

# Organismul uman ca sistem de comunicații

## *The human body as a communications system*

Prof. As. Dr. Adrian RESTIAN

Membru titular al Academiei de Științe Medicale

Încă de multă vreme oamenii au observat că, deși este format din aceleași elemente chimice ca și celelalte corpuri din mediul înconjurător, aceste elemente chimice sunt repartizate și organizate altfel în organismul uman decât în mediul înconjurător. În 1860, Claude Bernard (1) a arătat că organismele vii sunt în stare să-și păstreze constanta mediului intern, asigurând astfel un mediu de viață favorabil tuturor celulelor. În 1932, Walter Cannon (2) a arătat că organismul uman are capacitatea de a-și păstra homeostazia, adică stabilitatea parametrilor săi. Iar în 1948, Norbert Wiener (3), fondatorul ciberneticii, a arătat că organismul uman reprezintă o insulă de ordine și de organizare în universul entropic, dominat de cel de-al doilea principiu al termodinamicii, care postulează creșterea entropiei, adică a dezordinii. Dar pentru a-și putea păstra stabilitatea, adică sănătatea, într-un mediu foarte variabil și de multe ori chiar foarte ostil, organismul uman trebuie să desfășoare o serie întreagă de procese de reglare, cu ajutorul cărora să poată obține și să poată menține ordinea și organizarea caracteristice stării de sănătate, în pofida numeroaselor provocări ale mediului înconjurător (4).

### Importanța reglării

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, pentru a-și putea păstra homeostazia tuturor structurilor sale, organismul nostru dispune de foarte multe mecanisme de reglare, începând de la cuplarea fenomenelor, așa cum ar fi cuplarea presiunii hidrostatice cu presiunea osmotică de la nivelul capilarelor, care

face posibil transferul de substanțe plastice și energetice între sectorul vascular și sectorul interstițial. Sau înlănțuirea fenomenelor, așa cum ar fi înlănțuirea reacțiilor de degradare anaerobă a glucozei, prin intermediul cărora se face eliberarea treptată a energiei necesară organismului. Sau ciclurile metabolice, 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. Ulterior s-a constatat că la baza mecanismelor de reglare, cu ajutorul cărora reușim să ne păstrăm constanta mediului intern, de care vorbea Claude Bernard, sau homeostazia, de care vorbea Walter Cannon, se află niște mecanisme cibernetice, așa cum sunt mecanismele de feedback, care reușesc să corecteze tulburările suferite de diferiți parametri ai organismului și mecanismele de feedbefore, care reușesc să prevină tulburările care nu ar mai putea fi corectate (4).

Dar, pentru a putea păstra stabilitatea, adică sănătatea organismului, într-un mediu foarte variabil și de multe ori chiar foarte ostil, toate mecanismele de reglare au nevoie de anumite substanțe, de o anumită energie și de anumite informații. De aceea, organismul nostru este un sistem deschis, care întreține un permanent schimb de substanțe, de energie și de informații cu mediul înconjurător.

### Organismul uman ca sistem deschis

Pentru a putea întreține un permanent schimb de substanțe, de energie și de informații cu mediul înconjurător, organismul nostru dispune de o serie de aparate și organe, cum sunt tubul digestiv, aparatul respirator, sistemul nervos, orga-

Adresă de corespondență:

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

nele de simț, rinichii și pielea, care au o suprafață de contact surprinzător de mare cu mediul înconjurător. Așa, spre exemplu, plămânii, formați din peste 70 de milioane de alveole, ajung să aibă o suprafață de schimb de peste 120 de m<sup>2</sup>. Tubul digestiv, format din peste 8 m de intestin, care au peste 4 milioane de vilozități, ajunge să aibă o suprafață de schimb de câteva sute de metri pătrați. Rinichii, prin cele 2 milioane de nefroni foarte puternic vascularizați, realizează o suprafață de schimb foarte mare prin care pot elimina substanțele toxice care rezultă în urma metabolismului. Sistemul nervos, specializat în prelucrarea superioară a informațiilor, este conectat la o mulțime de traductori interni, care monitorizează modificările care au loc în mediul intern al organismului nostru, precum și la o serie de organe de simț (precum ochii, urechile, gustul, mirosul și tactul), răspândite pe întreaga suprafață de aproape 2 m<sup>2</sup> a pielii, de la care primește o mare cantitate de informații, apreciată la 10<sup>6</sup> biți/sec.

