

Clinica de Neuropsihiatrie Infantilă (cond.: conf. dr. B. Așgian, doctor în medicină) din Tîrgu-Mureș

BAZELE MORFOFIZIOLOGICE ALE FUNCȚIILOR DE EXCITABILITATE ȘI CONDUCTIBILITATE NEUROMUSCULARĂ

B. Așgian

Introducerea în practica electromiografică a examenului de stimulo-detectie a dat posibilitate neurologului-electromiografist să examineze în mod direct funcțiile de excitabilitate și de conductibilitate ale fibrelor nervoase, stabilind în mod obiectiv și cu codificare cifrică intensitățile de curent electric necesare stimulării fibrelor nervoase senzitive și motorii, timpii de latență care se scurg între momentul stimulării și momentul potențialelor evocate, viteza de circulație a influxului nervos prin fibrele motorii și senzitive, să analizeze particularitățile potențialelor evocate motorii și senzitive, și să efectueze aceste determinări la orice individ, inclusiv la bolnavii cu incapacitate motorie totală, la cei care nu colaborează sau la cei de rea-credință. Dezvoltarea ulterioară a examenului de stimulo-detectie a cuprins și alte domenii de mare importanță cum sînt stabilirea parametrilor funcționali ai reflexului H, capacitatea funcțională a sinapsei neuromusculare cu urmărirea îndeosebi a fenomenului de prăbușire miastenică, investigarea funcției de inervație reciprocă a agonistilor și antagoniștilor, studiul fenomenului de „jitter” etc. Întrucît toate investigațiile amintite se referă în ultima instanță la funcțiile de excitabilitate și de conductibilitate ale fibrelor nervoase din conținutul nervilor periferici, examenului de stimulo-detectie i s-a dat și denumirea de *electroneurografie*.

Experiența electroneurografică a numeroși autori precum și experiența noastră, a scos însă în evidență faptul că tulburările funcțiilor de excitabilitate și de conductibilitate neuromusculară nu evoluează întotdeauna paralel, și aceasta indiferent de etiologia și localizarea bolii, de caracterul neuronopatic, axonopatic sau mielinopatic al leziunilor precum și de stadiul evolutiv al afecțiunilor. Existența destul de frecvent constatată a discordanțelor între parametrii funcțiilor de excitabilitate și de conductibilitate neuromusculară este condiționată de faptul că aceste două funcții ale conductorilor nervoși, deși strîns legate între ele, reprezintă totuși entități morfofuncționale bine diferențiate și de sine stătătoare.

Excitabilitatea constituie capacitatea fibrelor nervoase de a sesiza modificările ce survin în mediul lor intern și în cel înconjurător; ea este expresia electrofiziologică a variațiilor pasagere ale permeabilității mem-

branelor fibrelor nervoase față de ioni, sub influența diversilor stimuli, acești stimuli reprezentând *forma* sub care modificările mediului acționează asupra membranelor. Se știe că membranele sînt structuri continue, de constituție predominant lipoproteică, care compartimentează materia vie și care au proprietăți caracteristice de permeabilitate selectivă față de ioni. Proprietatea de permeabilitate a membranei pentru ioni se datorează existenței — în grosimea membranelor — a unor microcanale numite *pori* sau *ionofore* (fig. nr. 1), care au diametrul de 3-4 Å și care sînt constituite din complexe moleculare cu exteriorul hidrofob și cavitatea polară centrală umplută cu apă (Benga, 1979). Prin ionofore, ionii circulă atît datorită unui *transport pasiv* efectuat prin difuziune și/sau pe baza gradientului electrochimic (Woodburry, 1963), cît și unui *transport activ*, indeplinit de pompele ionice, mai ales de către pompa de sodiu. În stare de repaus, factorii amintiți determină repartizarea diferențiată a ionilor, ceea ce creează o stare polarizată, cu sarcina negativă în interior și cea pozitivă în exterior, fapt ce generează între exteriorul și interiorul membranei, o diferență de încărcătură electrică de -90 mV, care constituie *potențialul de repaus*.

