

## MEMORIA MOLECULARĂ — PROTEINELE ŞI ACIZII RIBONUCLEICI \*

dr. Gh. Grecu, dr. Voica Aşgıan, dr. Cs. Csíky

În decursul istoriei, memoria a fost un domeniu de preocupări la început al teologilor şi filozofilor, apoi al psihologilor, iar mai recent a trecut în studiul neurofiziologilor, biologilor şi chiar al matematicienilor.

În antichitate, grecii credeau că Mnemosina, zeiţa memoriei introducea la început fiecărui nou-născut o tabletă de ceară, pe care se presupunea că se înscriu amintirile fiecărui individ. Se afirmă că zeiţa nu avea toate tabletele de dimensiuni egale, de unde rezultau oameni cu memorie bună şi alţii cu memorie mai slabă.

Se ştie că memoria (ca şi toate celelalte funcţii psihice) este legată de creier,

---

\* Lucrare prezentată la U.S.S.M. Filiala Mureş. Secţia de neurologie, psihiatrie şi neurochirurgie, la 29 ianuarie 1970.

care ne pune în legătură cu realitățile lumii înconjurătoare și chiar cu propriul nostru organism, prin intermediul unui mare număr de neuroni și a interconexiunilor lor, care creează posibilitatea difuzării și distribuirii rapide a informațiilor ce vin din afara sau din interiorul organismului.

Memoria constituie una din cele mai durabile funcții și caracteristici ale personalității umane, a cărei înlăturare este mult mai grea decât a celorlalte funcții și tocmai de aceea oamenii își amintesc atât de evenimentele plăcute, cât și de cele neplăcute. În acest sens, se poate arăta că, trăirile afective chiar de intensitate mare sint tocite mult mai repede de timp, decât memoria.

Esența funcțiilor creierului constă în prelucrarea și coordonarea informațiilor venite din mediul extern, în vederea găsirii celei mai adecvate decizii ce urmează să fie luată, pentru rezolvarea unor probleme ce se pun în momentul respectiv.

În general, organismul se adaptează în permanență la schimbările mediului extern și în acest sens el compară conținutul mesajului primit din exterior, cu alte informații asemănătoare sau similare analizate în trecutul dezvoltării sale.

În mod normal și fiziologic, memoria ne însoțește în tot cursul vieții, și cu toate că în permanență întâlnim evenimente și fapte noi, ele se află în strâns raport cu depozitul cunoștințelor noastre înmagazinate în memorie. În acest sens, omul face o comparație între cunoștințele lui și noile informații cu care vine în contact prin diferite mijloace.

Tocmai aici se ivește problema cheie, adică necesitatea înmagazinării experiențelor trecute și actuale, ca în urma analizării și comparării unei situații prezente, cu cele trecute să se poată găsi soluția cea mai corespunzătoare pentru rezolvarea ei. În acest sens este nevoie de a compara situația prezentă cu cele asemănătoare din experiența noastră sau a altora.

O mare parte din creierul omenesc se preocupă cu prelucrarea imediată a informațiilor noi, cu compararea lor cu cele din trecut și înmagazinarea lor — în vederea rezolvării unor situații asemănătoare ce se pot ivi în viitor. Astfel, putem afirma că memoria este legată de toate celelalte funcții ale creierului, dar mai ales de inteligență, care o ajută în prelucrarea și analiza informațiilor, și pe care la rândul ei o ajută memoria; deci, între funcțiile psihice există o interdependență funcțională.

În decursul existenței individuale se observă în unele cazuri tulburări de memorie de durată scurtă sau mai lungă, ca de exemplu: în stări de oboseală, traumatisme, intoxicații, stări psihotice etc., în care se pot instala chiar amnezii lacunare, iar în alte cazuri ca în sindromul Korsakov și demențe, tulburările de memorie sint extrem de intense și irecuperabile în marea lor majoritate (*Sargent, 1964, Arienti, 1967, Grecu, 1968, 1970* etc.)

O problemă foarte mult dezbătută în trecut și în prezent o constituie substratul material și mecanismele prin care se realizează înregistrarea, compararea, înmagazinarea informațiilor și modul cum sint ele scoase la nevoie din depozitul memoriei.

În afara memoriei nu se poate reține și păstra experiența dobândită, nu ar exista nici reflexe necondiționate și condiționate, fapte care au dus la explicarea memoriei pe baza activității reflex-condiționate, concepție care în prezent nu mai satisface și se caută noi teorii legate în special de detaliile mecanismelor intime ale memoriei.