Dar, pentru a putea ajunge la toate celulele organismului, substanțele plastice și energetice trebuie preluate de la nivelul suprafețelor de schimb ale organismului și transportate de către sistemul circulator până la cele mai îndepărtate și izolate celule din organism. Pentru a putea ajunge la aceste celule, sistemul circulator trebuie să realizeze și el, la rândul lui, prin intermediul capilarelor sale, o suprafață de schimb suficient de mare pentru a veni în contact cu toate cele 10<sup>13</sup> celule. De aceea, sistemul circulator are și el o suprafață de schimb de peste 6.000 de m<sup>2</sup> (5).

### **Activitatea tuturor celulelor se desfășoară între cele două suprafețe de schimb**

Adică activitatea tuturor organelor noastre se află între două suprafețe de schimb, pe de o parte, o suprafață de schimb extrem de mare cu mediul înconjurător și, pe de altă parte, o suprafață de schimb extrem de mare cu cele 10<sup>13</sup> celule din care este format organismul nostru. Iar între cele două suprafețe de schimb trebuie să se afle niște sisteme de comunicații foarte complicate, capabile să transmită toate substanțele, energia și informația necesară până la cele mai îndepărtate celule ale organismului.

Așa, spre exemplu, oxigenul difuzat din aerul alveolar va fi preluat de sânge mai ales sub formă de oxihemoglobină și, într-o cantitate mai mică, sub formă dizolvată în plasmă și va fi transportat de aparatul circulator până la nivelul tuturor celulelor, unde va fi utilizat în procesele

de sinteză a structurilor proprii și de oxido-reducere a substanțelor energetice, cum este glucoza. Este adevărat că glucoza poate fi degradată și în absența oxigenului, dar degradarea anaerobă nu eliberează decât 2% din energia pe care o conține glucoza. Așa cum se întâmplă în cazul celulelor canceroase, care, fiind niște celule primitive, preferă degradarea anaerobă, dar consumă foarte multă glucoză și întrețin un mediu acid foarte dăunător celorlalte celule. Dar, în prezența oxigenului, acidul lactic se va combina cu coenzima A și se va obține acetilcoenzima A, care intră în ciclul acidului citric, în care se vor elibera peste 39% din energia chimică pe care o conține glucoza, punând astfel la dispoziția mecanismelor de reglare o cantitate foarte mare de energie stocată în molecula de ATP, reprezentând principala formă de prezentare a energiei necesare în procesul de sinteză, de contracție musculară, de funcționare a pompelor ionice care asigură concentrația optimă de substanțe chimice în interiorul celulei.

### **Nevoia de informație**

Pentru a putea asigura desfășurarea numeroaselor procese de reglare care se află la baza stabilității, adică a sănătății organismului, într-un mediu foarte variabil și de multe ori chiar foarte ostil, organismul uman are nevoie nu numai de anumite substanțe plastice și energetice, ci și de anumite informații, deoarece informația este cea care asigură, de fapt, eficacitatea proceselor de reglare. De aceea, informația reprezintă și ea, alături de aer, de apă și de hrană, una dintr-nevoile fundamentale ale organismului, iar organismul uman a devenit un sistem informațional (5).

Informația este necesară mai întâi pentru construirea structurilor proprii care au un mare grad de ordine și de organizare. De aceea, pentru apariția sistemelor biologice, este necesară o anumită informație genetică care să indice modul în care trebuie organizate substanța și energia de care dispune sistemul respectiv pentru a da naștere structurilor proprii. De aceea, noi am arătat în repetate rânduri că la început a fost informația (6). Deși de obicei se spune că noi am moștenit de la părinții noștri două molecule de ADN, noi am moștenit de fapt foarte multă 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, adică de substanță, o cantitate foarte mare

de informație, apreciată la 1-1,5 GB (7). De aceea, probabil că cea mai mare descoperire a secolului trecut a fost descoperirea codului genetic (8), care a arătat că nu substanța, adică molecula de ADN, ci informația genetică, pe care o conține molecula de ADN, este cea care se află la baza apariției sistemelor biologice.

