

Aportació de la neurociència a la comprensió del desenvolupament i el funcionament mental

Jordi Ponces i Vergé. Neuròleg¹

Els coneixements actuals de la neurologia i del desenvolupament neuro-psico-senso-motriu del nen, ens permeten profunditzar cada vegada més en aspectes que poden ser motiu de diàleg amb les aportacions de la teoria psicoanalítica. Aquesta possibilitat de confluència és possible perquè la neurofisiologia ha deixat d'estar exclusivament basada en l'experimentació animal i ha profunditzat més en les funcions pròpiament humanes, i perquè la psicoanàlisi s'ha enriquit amb noves i excel·lents aportacions. Ambdues ciències són cada vegada menys omnipotents i excloents. En aquesta comunicació em circumscriuré en set aspectes molt concrets que penso que poden ser motiu d'aquest diàleg: 1. El desenvolupament neuro-anatomo-fisiològic de l'encèfal humà; 2. Els fenòmens transitoris; 3. Les diferències entre l'home i els altres mamífers; 4. Els períodes crítics; 5. La formació de l'inconscient, 6. Les neurones en mirall i, 7. Finalment una reflexió sobre les ciències biològiques.

1. El desenvolupament neuro-anatomo-fisiològic

El sistema nerviós central està constituït per la cèl·lula més específica del teixit nerviós que és la neurona i per unes altres, a les que cada vegada se'ls atribueixen més funcions, agrupades amb el nom de glia. A la neurona se li reconeixen tradicionalment tres parts: el cos neuronal, un conjunt de proliferacions curtes: les dendrites, i una prolongació molt més llarga: l'axó o cilindreix. No va ser fàcil aïllar a la neurona, ja que la imatge microscòpica dels aparells del segle dinou i principis del vint, només oferien que un teixit constituït per una xarxa o teranyina enrevessada (Fig.1).

Moltes de les prolongacions més llargues, els axons, estan embolicades per una làmina rica en lípids, la mielina, que augmenta la seva velocitat de conducció.

Gràcies a la millora de la tecnologia utilitzada en els laboratoris, des de mitjan segle XX, es poden

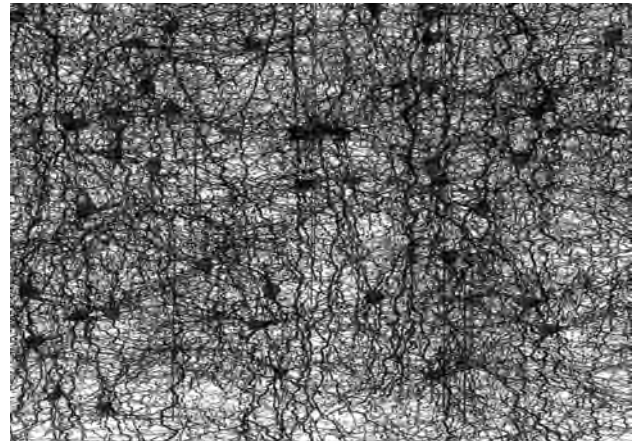


Fig. 1

estudiar les connexions interneuronals o sinapsis i estudiar el seu funcionament. A la vegada, i a partir de 1947, les aportacions de la cibernètica amb la descripció de diferents sistemes de retrocontrol faciliten la comprensió de nous tipus de funcionament. Així es va fer clar que el funcionament del cervell es deu més a la creació de circuits neuronals, que al fet que existeixin determinades especialitzacions de les neurones.

Cada neurona funciona d'una manera molt simple: emet impulsos elèctrics i s'estimula pels impulsos que li arriben amb una intensitat suficient. Això és possible gràcies al flux d'ions que es realitza a través de la membrana. En repòs, una neurona manté un potencial negatiu. L'impuls es genera gràcies a l'entrada massiva de l'ió Na⁺ que momentàniament modifica el potencial de membrana, fent-lo positiu. És l'impuls nerviós. De seguida la membrana torna a repolaritzar-se, recobrant el potencial de repòs.

Com hem comentat abans, el sistema nerviós central està constituït també per altres cèl·lules agrupades amb el nom de neuròglia. Hi ha tres tipus de cèl·lules glials a les que cada vegada se'ls coneixen més funcions: els astròcits que tenen una funció de sustentacle, absorbeixen GABA i àcid glutàmic, capten ions K en excés i fagociten detritus; els oligodendròcits que fabriquen mielina

i la micròglia, que migren a zones lesionades i fagociten detritus. Als nervis perifèrics hi ha les cèl·lules de Schwann.