*Penfield (1939)* tratind chirurgical epilepsia, în unele cazuri neputind detecta cu precizie localizarea focarului prin electroencefalografie, a fost nevoit să treacă la la explorări directe cu electrozi asupra cortexului prin decorticare. În timpul acestor explorări, cind electrodul atinge anumite zone ale scoarței lobilor temporali, foarte mulți bolnavi își aminteau cu claritate scene, amintiri din trecutul îndepărtat (pe care le credeau uitate). După aceste observații *Penfield* a emis teoria „circuitelor electrice ale memoriei”, afirmind că în creier informațiile se păstrează printr-un proces de circuite autoîntreținute. Se presupune că cel mai simplu circuit se poate organiza între trei celule nervoase și că orice celulă corticală poate participa la un număr indefinit de asemenea circuite, ceea ce de fapt ar asigura capacitatea de memorare pe timpul unei vieți (bineînțeles gândindu-ne la posibilitatea creării de

circuite între cele 10—15 miliarde de celule din scoarța cerebrală), ținând cont că orice urmă de memorie se păstrează printr-un circuit unic.

Rose (1964—1967) aduce obiecții acestei teorii, susținând că aceste circuite necesită o energie extrem de mare și că ea nu poate explica stabilitatea memoriei.

Sarkisov (1969), pe baza studierii particularităților structurale ale neuronilor și ale legăturilor interneuronice, este de părere că celulele stelate din scoarța cerebrală au un rol foarte însemnat în procesul de stocare a memoriei.

Din experiențele psihologice și din cercetările biochimice reiese că, fixarea în memorie a noilor informații ce sosesc la creier sînt depozitate într-o așa-zisă „magazie de tranzit temporar”, de unde după prelucrare sînt transferate spre „depozitul de păstrare îndelungată”. În perioada depozitării informațiilor achiziționate, pe termen scurt, ele se pot pierde ușor, de exemplu numerele recente de telefon, numele unei persoane abia cunoscute etc. De fapt în această perioadă uitarea este ceva natural, în schimb trebuie remarcat că ea se poate accelera prin electroșoc, come insulinice, crize epileptice, traumatisme craniocerebrale, intoxicații acute etc., pe cînd informațiile transferate depozitului permanent nu se pierd în condițiile de mai sus, ele prezentînd o stabilitate mai mare, revenind în memorie după trecerea efectelor acestor terapii sau accidente, bineînțeles dacă acestea nu sînt prea drastice cu destrucții neuronale masive.

Traumatismele care lezează lobii temporali înlătură capacitatea de a reține urmele excitațiilor sonore, în timp ce nu este tulburată reținerea și păstrarea excitațiilor vizuale și motorii.

Burns (1958), studiînd efectele traumatismelor cerebrale grave, precum și ale electroșocului și refrigerării, a emis ipoteza existenței a două forme de memorie. Cea de scurtă durată sau temporară, depozitată în circuite reverberante, constituie din lanțuri neuronale ce se activează reciproc; această formă de memorie se pierde prin dezorganizarea acestor circuite, cînd se acționează asupra ei la scurt timp (prin terapia sau accidentele citate mai sus) după depozitarea informațiilor. A doua formă de memorie este cea de lungă durată, care deși reprezintă sub raport funcțional o continuare a celei de scurtă durată, mecanismul ei este diferit.

În cadrul memoriei de scurtă durată se presupune existența unei circulații rapide a excitațiilor, care prin înregistrarea lor la nivelul cortexului duc la schimbări de potențial electric, iar în cazul cînd acțiunea stimulului a fost de o durată mai lungă, potențialul electric rămîne modificat și după încetarea stimulării.

Majoritatea autorilor sînt de părere că, paralel cu modificarea potențialului electric apar și fine schimbări biochimice, care sînt mai accentuate în faza depozitării pe lungă durată a memoriei.

Observațiile de mai sus au înlăturat teoriile formulate în 1920, care explicau procesul stocării memoriei prin schimbarea legăturilor între unii neuroni, deschizîndu-se un nou circuit, în jurul căruia circula impulsul electric continuu. Această teorie nu a fost înlăturată de factori, care abolesc sau tulbură grav pentru un timp activitatea electrică a creierului. De aici se poate deduce că memoria are un caracter durabil — permanent și că această caracteristică implică ceva persistent sau schimbări stabile în structura creierului. Asemenea schimbări se pot întîlni la nivelul sinapsei — favorizînd trecerea informației, dar această schimbare poate atinge chiar celula în intimitatea organizării ei, făcînd-o mai receptivă sau în stare să conducă mai bine informațiile ce vin din exterior. Aceste schimbări par să fie asigurate prin modificări subtile în structura și biochimia celulei nervoase, fenomene care în ultimii ani încearcă să elucideze legătura biochimiei cu funcțiile creierului.