Pentru a putea aprecia discrepanța dintre cantitatea infimă de substanță din care este constituită molecula de ADN și cantitatea foarte mare de informație genetică pe care o conține ea, 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 (9), 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 exabiți, un exabit fiind egal cu un miliard de GB. De aceea, matematicienii caută cu înfrigurare să construiască niște ordine bazate pe ADN.

### **Informația este cea care se transmite de la ADN la proteine**

După cum se știe, informația genetică este stocată în modula de ADN, prin modul de înșiruire a nucleotidelor de-a lungul moleculei filiforme de ADN. După cum a demonstrat Marshal Nirenberg (8), o înșiruire de trei nucleotide poate da naștere la un codon, care va putea codifica unul dintre cei 20 de aminoacizi din care sunt constituite proteinele, din care este alcătuit organismul nostru. Iar o succesiune de codoni poate da naștere unei gene, care poate să sintetizeze o moleculă de proteină sau, după cum s-a constatat în ultimul timp, mai multe molecule de proteină. Așa se explică faptul că ele sunt capabile să sintetizeze peste 100.000 de tipuri de proteine din care este constituit organismul nostru.

După cum se știe, informația genetică stocată în molecula filiformă de ADN este copiată de niște molecule de ARN mesager – sau, mai bine zis, de ARN premesager. Moleculele de ARN premesager sunt supuse unui proces de maturare și se ajunge în cele din urmă la molecula de ARN mesager. Molecula de ARN mesager transportă informația genetică de la nivelul ADN la nivelul ribozomilor, unde se realizează sinteza proteinelor. De remarcat însă că nu substanța, ci informația genetică stocată în molecula de ADN trece de pe ADN pe ARN. Iar apoi nu substanța, ci informația trece de pe molecula de ARN pe molecula

de proteine. De aceea, după ce a trecut informația genetică pe proteine, molecula de ARN va fi reciclată, pentru a fi folosită pentru sinteza unei alte proteine.

Dar molecula filiformă de proteine formată din înșiruirea unor aminoacizi, conform informației genetice primite de la molecula de ADN, va suferi ulterior o serie întreagă de plieri și de încolăciri, așa încât fiecare moleculă de proteină va avea o anumită conformație spațială. Iar în această conformație spațială va fi înscrisă informația moleculară pe care o conține și o transportă fiecare moleculă. Cu ajutorul acestei informații moleculare se vor putea recunoaște diferitele molecule între ele. Adică fiecare moleculă din organism va conține și va transporta o anumită informație moleculară, care va depinde nu numai de compoziția chimică, ci și de structura spațială a moleculelor respective.

Tocmai prin intermediul informației moleculare pe care o conțin toate moleculele din organismul nostru se pot recunoaște între ele. Așa, spre exemplu, o moleculă enzimă, care are o anumită conformație spațială, va putea recunoaște substratul asupra căruia trebuie să acționeze, care va avea o structură spațială complementară. De asemenea, receptorii celulari cu o anumită conformație spațială vor putea recunoaște mesagerul chimic, care poate fi un mediator sinaptic, un hormon, un antigen sau un medicament cu o conformație spațială complementară. În felul acesta, se va putea închide un circuit de comunicație între celula care a emis hormonul respectiv și celula efectoare, care în endocrinologie a fost numit ”endocrinon” de către Ștefan Milcu.

### **Importanța informației moleculare**

Deși informația moleculară depinde în oarecare măsură 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 foarte asemănătoare. Așa, spre exemplu, molecula de propranolol va putea aduce o informație moleculară parțial asemănătoare cu molecula de noradrenalină și va putea bloca astfel receptorii catecolaminici. Iar molecule cu o compoziție chimică asemănătoare vor putea aduce informații moleculare foarte diferite, așa cum se întâmplă în cazul izomerilor. Adică în timp ce informația genetică depinde de modul de înșiruire a bazelor azotate din molecula filiformă de ADN, informația molecu-

lară a proteinelor va depinde nu numai de modul în care sunt înșiruiți aminoacizii din care este constituită, ci și din modul în care sunt organizate în spațiu componentele moleculei respective. Conformația spațială complementară este necesară pentru ca moleculele respective 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 (5).