Cînd asupra membranei acționează un stimul fiziologic, patologic sau convențional, permeabilitatea membranei pentru ioni se modifică selectiv, crescînd de aproximativ 500 de ori pentru ionii de Na^+ , dar rămînd aproape neschimbată pentru cei de K^+ , ceea ce dezlănțuie năvala ionilor de Na^+ înăuntrul membranei și exodul celor de K^+ în afara acesteia, fenomen care constituie *depolarizarea* membranei, ceea ce se traduce electrofiziologic printr-un *potențial de acțiune*, ce are o amplitudine de aproximativ 120 mV.

Prin urmare, excitabilitatea unui conductor nervos exprimă de fapt un fenomen electrochimic datorită căruia un stimul fiziologic, patologic sau convențional, este capabil să transforme potențialul de repaus al membranei în potențial de acțiune.

Fibrele nervoase au un prag de stimulare care se numește *reobază*; cu cît pragul de stimulare este mai scăzut, cu atît excitabilitatea fibrelor este mai mare, această funcție fiind în raport direct proporțional cu grosimea tecii de mielină a fibrelor. Pragul de stimulare fiziologic pentru fibrele nervoase A alfa, care au diametrul între 12—20 micrometri (fig. nr. 2), variază între 30—60 V. Creșterea treptată peste 20 V a intensității curentului de stimulare depășește treptat, inițial reobaza fibrelor nervoase cu diametrul de 20 micrometri și apoi a fibrelor cu teaca de mielină din ce în ce mai subțire, astfel încît la stimularea supramaximală, toate fibrele nervoase dintr-un nerv se depolarizează. Rezultă deci că măsura excitabilității fibrelor nervoase este reprezentată de intensitatea de curent electric necesară și capabilă să determine depolarizarea fibrelor, între acest factor și funcția de excitabilitate a fibrelor nervoase senzitive sau motorii existînd un raport invers proporțional și anume: cu cît excitabilitatea fibrelor este mai mare, cu atît intensitatea de curent electric necesară stimulării trebuie să fie mai mică și invers, cu cît excitabilitatea fibrelor este mai mică, cu atît intensitatea de curent necesară stimulării trebuie să fie mai mare. Prin urmare, intensitatea curentului de stimulare măsoară excitabilitatea fibrelor nervoase motorii și senzitive, de aceea, în timpul examenului electroneurografic, determinarea cît mai precisă a

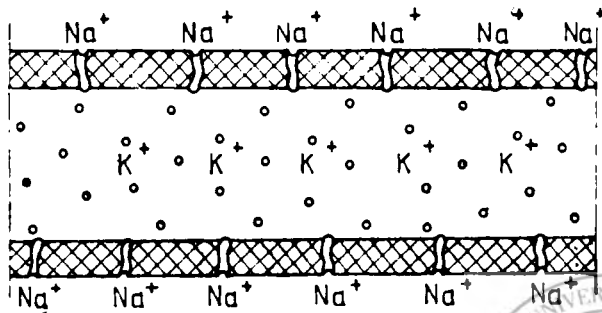
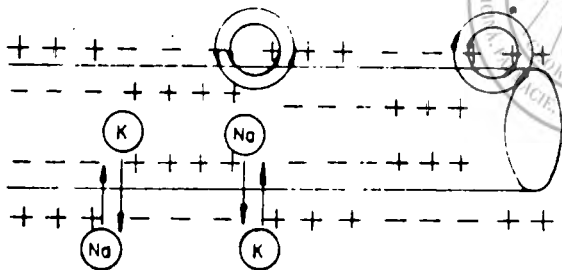


Figura nr. 1. Membrana neuronală și „porii” sau „ionoforele” datorită existenței cărora, membrana are proprietatea de permeabilitate pentru ioni.