Habitualment donem el nom de desenvolupament al canvi biològic gradual a través del qual es passa d'un estat a un altre de més complex i, si es vol, més perfecte. Pel que fa referència a l'encèfal humà, quan parlem de desenvolupament ens referim a la manera com el teixit nerviós es va organitzant anatomo-fisiològicament. Aquesta forma d'arranjar-se és la que permet anar elaborant les funcions pròpiament humanes, que a la vegada són fruit d'aquesta estructuració i també són estructurants del mateix teixit nerviós que les sustenta.

Tot això es fa seguint un programa seqüencial comú a l'espècie però amb variacions individuals. Es passa per una sèrie d'estats successius cadascun dels quals és preparatori, i punt de partida, de l'immediatament següent. Cada estat o etapa té un període de formació i un període de funcionament òptim. Cada estructura és a la vegada punt de maduresa d'un estadi i punt de partida d'un estadi ulterior en el qual s'integrarà.

El procés del desenvolupament de l'encèfal humà, pel que fa al teixit pròpiament neuronal, i els elements que l'integren, es realitza gràcies a sis paràmetres: la fabricació de neurones en excés; la creació de sinapsis en excés; la migració neuronal; la reducció neuronal; la reducció de sinapsis i el creixement neuronal.

1.1. Fabricació de neurones en excés

Després de la fecundació de l'òvul, les successives divisions cel·lulars van permetent que les noves cèl·lules es vagin diferenciant, gràcies a l'existència d'un grup de gens, que s'activen de forma seqüencial en cada moment del desenvolupament intrauterí. A mesura que es va desenvolupant l'embrió apareix el tub neural, format per les cèl·lules mare neurals. Aquestes esdevindran neurones o cèl·lules de la glia. Les que seran neurones són els neuroblastes, que no es divideixen sinó que maduren i es converteixen en neurones.

A partir de la quarta setmana la producció de neurones és debordant. Fins a la vintena setmana intrauterina neixen 15.000 neurones per segon. Més endavant la producció va disminuint, però la neurogènesi es manté en la vida extrauterina en la infància i, amb molt menys ritme, durant tota la vida adulta.

1.2. Creació de sinapsis en excés

Tota neurona per mantenir-se viva ha de funcionar si no s'atrofia i es mor. Funcionar, per una neurona, és rebre i emetre impulsos. Això vol dir que s'ha de connectar amb altres neurones. Aquesta creació de sinapsis s'accelera cap a la divuitena setmana gestacional. La creació de sinapsis dura tota la vida, malgrat que hi hagi períodes de més activitat, en funció del tipus de vida de cada individu.

Hi ha tres formes d'unió sinàptica: la unió d'un axó amb el cos neuronal (sinapsi axono-somàtica), la unió de l'axó amb una prolongació dendrítica (sinapsi axono-dendrítica) i la unió d'un axó amb un altre (sinapsi axono-axònica).

L'impuls (o potencial d'acció) creat en el cos neuronal, es trasmet per l'axó fins a la unió sinàptica. Existeixen dues formes de transmetre l'impuls neurològic a nivell de les sinapsis de la neurona presinàptica a la postsinàptica:

Les sinapsis elèctriques, les menys nombroses, en què hi ha contacte entre la membrana presinàptica i la postsinàptica, permeten que la corrent canviï el potencial de la membrana postsinàptica.

Les sinapsis químiques, en què no hi ha aquest contacte, i que presenten unes vesícules sinàptiques plenes d'una substància química, el neurotransmissor, que alliberen en l'esclatxa sinàptica i que és el responsable del canvi de potencial postsinàptic. Avui coneixem un gran nombre de neurotransmissors. Els més coneguts són les amines biògenes: dopamina, noradrenalina, serotonina, acetilcolina i histamina; o els aminoàcids: glutamat, aspartat i gama-aminobutíric (GABA)

Els neuromoduladors són també substàncies fabricades per les neurones presinàptiques, alliberades a l'exterior de les cèl·lules, que no tenen un efecte propi de transmissor, sinó que modulen l'eficàcia d'una sinapsi.