Astfel, prin intermediul forțelor chimice foarte slabe, de tipul forțelor van der Waals, care au o forță de 0,02-0,2 kcal/mol, celulele organismului reușesc să recunoască și să lege - din mulțimea mesagerilor chimici - doar acei mesageri chimici care au o conformație spațială complementară. Apelând la informația moleculară și la receptorii celulari, sistemele biologice reușesc să stabilească un număr enorm 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 în lichidul interstițial.

Informația moleculară recunoscută de receptorii celulari trebuie apoi transmisă, prin intermediul unor semnale intermediare, până la efectorii celulari. De multe ori, 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 întreagă de efectori enzimatici și chiar o serie de amplificatori, așa cum se întâmplă, spre exemplu, în cazul informației ajunse pe retină.

Fiecare moleculă de rodopsină din retină care este excitată de un foton determină apariția a 100 de molecule de translucină, fiecare moleculă de translucină 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 este reprezentată de un hormon secretat de tubul digestiv, care anunță celulele pancreatice că trebuie să secrete insulină deoarece un val de glucide va intra din intestin în sistemul circulator, sau chiar de informația moleculară adusă de glucoză. Deși glucoza absorbită din tubul digestiv, are mai ales un rol energetic, ea are ca toate celelalte molecule și o componență informațională care acționează asupra receptorilor

glucosensibili din celulele pancreatice, a căror stimulare va determina creșterea secreției de insulină. Insulina va acționa asupra receptorilor insuliniți 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.

### Comunicațiile intracelulare

Deoarece informația moleculară este necesară la toate nivelele de organizare la care au loc procese de reglare, vom avea o serie întreagă de sisteme de comunicație atât la nivelul intracelular cât și la nivelul intercelular. La nivel intracelular putem distinge, pe de o parte, niște sisteme de comunicație care transmit informația genetică de la nivelul genomului, din nucleul celulei, la ribozomii situați în citoplasmă, unde are loc sinteza proteinelor. Pe de altă parte, există o mulțime de sisteme de comunicație citoplasmatică, unde există foarte multe molecule, care transportă, odată cu substanța și energia din care sunt formate, și o anumită informație moleculară, cu ajutorul căreia reușesc să se recunoască și să interacționeze între ele, contribuind astfel la auto-reglarea numeroaselor procese biochimice care au loc în celulă.

### Comunicațiile intercelulare

Pentru că cele  $10^{13}$  celule ale organismului nu pot veni în contact direct între ele sau cu mediul înconjurător, a fost nevoie ca organismele pluricelulare să-și dezvolte niște sisteme de comunicație extracelulară care să asigure atât comunicarea celulelor cu mediul înconjurător cât și comunicarea tuturor celulelor între ele. În acest sens, toate celulele organismului primesc prin intermediul unor canale de comunicație extrem de complicate atât informațiile necesare privind starea mediului înconjurător cât și informațiile necesare privind starea mediului intern.

Pentru a putea realiza acest lucru, toate celulele organismului secretă o mulțime de substanțe chimice prin intermediul cărora încearcă să comunice și să colaboreze între ele pentru a putea asigura unitatea și funcționarea adecvată a organismului. În acest sens, celulele pot secreta o serie de substanțe care acționează asupra celulelor învecinate, dar și o mulțime de substanțe care acționează asupra unor celule-țintă situate la distanță de celulele secretoare, așa cum se întâmplă în cazul sistemului endocrin.

Așa, spre exemplu, în condiții de stres, hipotalamusul secretă factorul de eliberare al hormo-



nului corticotrop, care acționează asupra hipofizei, care va secreta hormonul corticotrop, care va acționa supra glandelor corticosuprarenale, care vor secreta hormonii corticoizi, care vor acționa asupra unor celule adipoase, determinând creșterea catabolismului proteic, asupra celulelor osoase determinând scăderea absorbției de calciu, asupra celulelor cardiace determinând creșterea debitului cardiac, asupra celulelor gastrice stimulând creșterea secreției de suc gastric și așa mai departe.

