADN, noi am moștenit de fapt o foarte mare cantitate de informație genetică.

Pentru a demonstra acest lucru, ar fi suficient să arătăm că, în cele 7 pg de ADN, adică în cele 7 milionomi de gram de ADN pe care le-am primit de la părinții noștri, noi am primit de fapt – într-o infimă cantitate de ADN – o cantitate foarte mare de informație, apreciată la 1-1,5 GB.

Pentru a putea aprecia discrepanța dintre cantitatea infimizeală de substanță din care este constituită molecula de ADN și cantitatea foarte mare de informație genetică pe care o conține, ar fi suficient să arătăm că, pentru a scrie această informație pe hârtie, ne-ar trebui peste 400 de volume de câte 1.000 de pagini fiecare. Iar pentru a citi fără întrerupere această informație, ne-ar trebui, după cum arată geneticianul Francis Collins (7), conducătorul uneia dintre cele două echipe care au descifrat genomul uman, peste 31 de ani. După cum arată unii autori, 6 grame de ADN conțin o cantitate uluitoare de informație, apreciată la 3.072 de exabites, un exabite fiind egal cu un miliard de GB. De aceea, matematicienii caută cu înfrigurare să construiască niște ordinatoarele bazate pe ADN.

Trecerea informației de pe codul genetic pe codul proteic

După cum se știe, informația genetică este stocată în modul de înșiruire a nucleotidelor de-a lungul moleculei filiforme de ADN. O înșiruire de trei nucleotide poate da naștere la un codon care va putea codifica unul dintre cei 20 de aminoacizi. Iar o succesiune de codoni poate da naștere la o succesiune de aminoacizi, care va da naștere proteinelor din care este constituit organismul nostru. În felul acesta, succesiunea aminocizilor în proteine va depinde de succesiunea codonilor din molecula de ADN. Iar mai mulți codoni care pot să sintetizeze o moleculă de proteină (sau mai multe molecule de proteină) formează o genă. Noi avem în genomul nostru aproximativ 20.000 de gene, care sunt capabile să sintetizeze cele peste 100.000 de tipuri de proteine din care suntem constituiți. Dar nu toată molecula de ADN sintetizează proteine. De fapt, numai 2% din ADN-ul pe care l-am moștenit sintetizează proteine. Restul de 98% nu se știe încă precis ce face, deși, din când în când, iese la iveală faptul că în el este cuprinsă toată istoria părinților, a bunicilor și a străbunicilor noștri.

Genetica propune și epigenetica dispune

Încă din cele mai vechi timpuri, oamenii au constatat că fenotipul nostru poate fi influențat într-o oarecare măsură și de mediul în care tră-

im. În ultimul timp, se spune că funcționarea genelor poate fi influențată de niște factori epigenetici, așa cum sunt hormonii și factorii de creștere, capabili să indice când trebuie sintetizată o anumită proteină. Termenul de epigenetică a fost introdus de Conrad Waddington, în 1942, pentru a explica modul în care poate fi influențată transmiterea caracterelor genetice de la o generație la alta fără modificarea ADN. Epigenetica reușește să ne explice modul în care se face diferențierea celulară, modul în care, pornind de la aceeași informație genetică, unele celule stem pluripotente devin celule musculare, iar altele devin neuroni. În fond, mecanismele epigenetice nu fac altceva decât să stimuleze sau să blocheze activitatea unei gene, dar astfel ele pot influența destinul nostru patologic, prin deblocarea unor gene patogene, așa cum se întâmplă în cancer (8).

Aceasta înseamnă că influența incontestabilă a genelor asupra destinului nostru patologic se va manifesta prin influența pe care ele o au asupra structurii moleculelor de proteină din care suntem constituiți, molecule de proteină care vor putea reprezenta niște enzime, niște hormoni sau niște anticorpi, care vor putea produce anumite boli, așa cum se întâmplă în erorile înnăscute de metabolism. Sinteza acestor proteine va depinde și de factorii epigenetici, care pot activa sau inhiba genele respective în funcție de nevoi. Dacă ADN acționează prin intermediul informației genetice pe care o aduce, și proteinele vor acționa prin informația moleculară pe care o aduc. Iar informația moleculară pe care o aduc va depinde nu numai de structura chimică, ci și de structura spațială a proteinelor respective.

Tocmai prin intermediul informației moleculare pe care o aduc toate moleculele din organismul nostru acestea se pot recunoaște între ele. Așa, spre exemplu, o enzimă, care are o anumită structură spațială, va putea recunoaște substratul asupra căruia trebuie să acționeze, care va avea o structură spațială complementară. Receptorii celulari au o componentă de recunoaștere a informației moleculare pe care o aduce mesagerul chimic, care poate fi un mediator sinaptic, un hormon, o toxină, un antigen sau un medicament pe care receptorul poate să îl recunoască (9).

Importanța informației moleculare

Deși informația moleculară depinde de substanța și de energia care o conține și o transportă, ea nu poate fi confundată cu substanța și cu

energia din care este constituită molecula respectivă, deoarece două molecule cu o compoziție chimică foarte diferită vor putea aduce o informație moleculară asemănătoare. Iar molecule cu o compoziție chimică asemănătoare vor putea aduce informații moleculare foarte diferite. Informația moleculară va depinde de modul în care sunt distribuite și de modul în care sunt aranjate în spațiu și timp componentele moleculei respective, adică ea depinde de conformația spațială a moleculei respective. Conformația spațială complementară este necesară pentru ca moleculele să poată veni în contact pe o suprafață suficient de mare pentru a face posibilă intrarea în funcțiune a unui număr suficient de mare de legături chimice slabe care să poată lega, cel puțin temporar, cele două molecule între ele.