Progresele biochimiei și metodelor de studiu ale proceselor metabolice desfășurate chiar și în interiorul neuronilor au dus la descoperirea a numeroase fapte ce dovedesc legătura nemijlocită a memoriei cu acizii dezoxiribonucleici și ribonucleici (ADN și ARN).

Joung (1964, 1968) este de părere că progresul științelor biologice din ultimii ani este capabil să explice mecanismul de depozitare al informațiilor în structurile neuronale ale S.N.C., în care un rol important revine acizilor nucleici (prevăzînd în același timp posibilitățile dirijării mecanismului învățării).

Printre primii care au emis ipoteza unui mecanism biochimic al memoriei au fost *Halstead* și *Hyden* (1960).

Din observațiile făcute de numeroși autori după 1950, reiese că substanțele biochimice care se schimbă sint tocmai componentele celor mai stabile structuri celulare. Această concluzie corespunde cu dezvoltarea biochimiei, în special a sintezei proteinelor și a codului genetic. Intrucît proteinele sint constituenți esențiali celulari, orice schimbare în configurația sau funcția celulei trebuie pusă pe seama modificărilor în tipul și cantitatea proteinelor.

Pentru a demonstra baza biochimică a memoriei, în literatură se cunosc trei tipuri de experiențe.

Primul tip de experiență, efectuat de: *Wesley*, *Sporn* (1961), *Bernhard*, *Barondes* (1966), *Flexer*, *Reinis* (1968) etc. a constat în a administra animalelor de experiență unele substanțe care accelerează sau încetinesc sinteza proteinelor sau a acizilor nucleici, după care s-a trecut la observarea posibilității animalelor (de experiență) de a învăța sarcini noi sau de a și le aminti pe cele vechi.

Vom rezuma experiențele lui *Flexer*, care inhibă la animale (șobolani) procesul de sinteză a acizilor nucleici (foarte activ în creier) prin administrarea de puromicină. În acest mod s-a demonstrat experimental posibilitatea ștergerii informațiilor recent stocate în depozitul memoriei de scurtă durată al animalelor și chiar a împiedicării creierului de a imagina noi informații, în timp ce transferul acestora spre depozitarea în termen lung este deranjat. Dacă injectarea acestor substanțe s-a făcut înainte ca șobolanii să fi învățat drumul printr-un labirint, învățarea a fost extrem de grea și cu multe erori în raport cu grupul martor, dar dacă injectarea s-a făcut după învățare, șobolanii si-au păstrat memoria. *Barondes* arată că puromicina alterează traseul EEG la nivelul hipocampului (considerat sediul memoriei pe termen scurt).

Unele experiențe (pe șoareci) mai recente demonstrează că prin administrarea intracerebrală de diisopropilfluorofosfat, inhibitor al acetilcolinesterazei și esterazei (prima avînd un rol important în transmiterea nervoasă), se produce după cca. 30 de minute de la administrarea ei o amnezie cu o durată în medie de 5 zile.

Există și droguri (stricnina, amfetaminele etc.) care accelerează și măresc capacitatea de fixare a memoriei, sporind activitatea bioelectrică a creierului, fără să intervină însă direct asupra sintezei proteinelor din creier. Unii autori afirmă că „magnezium pemolina” crește capacitatea de învățare la șobolani, în timp ce crește și activitatea acizilor nucleici. *Smith* (1965, 1966) a cercetat administrarea acestei substanțe la om și afirmă că învățarea a fost mai dificilă ca la martori, cărora li s-a administrat placebo.

Al doilea grup de experiențe au constat din examinarea compoziției, schimbările proteinelor și a acizilor nucleici din unele regiuni cerebrale ale animalelor, după ce ele au învățat unele sarcini noi, comparativ cu o grupă de control.