### Sinteza unor mesageri chimici

Fiecare celulă elimină în lichidul interstițial anumite substanțe și vine în contact cu substanțele eliminate de celelalte celule. De aceea, fiecare celulă este în același timp și emițător și receptor de informații moleculare. Spre exemplu, celula adipoasă secretă o serie întreagă de adipokine, cum sunt leptina, adiponectina, rezistina, angiotensina, estrogenii, TNF și o serie de interleukine, țesutul adipos fiind astfel cea mai mare glandă endocrină a organismului, dar celula adipoasă dispune și de foarte mulți receptori, așa cum ar fi receptorii pentru insulină, pentru catecolamine, pentru ACTH și pentru cortizol.

Fiecare moleculă transportată de sânge conține, pe lângă substanța și energia din care este compusă, și o anumită informație moleculară care va fi transportată de sistemul circulator până la cele mai îndepărtate celule ale organismului.

### Rolul apei în transmiterea și memorarea informațiilor

După cum se știe, apa are un rol deosebit în transmiterea informațiilor moleculare de la o celulă la alta și de la o moleculă la alta. Pe de altă parte, se pare că, datorită proprietății sale de a forma agregate tridimensionale, apa poate memora și transmite, ea însăși, anumite informații. J. Benveniste a arătat că diluții foarte mari, care nu mai conțin nici o moleculă de antigen, pot determina degranularea in vitro a celulelor bazofile. A.N. Cristea (10) a arătat că diluții foarte mari de beladonă, care nu mai conțin nici o moleculă, pot determina contracția intestinului izolat de șobolan. Iar Masaru Emoto a arătat că nu numai substanțele care au fost dizolvate în apă, ci și cuvintele, gândurile și rugăciunile pot influența structura cristalină a apei. Gândurile pozitive și rugăciunile determină apariția unor cristale mai regulate și mai frumoase, iar gândurile negative – apariția unor cristale deformate, ceea ce înseamnă

că apa nu este numai un canal, ci și un receptor, un memorator și un emițător de informații.

### Importanța receptorilor

Pentru a putea intra în acțiune, informațiile transportate de sânge ar trebui mai întâi sesizate și recepționate. În acest sens, pe lângă receptorii interni, specializați în sesizarea și recepționarea informațiilor generate de modificările interne și de receptorii externi specializați în sesizarea și recepționarea informațiilor generate de mediul extern, toate celulele mai conțin și o mulțime de receptori celulari.

Toți receptorii au capacitatea de a sesiza, pe lângă conformația spațială a diferitelor molecule, și capacitatea de a sesiza cantități foarte mici de substanță și de energie, care sunt purtătoare de informație. Așa, spre exemplu, ochiul poate sesiza infima cantitate de energie luminoasă de  $5 \cdot 10^{-18}$  calorii. Urechea poate sesiza o energie de  $10^{-11}$  ergi. Iar organul olfactiv poate sesiza infima cantitate de substanță de  $2 \cdot 10^{-8}$  mg/cm<sup>3</sup>. De aceea, întreaga cantitate de informații primită de organele de simț nu depășește 2-3 calorii/zi. În felul acesta, recepționând cantități foarte mici de energie și de substanță, sistemele biologice reușesc să prevină riscul de a veni în contact cu cantități foarte mari de substanță și de energie.

Deoarece toate celulele au nevoie de informații cu ajutorul cărora să-și poată regla și autoregla numeroasele procese metabolice în funcție de nevoi, organismul uman dispune de foarte multe canale de transmitere a informațiilor respective, situate atât intracelular cât și extracelular. În acest sens, toate celulele noastre dispun, după cum am văzut, de niște receptori celulari și de niște canale de transmitere a informației. Iar moleculele care au o conformație spațială complementară se vor recunoaște și vor regla reacțiile biochimice care întrețin viața.

### Limitele informației moleculare

După cum am văzut, deși este absolut necesară, informația moleculară se transmite foarte greu și foarte încet, pentru o lume în care au loc transformări foarte rapide. De aceea, pentru a putea face față în timp util acestor modificări, sistemele biologice au apelat la un sistem de comunicații mult mai perfecționat pentru transmiterea informațiilor atât de necesare tuturor celulelor. În felul acesta, semnalele au niște căi de comunicație mult mai specializate pentru transmiterea directă și rapidă a informațiilor la celulele efectoare. Dacă sistemul de comunicație sanguin se bazează pe proprietățile fizico-chimice