1.3. Migració neuronal

En general les neurones ni es queden en el lloc on es *fabriquen*, ni es produeixen en el lloc on han d'actuar. L'indret de màxima producció de neuroblastes són les parts més profundes del cervell; les zones periventriculars i les zones endimàries. Les neurones migraran seguint un programa preestablert, anant a formar els nuclis de la base i el còrtex cerebral.

Aquest desplaçament es fa gràcies al camí que prèviament ha traçat la glia. Les neurones segreguen unes determinades proteïnes, les CAM (Cell Adhesion Proteins), que reconeixen les CAM glials i van seguint el seu camí. A la vegada les primeres neurones que arriben segreguen molècules específiques que atrauen altres neurones.

En el còrtex cerebral totes les neurones arriben fins la capa primera i després reculen fins a anar la que els toca. Migren moltes més neurones de les que es necessiten. Unes en arribar al seu lloc fan sinapsis, però altres no i s'atrofien i moren.

1.4. Reducció neuronal

És des de la cinquena setmana que ja es produeix una desaparició de neurones que cada vegada és més important. Aquesta *mort* neuronal es produeix seguint un programa genèticament previst, inscrit en els gens que es van activant en cada moment apropiat. Aquest tipus de *mort* neuronal programada se li dóna el nom d'apoptosi.

Un altre tipus de reducció neuronal és la *mort* neural per la competitivitat amb les altres neurones, en pugna per obtenir les sinapsis que permetin incorporar-se en circuits que funcionin habitualment. Últimament s'ha descrit una nova forma de *mort* neuronal, denominada necroptosi, produïda per l'existència d'una substància denominada necrostatina 1. La mort neuronal no és un procés ocasional i episòdic, sinó que és un procés tan important com la multiplicació cel·lular. En la vida embrionària i fetal alguns neurofisiòlegs calculen que desapareixen al voltant d'un 80 % de neurones, que han anat naixent. I com diu Oppenheim, moren per *causes naturals*.

1.5. Reducció de sinapsis

Des de la creació de les primeres xarxes sinàptiques es van eliminant les sinapsis que són innecessàries, poc útils o que no es fan servir. Com veurem al parlar dels fenòmens transitoris, hi ha sinapsis que la seva única funció és mantenir *vives* un conjunt de neurones, però que després no serviran per formar part de xarxes cerebrals amb una funció concreta. Aquest procés de reducció està en actiu al llarg de tota la vida.

Cal assenyalar que en el cervell de l'adolescent, entre els 11 i els 20 anys, desapareixen una mica menys de la mitat de les sinapsis. L'any en què es compleixen els 20 anys, l'escorça frontal redueix en un 40% les sinapsis que existien fins aquell moment.

1.6. Creixement neuronal

Les neurones recent *fabricades* creixen gràcies a l'acció d'unes substàncies que a part de facilitar-ne el creixement evita la mort cel·lular, són les neurotrofines. La primera que es va conèixer va ser el NGF (nerve growth factor). L'acció química de les neurotrofines és fonamental pel desenvolupament, ja que representa la capacitat d'actuar de forma autònoma sobre problemes tan bàsics com són el creixement i la supervivència. L'estimulació continuada provoca la multiplicació per tres de la quantitat de neurotrofines.

Comentari:

Fins aquí hem vist clarament que en el desenvolupament anàtomo-funcional del sistema nerviós hi ha una pugna entre les activitats de vida i les de mort. L'engrandiment cerebral no és fruit simplement de l'aparició de noves neurones i el seu creixement, sinó que la maduració de l'encèfal és fruit d'un complex procés en el qual per una banda existeix la proliferació cel·lular, la migració i la creació de sinapsis (aspectes de vida), i per altra la mort neuronal i la reducció sinàptica (activitats de mort). Per tant, les pulsions de vida i de mort tenen una base real en els processos de la maduració del teixit nerviós cerebral.

2. Els fenòmens transitoris

La dècada dels anys setanta significa un pas important en el coneixement d'estructures corticals transitòries. És tot un conjunt de sinapsis que es mantenen durant un temps més o menys llarg, constituint unes xarxes que després desapareixeran. Sabem que una neurona sola, inactiva, s'atrofia i mor. Possiblement aquesta sigui la causa que es formin sinapsis transitòries durant el període del desenvolupament fetal, i es creïn circuits que després ja no existiran, però que han permès que tot un grup important de neurones es mantinguin *vives* i puguin créixer. Les connexions transitòries més conegudes són per exemple: les aferències talàmiques en període d'espera, que connecten amb neurones de capes profundes del còrtex, quan després connectaran amb neurones de les capes II i III. O bé les projeccions calloses transitòries o bé les projeccions corticals ipsilaterals i contralaterals transitòries.