Metoda izolării celulelor nervoase din cortexul animalelor de experiență a fost pusă la punct de *Hyden* (1961, 1964). Pentru a analiza conținutul în acizi ribonucleici, autorul a obținut cîteva duzini de celule din cortexul animalelor de control, cît și a celor supuse la învățare sau la stress. *Hyden* a observat că rotirea pasivă a unui iepure la balansoar duce la creșterea ARN-ului și a proteinelor, dar compoziția acizilor ribonucleici produși de stimularea pasivă rămîne aceeași ca la început, pe cînd în experiențele în care animalul a fost pus să învețe „îndepărtarea unui obstacol pentru a-și obține hrana”, în celulele nervoase în afară de creșterea cantitativă de ARN, apar și schimbări în compoziția acestora.

*Hyden* este de părere că prin activitatea neuronală se produc modificări în moleculele ARN, sintetizîndu-se o proteină structural schimbată, care va contribui la realizarea excitației și a transmiterii impulsurilor nervoase cu mare ușuranță, atunci cînd neuronii se găsesc în situații identice cu cele care au produs prin acțiunea lor asupra ARN-ului, sintetizarea proteinei modificate. În aceste condiții, celulele nervoase demonstrează înmagazinarea informației respective pentru timp îndelungat. În cazurile în care sintetizarea proteinelor modificate a fost împiedicată, desigur că înmagazinarea informației pe termen lung a fost înlăturată.

Aceste studii *Hyden* le-a făcut prin recoltarea unor celule nervoase din nucleul *Daiters*, deci este vorba de o metodă și tehnică fină, ce constituie și primele cercetări clinice în acest domeniu. În urma acestor observații, el emite ipoteza (care nu și-a găsit mulți susținători) că memoriile sint codificate în celule nervoase cu ajutorul moleculelor de ARN specific.

*Hyden* a observat că prin dozarea ARN-ului în celulele nervoase la om, pînă la vîrsta de 40 de ani acizii ribonucleici se află în continuă creștere (de la 0.4 micrograme cit are celula nervoasă la vîrsta de 3 ani, la 0.6 micrograme la 40 de ani), menținindu-se în jurul acestei limite pînă la 60 de ani, vîrstă după care descrește foarte lent.

De menționat că *McGill* și *Cameron* (1966), citați de G. R. *Taylor* (1968), preparînd ARN uman în stare nativă au trecut la administrarea acestuia (intravenos în doză zilnică de 50—70 mg, timp de 15 zile) unor bătrîni cu tulburări în memoria de fixare, reușind astfel să crească capacitatea de memorare a faptelor recente.

Legat de aceste experiențe *Gordon* (citată de G. R. *Taylor*, 1968), extrăgînd ARN din creierul unor șobolani învățați să se îndrepte spre alimente la un semnal sonor, a trecut la administrarea ARN-ului la un grup de șobolani necondiționați, lucrînd în același timp și cu un grup martor. Autorul acestei experiențe afirmă că nu a observat o memorie superioară la cei cărora le-a fost injectat ARN, față de cei din grupa martor.

În grupul al treilea de experiență autorii au trecut la sacrificarea animalelor „condiționate” pentru a li se extrage proteinele și acizii nucleici din creier, în scopul de a injecta altor animale necondiționate sarcina respectivă. Aceste experiențe au urmărit posibilitatea de a transfera o dată cu proteinele și memoria (sarcina învățată).

Experiențele de transfer au fost începute de *McConnell* (1956, 1957, 1959, 1962) prin învățarea planariilor de a răspunde invers la stimulii luminoși (în mod normal ei răspund la acești stimuli prin întinderea lor către sursa de lumină, iar la stimulii electrici prin răsucirea lor, luînd o formă ghemuită) și electrici, deci să se ghemuiască la lumină și să se întindă la stimulii electrici.

*Thompson* și *McConnell* au obținut acest reflex condiționat pe planarii după 100 de repetiții și cu toate că uitarea se instala repede, ea nu era niciodată completă, deoarece după cîteva repetiții reacțiile învățate anterior au fost complet reactualizate. Se știe că planariile au o mare capacitate de regenerare, astfel *Jacobson* și *Kimble* secționîndu-le în două, au observat că porțiunii căreia i-a rămas capul i s-a regenerat o nouă coadă, iar porțiunii căreia i-a rămas coada i s-a regenerat un nou cap (în decurs de o lună). În același timp, experimentatorul a observat că cele două planarii noi răspundeau la lumină prin răsucirea lor într-o formă ghemuită. Deci rezultă că nu numai capul vechi își amintește antrenamentul, ci și capul nou regenerat de coadă. Astfel, la planarii memorarea se face cu întreg sistemul nervos, memoria nefiînd localizată numai în cap, iar transmiterea se produce pe baza substratului biochimic. Ulterior tot *McConnell* cu *Jacobson* (1965) au observat că, dacă planariile neantrenate sint alimentate cu resturile din planariile antrenate, ele își însușesc comportamentul celor antrenate. Aceste experiențe au provocat discuții aprinse și s-a demonstrat că planariile ingerează hrana în grămezi, fără scindarea moleculelor proteice și a acizilor ribonucleici în molecule mai simple, fenomen diferit de cel de la animalele evaluate.