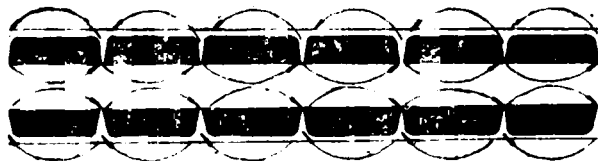


Conducerea „din aproape în aproape”
prin fibrele amielinice

Figura nr. 3. Transmiterea impulsurilor nervoase prin fibrele amielinice de tip Remak; curenții locali Hermann.

Tipul de fibră	Grosimea fibrelor (în micrometri)	Teaca de mielină	Funcția fibrelor	Viteza de conducere (în m/sec)	
A	α	12 - 20	grasă	Motorii extrafusale senzitive proprioceptive	60 - 120
	β	7 - 15	medie	Senzitive tactile	40 - 90
	γ	4 - 8	subțire	Motorii intrafusale	30 - 45
	δ	2,5-5	subțire	Senzitive termo-algezice	12 - 25
B	1 - 3	f subțire	Fibre vegetative preganglionare	3 - 15	
C	0,3-1,5	fără	Fibre simplice postganglionare	0,5 - 2	

Figura nr. 2. Categoriile de fibre nervoase din conținutul nervului periferic, cu grosimile tecilor de mielină, funcția fibrelor și viteza de conducere prin ele.



Conducerea „saltatorie” prin fibrele mielinice

Figura nr. 4. Transmiterea „saltatorie” a impulsurilor nervoase prin fibrele mielinizate; curenții internodali Tasaki.

intensității de stimulare constituie un moment de cea mai mare importanță diagnostică.

A doua activitate funcțională a fibrei nervoase este *conductibilitatea*, funcție prin care se înțelege capacitatea fibrei de a propaga de-a lungul membranei neuronale, sub formă de *impuls nervos*, potențialul de acțiune generat de un stimul (Woodburry și Patton, 1963).

Transmisia impulsurilor prin fibrele nervoase reprezintă de asemenea un fenomen electrochimic, care constă în deplasarea de-a lungul conductorului nervos, a zonei de negativitate generate în urma depolarizării membranei neuronale. Această deplasare realizează o veritabilă „undă de negativitate”, care constituie fondul electrochimic al propagării impulsului nervos.

Deplasarea „unde de negativitate” se desfășoară în mod diferit în fibrele cenușii de tip Remak și în fibrele mielinizate. Astfel, în fibrele amielinice Remak, permeabilitatea membranei fiind egală de-a lungul întregului traiect, schimbările de ioni au loc pe toată suprafața fibrei, iar deplasarea unde, favorizată de curenții Hermann (fig. nr. 3) se desfășoară „din aproape în aproape”, cu viteze mici de 0,5—2 m/sec. În fibrele cu teacă de mielină, membrana este permeabilă pentru ioni numai la nivelul strangulațiilor Ranvier, prin urmare fenomenele de depolarizare pot avea loc numai la nivelul acestora, iar „unda de negativitate”, favorizată de curenții internodali Tasaki (fig. nr. 4), se deplasează de-a lungul conductorului sărind de la o strangulație Ranvier la cea învecinată. Această propagare „saltatorie” a unde de negativitate permite atingerea unor viteze cu mult mai mari decât în fibrele amielinice, viteze care sînt direct proporționale cu grosimea teicii de mielină și cu lungimea segmentelor internodale, astfel încît în fibrele nervoase cu diametrul de peste 12 microni, viteza de circulație a impulsurilor poate atinge cifra de 60—120 m/sec. (vezi fig. nr. 2).

În condiții fiziologice, deplasarea unde de negativitate are loc în sens celulipet prin fibrele senzitive și celulifug prin fibrele motorii, adevăr formulat în legea polarizării dinamice de către Bell și Magendie. Dacă însă, în condiții de laborator, se determină o stimulare artificială (cu curent electric) a unui conductor nervos, deplasarea unde de negativitate se produce — de la punctul de stimulare — în ambele sensuri ale fibrelor nervoase, atît celulipet cît și celulifug, validarea impulsurilor producîndu-se însă numai în direcția funcției firești a fibrelor respective, deoarece numai în acea direcție fibrele sînt prevăzute cu echipamentul morfofiziologic necesar transmiterii sinaptice. Mai trebuie menționat că deplasarea unde de negativitate prin fibrele nervoase are loc în mod izolat prin fiecare fibră și că ea se desfășoară fără decrement, amplitudinea unde menținîndu-se aceeași de-a lungul conductorului, indiferent de lungimea acestuia.