De multe ori, sistemele biologice apelează la forțele slabe de tipul forțelor van der Waals, care au o forță de 0,02-0,2 kcal/mol. Tocmai pentru că sunt foarte slabe, ele au o rază mică de acțiune, care scade cu puterea a șasea a distanței dintre ele. De aceea, moleculele care se leagă prin intermediul unor forțe slabe trebuie să aibă o conformație spațială complementară pentru a putea veni în contact pe o suprafață suficient de mare, așa cum se întâmplă în cazul receptorilor celulari și al liganților lor interni. Astfel, celulele reușesc să recunoască din mulțimea mesagerilor chimici doar acei mesageri chimici care sunt adresați lor. Apelând la informația moleculară și la receptorii celulari, sistemele biologice reușesc să stabilească un număr enorm de mare de circuite de comunicație între diferitele celule care pot comunica între ele în pofida zgomotului de fond reprezentat de numărul extrem de mare de molecule care se află lichidul interstițial.

Informația recunoscută de receptori trebuie apoi transmisă până la efectorii celulari. Ea trebuie tradusă, interpretată și uneori chiar amplificată. În acest sens, intervin o serie de mesageri secunzi, care transmit informația în celulă, așa cum ar fi AMPc, GMPc și Ca, o serie întregă de efectori enzimatici și chiar o serie de amplificatori, așa cum se întâmplă în cazul informației ajunse pe retină.

Așa, spre exemplu, fiecare moleculă de rodopsină din retină care este excitată de un foton determină apariția a 100 de molecule de transducină, iar fiecare moleculă de transducină determină apariția a 100 de molecule de fotodiesterază... și așa mai departe, până când informația

pe care o aduc undele de lumină este amplificată de peste un milion de ori.

Sursa informațiilor care acționează asupra receptorilor celulari se poate afla atât în mediul intern, cât și în mediul extern. Spre exemplu, sursa informațiilor care determină creșterea secreției de insulină, chiar înainte ca glucoza să ajungă în sânge, este reprezentată de incretinele secretate de tubul digestiv, care anunță celulele pancreatice că trebuie să secrete insulină deoarece un val de glucide va intra din intestin în sistemul circulator, iar apoi chiar de informația moleculară adusă de glucoză. Deși glucoza absorbită din tubul digestiv are mai ales un rol energetic, ea deține, ca toate celelalte molecule, și o componentă informațională, care acționează asupra receptorilor glucosensibili din celulele pancreatice, a căror stimulare va determina creșterea secreției de insulină. Insulina va acționa asupra receptorilor insulinici din celulele hepatice, celulele musculare și din celelalte celule, stimulând transportul glucozei în celule și acționând asupra unor proteinkinaze, care vor stimula degradarea glucozei, sinteza de glicogen și de lipide.

Importanța informației nervoase

Deși este absolut necesară, informația moleculară se transmite foarte greu și foarte încet prin căile de comunicație ale organismului. De aceea, sistemele vii au apelat la un moment dat la informația nervoasă, care se transmite mult mai repede și mult mai direct la destinatarul respectiv. Deosebirea dintre informația moleculară și informația nervoasă ar fi asemănătoare cu deosebirea dintre un poștaş, care duce foarte greu informația la destinatari, și un telefon care transmite instantaneu informația direct la destinatari. De aceea, sistemul nervos s-a dezvoltat foarte mult. El primește din afară foarte multe informații pe care le prelucrează în timp util și trimite deciziile necesare direct la organul de execuție corespunzător.

Cu ajutorul organelor sale de simț, organismul uman monitorizează mediul extern și reușește să recepționeze, din cei 10^{11} biți pe care îi oferă mediul înconjurător, aproximativ 10^7 biți, pe care îi trimite în fiecare secundă spre sistemul nervos. Cu ajutorul acestor informații, mecanismul de feedback va căuta să anticipeze evoluția fenomenelor și să ia în timp util cele mai adecvate decizii pentru a preveni tulburările pe care factorii care au generat informațiile respective le-ar putea produce.

Procesele de reglare sunt, de fapt, niște procese informațional-decizionale

După cum se poate constata, procesele de reglare de care depinde sănătatea noastră sunt, de fapt, niște procese informațional-decizionale, în care organismul trebuie să aleagă de fiecare dată deciziile cele mai adecvate modificărilor care au generat informațiile respective. Evident

că, pentru a putea realiza acest lucru, mecanismele de reglare au nevoie de anumite substanțe și de o anumită energie, dar mai ales de anumite informații, care să indice modul în care vor trebui folosite substanța și energia respectivă pentru a putea păstra stabilitatea, adică sănătatea sistemului, în pofida tendințelor entropizante ale mediului înconjurător (10).

BIBLIOGRAFIE

1. **Wiener N.** Cibernetics, Hermann, Paris, 1948
2. **Restian A.** Homo ciberneticus, Ed. Științifică, 1983
3. **Restian A.** Cybernetical system control by feedback mechanisms, În Modern trends in systems and cybernetics, Springer Verlag, 1975
4. **Restian A.** Medicina cibernetică, Editura Dacia, 1984
5. **Neumann J.** Theory of games and economic behavior, Princeton University Press, 1947
6. **Restian A.** La început a fost informația, Congresul Asociației, Medicale Române, 2014
7. **Collins F.** Limbajul lui Dumnezeu, Curtea Veche, 2009
8. **Restian A.** Epigenetica, Practica Medicală, 4/2010, 237-247
9. **Restian A.** De la destinul genetic la jocul epigenetic, Congresul Asociației Medicale Române, 2016
10. **Restian A.** Patologia informațională, Ed Academiei, 1977