Un error en aquests processos alterarà l'estructura de l'escorça cerebral, existint grups de

neurons hipotàlfiques, situació que serà indetectable pels mitjans actuals de neuroimatge.

Aquests processos transitoris també fan referència a fets o esdeveniments patògens postnats, que van tenir una duració curta, socialment poc aparent, però que van afectar els processos neuro-psico-senso-motrius del nen, modificant-ne de manera significativa el desenvolupament. Hi ha vegades que si es fa una història clínica pacient i detallada, completada al llarg de diferents dies, es poden descobrir algunes d'aquestes situacions.

Comentari:

La neurologia també ens ajuda a comprendre el fet que, uns episodis del passat intrauterí o de la primera infància, hagin pogut tenir una repercussió en el desenvolupament neuro-mental d'una persona, alterant la construcció normal de les xarxes necessàries pel seu bon funcionament. Les possibilitats de reparar vénen donades per les capacitats rehabilitadores i compensadores de cada individu.

3. Diferència entre l'home i els altres mamífers

Una de les característiques específiques de l'espècie humana és que neixem immadurs. Això fa possible que una gran part de la maduració anatomo-funcional es faci fora de la matriu, i per tant, rebent les influències del medi.

El pes mig del cervell d'un nou-nat és de 350 gr. Als sis mesos ja s'ha doblat el pes del cervell, i pesa la meitat del que serà el pes d'un adult. Als dos anys el cervell del nen pesa $\frac{3}{4}$ parts del de l'adult. Als 5 anys el pes serà el 90%.



Fig. 2

Aquesta prematuritat biològica del desenvolupament cerebral fa que gran part de la maduració anatòmica es faci en els primers anys de la vida. Això té unes conseqüències negatives:

el nadó és un ser totalment incapaç de subsistir per si mateix, i només pot sobreviure gràcies a una acció de maternatge. Però també és gràcies a això que el desenvolupament anatòmic cerebral no es fa exclusivament seguint un programa genètic, sinó que hi tenen un paper important les influències que rep del medi. En l'organització de les estructures neuropsíquiques humanes, les conductes instintives tenen un paper poc important, contràriament al que passa en les altres espècies. El paper del neocortex és transcendental i base del nostre desenvolupament.

Comentari:

Fins i tot els propis processos de vinculació, que en els altres mamífers tenen una base instintiva, en la nostra espècie han d'elaborar-se en el telencèfal. Per això cal més temps pel seu desenvolupament, però a la vegada permet que hi hagi una varietat de maneres d'organitzar-se. En el desenvolupament de l'organització neuro-mental humana hi ha una capacitat per fer compensacions als dèficits organitzatius i fins i tot, una capacitat de fer reestructuracions posteriors al del propi període evolutiu. No obstant aquests processos tenen unes limitacions biològiques que assenyalarem tot seguit.

4. Períodes crítics

Són els límits de temps dintre dels quals es pot organitzar bé una funció. El temps biològic no és un continu lineal com el temps cronològic. Així com un aprenentatge es pot fer en qualsevol moment, amb les variacions que depenen de les condicions biològiques de cada edat, el desenvolupament té una cronologia i una seqüència pròpia. La cronologia té una certa rigidesa, té uns marges, els *períodes crítics*, que no es poden sobrepassar. Aquests espais temporals, *períodes crítics* o «*finestres plàstiques* són els temps passats els quals, si l'individu no ha tingut la relació corresponent amb el seu entorn específic, difícilment desenvoluparà certes capacitats» (Francisco Mora).

Perquè el desenvolupament es faci correctament és necessari que, en el moment adequat, el medi aporti els estímuls necessaris per organitzar una determinada funció. Si no, en aquest període no es crearan els circuits neuronals adients, i la qualitat de la funció o es veurà alterada, o bé no apareixerà. Això pot passar en quasi totes les funcions neuro-psico-senso-motrius.

Per exemple, la *finestra plàstica* de l'organització del llenguatge es tanca entre els 7 i els 8 anys. Com en moltes d'aquestes funcions superiors hi ha una organització asimètrica amb un procés de lateralització dels circuits cerebrals; la construcció del llenguatge parlat s'organitza en l'hemisferi esquerre (en els dretans), mentre que la prosòdia i la comunicació gestual que l'acompanya s'elabora en l'hemisferi dret (en els dretans i a la inversa en els esquerrans).