ale apei, sistemul nervos se bazează pe capacitatea neuronilor de a se lega între ei și de a transmite informații prin intermediul unor trenuri de undă de la un neuron la altul. Spre deosebire de informația moleculară, care se transmite prin intermediul unor substanțe chimice, cum sunt hormonii, spre exemplu, informația nervoasă se transmite prin intermediul unor semnale fizice, de natură electrochimică, care sunt conduse de-a lungul prelungirilor neuronale până la locul de joncțiune al unui neuron cu alt neuron. Aici, ele sunt trecute pe niște semnale chimice reprezentate de mesagerii sinaptici, care le transportă până la neuronul următor, care le poate transporta la hipotalamus, unde informația este trecută pe niște neurohormoni, care o vor transporta la hipofiză, care o trece pe niște hormoni tropici, care vor ajunge la glanda tiroidă sau la glanda corticoadrenală, care vor trece informația pe niște hormoni tiroidieni sau pe niște hormoni corticoidi, care vor transporta informația la celule-țintă.

Dar pentru că informațiile optice, acustice, olfactive sau tactile nu pot fi conduse prin structurile organismului până la celulele efectoare, ele vor fi trecute la nivelul organelor de simț, așa cum se întâmplă în cazul ochiului și al urechii, pe niște semnale nervoase, care sunt conduse de-a lungul căilor aferente ale sistemului nervos până la creier. De aici ele vor putea fi trimise direct de-a lungul unui nerv motor până la mușchii respectivi sau vor ajunge la hipotalamus, unde vor determina sinteza unor neurohormoni, care vor determina la rândul lor sinteza unor hormoni hipofizari, care vor fi transportați de sistemul circulator până la cele mai îndepărtate celule ale organismului.

### Importanța informației nervoase

Toate acestea demonstrează că, pentru a putea funcționa în mod corespunzător, celulele au nevoie, pe lângă informația genetică, și de anumite informații moleculare sau, mai bine zis, că scopul informației genetice este acela de a sintetiza niște informații moleculare, care vor îndeplini, de fapt, programul genetic respectiv. Adică programul genetic va fi îndeplinit, în cele din urmă, de informația moleculară a enzimelor, a hormonilor, a receptorilor celulari și a anticorpilor.

Dar, deși este absolut necesară, informația moleculară se transmite foarte greu și foarte încet prin structurile extrem de variate ale organismului uman. 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 mult mai ușor informația direct la destinatari. De aceea sistemul nervos s-a dezvoltat foarte mult. El primește din afară foarte multe informații pe care le prelucreză 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 peste  $10^{11}$  biți pe care îi oferă mediul înconjurător, aproximativ  $10^7$  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.

### Complexitatea sistemului de comunicații al organismului

Sistemul de comunicații al organismului uman este un sistem foarte complicat deoarece el este format dintr-o mulțime de sisteme de comunicație, organizate pe mai multe nivele, de la nivel cuantic până la nivel organic. El dispune de o mulțime de subsisteme de comunicație atât la nivel intracelular, cât și la nivel extracelular. Toate aceste sisteme de comunicație colaborează între ele pentru a da naștere, în cele din urmă, unui sistem de comunicații hiperintegrat capabil să-și păstreze stabilitatea chiar și în condițiile numeroaselor variații care au loc atât înăuntrul cât și în afara organismului.

### Cele două magistrale informaționale ale organismului uman

Dacă avem în considerare imensul număr de capilare, imensul număr de circuite nervoase, imensul număr de mesageri chimici transportați de sistemul circulator, precum și numărul imens de receptori celulari, imensul număr de mesageri chimici intracelulari, care închid sistemul de comunicație dintre celule, ajungem la concluzia că organismul uman este format dintr-un număr incomensurabil de circuite de comunicație. Deși sunt extrem de numeroase și de complicate, totuși, toate căile de comunicație ale organismului ar putea fi încadrate în două magistrale informaționale, și anume o magistrală longitudinală, de-a lungul căreia se transmite informația genetică, de la o generație la alta, de la o celulă la alta

în timpul diviziunii celulare, sau de la ADN la proteine, în timpul sintezei proteinelor, și o magistrală transversală, de-a lungul căreia se transmite informația primită din mediul intern și din mediul extern, prin căile de comunicație ale organismului.