Prin urmare, sintetizînd cele de mai sus, putem spune că *excitabilitatea* este capacitatea unei fibre nervoase de a sesiza survenirea unui stimul și de a se depolariza sub influența acestuia, creînd la suprafața membranei o zonă de negativitate, pe cînd *conductibilitatea* este proprietatea fibrei respective de a propaga zona de negativitate rezultată din depolarizarea membranei și de a o transmite: *spre efectori* dacă este fibră motorie, sau *spre corpul neuronal* dacă este fibră senzitivă. Ambele funcții

au ca fundament morfofuncțional procese electrochimice condiționate de schimburi ionice la nivelul membranelor neuronale, dar aceste două procese, deși în raporturi strinse, nu sînt nici identice și nici analoge; între ele există deosebirea esențială că *excitabilitatea este o funcție locală pe cînd conductibilitatea este o funcție de transmitere la distanță*. Această deosebire de esență face ca cele două funcții să constituie entități diferențiate, reprezentînd — în electrofiziologie — parametri funcționali de sine stătători. Acest determinism specific și această funcționalitate distinctă a celor două procese neurofiziologice explică de ce uneori, la nivelul acelorași fibre nervoase, factorii patogeni afectează mai mult sau mai puțin, pe una sau pe cealaltă din cele două funcții, justificîndu-se astfel posibilitatea perturbării lor unilaterale. Experiența noastră la peste 3000 de persoane cu suferințe ale sistemului nervos periferic ne-a arătat că numai în aproximativ 35—40% a cazurilor, simptomatologia clinică a bolnavilor este dublată de modificări *electromiografice*, adică ale traseului EMG, și *electroneurografice*, adică ale excitabilității și conductibilității neuromusculare, în rest putînd constata cele mai diverse aspecte de necorespondență între manifestările clinice, cele electromiografice și cele electroneurografice.

Asemenea necorespondențe au fost observate și de alți electromiografiști din țara noastră. Astfel, Vasilescu (1981) relatează constatarea unor situații asemănătoare în intoxicațiile cu sulfură de carbon, în poli-neuropatiile alcoolice, hepatice și uremice precum și în sindromul de tunel carpian; Florescu (1981) consemnează modificări electroneurografice în mielinopatiile toxice, fără a fi constatat paralel, și modificări ale *traseului EMG*. Asemenea consemnări au rămas însă la stadiul de constatări sporadice, fără a fi reunite în grupări categoriale și fără a se enunța o clasificare a acestor grupări. După părerea noastră, aceste nepotriviri între simptomatologia clinică, cea electromiografică și electroneurografică constituie aspecte diferențiate de *discordanțe*, pe care le considerăm a fi de 3 categorii:

1. Discordanțe între simptomele clinice și cele EMG-ENG, aceste discordanțe fiind de cele mai multe ori *electroclinice*, adică bolnavii sînt *fără* manifestări clinice subiective și/sau obiective dar cu modificări electrice; cazurile inverse, cu discordanțe *clinicoelectrice*, se întîlnesc mult mai rar.

2. Discordanță între aspectul *traseului EMG* și valorile examenului electroneurografic, mai frecvent fiind cazurile în care traseul EMG este mai puțin, sau chiar deloc modificat, în timp ce valorile parametrilor funcționali de excitabilitate și conductibilitate neuromusculară prezintă perturbări apreciabile; forma inversă a acestei discordanțe este întîlnită mult mai rar. Menționăm că bolnavii cu discordanțe ENG-EMG adeseori nu prezintă acuze clinice subiective și — uneori — nici semne obiective, pacienții aflîndu-se deci în stadii preclinice, subclinice de boală.