*Corning* tratînd planariile cu o soluție de ribonucleoză (enzimă care desface ARN-ul) a observat că planariile regenerate din extremitatea codală nu mai posedă memoria învățată, ca cele din extremitatea cefalică. Din această experiență se concluzionează că transmiterea memoriei este dirijată de ganglionul neuronal. La organellele superioare, cu siguranță, selecționarea în timp și spațiu a secvențelor de informație genetică prezintă o cale nouă și mult superioară. De fapt celulele nervoase au un conținut foarte bogat în ARN, iar modificările biochimice ce survin la acest nivel sint în raport direct cu activitatea neuronală.

*Jacobson* (1965) a efectuat cercetări experimentale pe șobolani, susținând că există posibilitatea transplantării memoriei de la un creier la altul. În acest scop, el a condiționat reflex un grup de șobolani să mănânce dintr-un recipient la un anumit semnal acustic (sonerie). După ce reflexul a fost bine fixat, din creierul acestor mici animale experimentatorului a izolat acidul ribonucleic, pe care l-a injectat în creierul grupei necondiționate. Cele trei grupe au fost formate din câte 25 de animale. La câteva ore de la injectarea ARN, la semnalul acustic, 7 din cei 25 de șobolani s-au îndreptat spre recipient, în timp ce din grupa martor numai unul.

Asemenea experiențe au fost pozitive și la alte grupe de animale la care reflexul condiționat a fost fixat cu ajutorul unui semnal luminos.

*Agranoff* a învățat peștișorii de aur să treacă printr-un orificiu iluminat. La 20 de secunde după iluminare urma o ușoară, dar neplăcută stimulare electrică în bazinul din care trebuiau să treacă în celălalt. Autorul a observat, că la 40 de minute, după 30 de asemenea lecții, peștișorii și-au însușit această condiționare, reacție pe care nu au uitat-o nici după 30 de zile. Se relevă faptul că unii peștișorii, au învățat lecția la numai 17 experiențe ceea ce se pare că depinde și de „inteligenta” lor. Din această experiență se deduce că este vorba de o memorie de scurtă durată și de una de lungă durată.

Pentru demonstrarea acestor două forme de memorie s-au făcut experiențe cu puromicină, constatându-se că dacă această substanță se administrează la scurt timp de perioada în care peștișorii trebuiau să învețe, ei nu mai erau capabili să-și însușească lecția, iar dacă această substanță se administrează la câteva ore după ce lecția a fost învățată, substanța nu mai avea nici o influență asupra memoriei de lungă durată. Autorii sînt de părere că în cadrul memoriei de scurtă durată nu intervin modificări proteinice, în timp ce în memoria de lungă durată se petrece o fină și complicată sinteză de transformări stabile în structura proteinelor neuronale. *Agranoff* este de părere că memoria injectată se pierde dacă nu se repetă antrenamentul anterior pentru consolidarea ei; efectul ARN-ului, după observațiile autorului, apare în medie la 5 ore de la injectarea lui și se menține 24 de ore, timp în care posibilitățile de fixare a reflexelor condiționate (învățate anterior de animale de la care s-a extras acidul ribonucleic) sînt ușoare și maxime.

În S.U.A., în ultimii ani, se experimentează aceste posibilități de transfer al memoriei pe animale evolute. Unii autori afirmă că au obținut răspunsuri pozitive (*Rosenblat*, 1966, *Albert*. 1966 etc.) În schimb există rezerve asupra afirmațiilor, deoarece biochimia demonstrează că injectarea intraperitoneală de acizi ribonucleici sau proteine, nu poate ajunge la celulele din creier înainte de a fi digerate și scindate în molecule simple (lucru demonstrat prin injectarea de ARN marcat cu izotopi).