### Magistrala longitudinală de-a lungul căreia se transmite informația genetică

Magistrala longitudinală de-a lungul căreia se transmite informația genetică moștenită de la părinți are și ea la rândul mai multe căi. O cale principală de-a lungul căreia informația genetică se transmite prin replicare, de la o moleculă de ADN la o altă moleculă de ADN, dând naștere unei noi celule, și o serie de căi secundare, de-a lungul cărora informația genetică se transmite prin transcripție, de la molecula de ADN pe o moleculă de ARN și apoi de pe molecula de ARN pe proteinele din care este constituit organismul. Ambele căi sunt foarte importante deoarece prin replicare au luat naștere din celula ou toate celulele din care este format organismul nostru. Iar apoi tot prin replicare sunt înlocuite celulele organismului cu o viață limitată. Unele dintre ele au o viață chiar foarte scurtă, așa cum ar fi cazul celulelor intestinale, care trăiesc 2-3 zile, al celulelor pielii, care trăiesc 2-3 săptămâni, sau al hematiilor, care trăiesc 3-4 săptămâni.

Calea de transcripție este și ea foarte importantă, deoarece în cadrul ei informația genetică este trecută de pe ADN pe ARNm, care o transportă la ribozomi, unde are loc sinteza proteinelor din care suntem constituiți. Mai întâi, informația genetică este trecută cu ajutorul transcriptazei de pe ADN pe ARN mesager. Apoi, ARN mesager transportă informația genetică la ribozomi, unde, cu ajutorul ARN de trans-

fer și al aminoacil-ARNt-sintetazei, reușește să atașeze la lanțul proteic aminoacizii corespunzători. În felul acesta, celulele organismului reușesc să sintetizeze cele peste 100.000 de tipuri de proteine diferite din care este constituit organismul uman.

### Magistrala transversală de-a lungul căreia se transmite informația recepționată din mediu

Pentru a-și putea păstra identitatea într-un mediu foarte variabil și de multe ori foarte ostil, pe lângă informația genetică, organismul uman mai are nevoie și de informațiile generate de modificările din mediul intern, dar și de informațiile generate de modificările din mediul extern. De aceea, structura organismului și, în cele din urmă, magistrala longitudinală este traversată în permanență atât de informațiile generate de modificările dinăuntru organismului cât și din afara organismului. În felul acesta, în funcție de informațiile primite din afară, celula va ști în permanență ce proteine, adică ce enzime, ce hormoni și ce anticorpi trebuie să sintetizeze pentru a-și putea păstra homeostazia chiar și condițiile variațiilor care au generat informațiile respective.

În concluzie, am putea spune că, în spatele fenotipului, pe care îl vedem noi în oglindă, se află de fapt un extrem de complicat sistem de comunicații și că fiecare celulă și fiecare moleculă a organismului participă, într-un fel sau altul, fie la construcția sistemului, fie la transmiterea informațiilor prin acest extrem de complex sistem de comunicații. Iar acest lucru este extrem de important, deoarece transmiterea informației este absolut necesară pentru desfășurarea numeroaselor procese de reglare capabile să păstreze stabilitatea, adică sănătatea organismului, într-un mediu foarte variabil și de multe ori chiar foarte ostil.

## BIBLIOGRAFIE

1. **Bernard C.L.**, Introduction à l'étude de la médecine expérimentale, Paris, 1986
2. **Cannon V.**, The Wisdom of the body, Norton, New York, 1932
3. **Wiener N.**, Cybernetics, Herman, Paris, 1948
4. **Restian A.**, Homo ciberneticus, Ed. Științifică, 1983
5. **Restian A.**, Patologia informațională, Ed. Academiei, 1997
6. **Restian A.**, La început a fost informația, Congresul Asociației Medicale Române, 2014
7. **Orcutt M.**, Bases to Bytes, MIT Technology Review, April 25, 2012
8. **Nirenberg M.**, Degeneracy in the amino acid code, *Biochim. Biophys. Acta*, 119, 1966, 400-6
9. **Collins F.**, Limbajul lui Dumnezeu, Curtea Veche, 2008
10. **Cristea A.**, Medicamentul ca semnal, *Farmacia*, 4, 1991, 3-10