3. A treia categorie de discordanțe este în legătură cu subiectul lucrării pe care îl prezentăm și este constituită din neconcordanțele dintre valorile funcțiilor de excitabilitate și de conductibilitate neuromusculară, situații în care una sau alta dintre aceste două funcții este interesată în mod predominant sau chiar în exclusivitate. În legătură cu această categorie de discordanțe, experiența noastră clinico-electroneurogra-

fică ne-a demonstrat de nenumărate ori și ne-a convins că parametrul funcțional mai deseori și mai pronunțat interesat este excitabilitatea fibrelor nervoase, mai ales a fibrelor senzitive și cu deosebire în porțiunea lor distală.

Dorim să mai amintim în această privință, fără intenția de a răsturna canoane, că am întâlnit în practică numeroase cazuri de scădere izolată a excitabilității mai ales distale, sau de scădere izolată a vitezei de conducere senzitive sau motorii, atât în polineuropatiile prin degenerescență axonală cit și în polineuropatiile prin demielinizare segmentară. Dorim de asemenea să mai precizăm aici că multe dintre cazurile cu discordanță între perturbările excitabilității și cele ale conductibilității neuromusculare, se pot afla în stadii subclinice din punct de vedere al simptomatologiei subiective și chiar al celei obiective, și că traseele EMG înregistrate din mușchii teritorialii pot prezenta uneori modificări puțin importante, alții modificări nesemnificative și în unele cazuri se pot înregistra chiar și trasee EMG normale.

Cunoscând cele 3 categorii de discordanțe clasificate mai sus și bazați pe o experiență electroclinică suficient de mare, credem că în evoluția afecțiunilor sistemului nervos periferic, perturbările urmează o anumită desfășurare stadială: mai întâi sînt interesați parametrii funcționali de excitabilitate și/sau de conductibilitate neuromusculară, de multe ori fiind afectată la început excitabilitatea distală a fibrelor senzitive. După afectarea parametrilor funcționali se modifică traseul EMG, care ia caractere din ce în ce mai neurogene și numai după aceea încep să apară și manifestările clinice subiective și/sau obiective. Prin urmare, în această evoluție *stadială* a afecțiunilor sistemului nervos periferic, în special în afecțiunile cu evoluție cronică, lentă, există lungi perioade de timp în care manifestările clinice sînt minore, neînsemnate sau chiar inexistente, aflate în stadiu subclinic, în timp ce funcțiile electromiografice și/sau electroneurografice prezintă modificări mai mult sau mai puțin importante, dar în orice caz cu semnificație patologică. Surprinderea acestor modificări în stadiile preclinice sau incipiente ale îmbolnăvirilor sistemului nervos periferic prezintă o deosebit de mare însemnătate practică, deoarece ele dau semnalul instituirii mai precoce a tratamentului, mărind astfel eficiența acestuia și sporind posibilitatea unor recuperări mai rapide, lipsite de, sau cu cit mai puține sechele.

Bibliografie

1. *Benga Gh.*: Biologia moleculară a membrilor. Ed. Dacia, Cluj-Napoca, 1979;
2. *Florescu A.*: Electromiografia și electroneurografia în polineuropatiile toxice. În: Stamatoiu I., Așgian B., Vasilescu C. (sub red.): Electromiografie clinică. Ed. Medicală, București, 1981, 192; 3. *Vasilescu C.*: Electromiografia și electroneurografia în neuropatii, axonopatii și mielinoopatii. În: Stamatoiu I., Așgian B., Vasilescu C. (sub red.): Electromiografie clinică. Ed. Medicală, București, 1981, 150; 4. *Woodburry J.W.*: Proprietățile biofizice ale membranei celulare. În: Ruch T., Fulton J. (sub. red.): Fiziologie medicală și biofizică. Ed. Medicală, București, 1963, 29; 5. *Woodburry J.W., Patton H.D.*: Potențialul de acțiune. Proprietățile de transmisie și excitabilitate ale membranelor celulare. În: Ruch T., Fulton J. (sub. red.): Fiziologie medicală și biofizică. Ed. Medicală, București, 1963, 69.