*Joshua Lederberg* (1966, citat de *G. R. Taylor*, 1968), laureat al premiului Nobel pentru biochimie, combate teoria biochimică a memoriei, susținând că nu este probată suficient și că creierul încă nu este studiat îndeajuns, iar ARN-ul poate fi considerat ca suport al memoriei.

Biologii englezi *Zamenhot*, *Masley* și *Schuler* (citați de *G. R. Taylor*, 1968) au efectuat o experiență interesantă, realizînd o creștere a creierului cu ajutorul hormonului de creștere secretat de hipofiză, pe care l-au injectat unor șoricioace, în perioada de gestație. Șoricioacele injectate cu acest hormon au dat naștere la pui care prezentau o creștere a creierului cu 17 %, în comparație cu puii animalelor martor, iar numărul neuronilor raportați la aceeași unitate de suprafață corticală depășea cu 60 % pe cel al martorilor. Desigur că această experiență apare extrem de interesantă, mai ales că între numărul neuronilor, memorie și inteligență există strînse relații de interdependență și astfel este posibil ca ființe cu un cap extrem de voluminos în raport cu restul corpului, descrise de *H. G. Wells* în povestirea sa: „Năvălitorii din stele”, să fie urmașii noștri.

În general este foarte bine cunoscut faptul că, în perioada de dezvoltare a creierului sinteza proteinelor și a acizilor ribonucleici este foarte activă și capacitatea de depozitare a informațiilor este maximă, capacitate ce scade cu vîrsta.

*Merkler* (1967), distinge trei tipuri de memorie biologică: genetică, imunologică și cerebrală. El explică (ipotetic) memoria cerebrală, adică a formării engramei și a înmagazinării ei în S.N.C., ca rezultat al stimulilor ce acționează asupra receptorilor diferențiați la nivelul cărora ia naștere impulsul nervos (generat de excitații), care este trimis de la un neuron la altul prin intermediul mediatorilor chimici. După ipoteza lui, acești mediatori reacționând cu proteinele din membrana neurorenală, schimbă conformația acestora formînd o nouă proteină, denumită de el „proteină informațională”, de care ar fi legată memoria cerebrală.

Se pare că memoria de scurtă durată reprezintă o modificare reversibilă a structurii proteice din membrana neuronală, în timp ce memoria de termen lung ar fi rezultatul sintezei unui acid nucleic adecvat. Lucrări interesante asupra memoriei moleculare au fost publicate de *Bogoch* (1968) și *Ungar* (1970) etc.

*J. Monos*, afirmă că S.N.C. uman, cu structura sa extrem de complexă, conține  $10^{12}$ — $10^{13}$  neuroni interconectați prin intermediul a  $10^{14}$  sinapse, care leagă celulele nervoase îndepărtate între ele, transmiterea sinaptică constituind o problemă esențială, ce stă la baza memoriei. De fapt la nivelul neuronului se integrează semnalele care vin prin intermediul sinapselor, fenomen legat și de interacțiunile moleculare. Calculatoarele electronice se pot compara în structura funcționii lor cu un neuron, dar ele rămîn la un nivel inferior de integrare.

De fapt, numai prin intermediul memoriei este posibilă învățarea (asimilarea cunoștințelor și dezvoltarea intelectuală), care se asociază și cu o cizelare a tuturor trăsăturilor de personalitate, iar o dată cu alterarea (scăderea) acestei funcții corticale, extrem de importantă și complexă, se estompează și trăsăturile personalității (în raport cu gradul de alterare).

Desigur că în procesul memoriei intervin și alții factori în afară substratului molecular, pe care nu-i vom dezbate în acest referat.

Cu toate că aceste date sînt interesante și importante, avînd o notă de optimism, ele nu au elucidat extrema complexitate a mecanismului intim a modului prin care ARN și proteina sintetizată contribuie la procesul de memorizare (de scurtă sau lungă durată) și modul în care aceste informații sînt reluate cu promptitudine pentru a fi comparate cu informațiile noi.

Se poate afirma însă că la baza acestor procese un rol important revine biosintezei și acizilor ribonucleici, iar bazele memoriei sînt mult mai variate și includ mecanisme structurale și funcționale extrem de complicate.

Probabil că secolul XXI, prevestit ca fiind secolul biochimiei, să ducă omeniirea la descoperiri extraordinare, printre care am putea aminti și posibilitatea cumpărării unor tablete sau injecții de memorie sau de uitare, depinzînd aceasta de stările în care se vor afla urmașii noștri.

*Sosit la redacția: 13 mai 1970.*

*Bibliografia la autor.*