Els processos de lateralització dels circuits del llenguatge s'inicien als dos anys i acaben de perfilar-se cap als set anys. Comencen quan el nen inicia el llenguatge simbòlic i va abandonant el llenguatge sensormotriu, i van establint-se definitivament quan ja disposa d'un llenguatge útil pel pensament.

Comentari:

Un cop passat el període crític per cada funció només existeix la capacitat de fer compensacions. Per exemple, passada l'edat per elaborar de forma correcta el llenguatge, es poden utilitzar sistemes alternatius de comunicació a través d'icones o el gest.

5. La formació de l'inconscient

Una emoció és el procés i estat afectiu que revelen tant una manera d'afrontar la realitat com un contingut determinat de la consciència. Aquest contingut es caracteritza per un estat d'ànim actual i per una reacció relativa a l'objecte que la provoca. El processament d'una percepció o d'un record activa estats emocionals.

Hi ha emocions innates però la majoria són adquirides. Per arribar a aquest estat emocional hi ha d'haver hagut aquesta activitat anterior. Pot haver-hi una avaluació grollera de l'estímul o bé una percepció conscient amb un reconeixement acurat. Les emocions impliquen un patró de respostes fisiològiques i conductes típiques de cada espècie.

S'admet en neurobiologia que les emocions estan lligades a esdeveniments que estan emmagatzemats de manera indeleble. Es pot dir que les emocions són una memòria sense llenguatge. Aquesta memòria cobreix la nostra vida individual, la nostra vida col·lectiva i la dels nostres avantpassats. És una memòria inconscient o implícita... Malgrat que no sempre sigui accessible a la consciència, aquesta memòria particular és sempre present, i ens acompanya en la nostra vida quotidiana. (Ahmed Channouf).

Les emocions són fruit d'aquesta memòria inconscient que constitueix el testimoni viu del nostre passat individual, que matisa les nostres percepcions, seleccionant-les, la nostra cognició, influint en els nostres raonaments i la nostra conducta, influint la nostra presa de decisions.

«El senyal emocional no és un substitut del raonament adequat. Té un paper auxiliar, que augmenta l'eficàcia del procés del raonament i el fa més ràpid.» (A. Damasio) Però l'emoció pot tenir també un paper distorcionador o bloquejant de la nostra capacitat perceptiva i cognitiva.

Si l'amígdala i el còrtex òrbito-frontal són estructures fortament implicades en l'organització de les emocions, sembla que en l'organització de la memòria emocional hi té un paper molt destacat el còrtex cingular. La circumvolució cingular estaria relacionada en la generació d'emocions evocades mentalment, internament i per tant en l'organització de la memòria emocional.

Comentari:

En les lesions del còrtex frontal es produeix una pèrdua de les reaccions emocionals, sense capacitat de sentir afectes, ni tenir sentiments de culpa amb una total fredor i manca d'interès pels demés; i a la vegada amb una inconstància en qualsevol tasca i sense interès pel seu futur, situacions semblants a determinades adiccions o estats psicòtics.

6. Les neurones en mirall

Giacomo Rizzolatti i tot el seu grup de treball en el Departament de Neurociència de la Universitat de Parma, estudiant en detall el paper de les neurones del sistema motor cortical en els micos, observen l'existència de unes neurones que s'activaven tant en veure un moviment fet per un altre, com quan el moviment el feia un mateix. A aquestes neurones els va donar el nom de neurones en mirall (mirador neurons). Sota el punt de vista de les seves propietats motores aquestes neurones eren indistingibles de les altres neurones que s'activaven en fer un moviment específic. És a dir són neurones motores però que s'activen quan s'observa el moviment de l'altre.

En l'home es detecten el mateix tipus de neurones. Gràcies a la neuroimatge es pot observar que quan es contempla el moviment de l'altre, s'activen les neurones en mirall. Però no succeeix el mateix amb la imatge virtual, a través de la pantalla de l'ordinador. A la vegada s'observa que la situació

de les neurones en mirall és molt més ampli en l'home que en el mico i que, per tant, generen un ventall de més funcions que les observades en el simi. Per exemple, el sistema de neurones en mirall codifica no solament actes motrius sinó també intencions, la intencionalitat de l'acte.

La possessió del sistema de neurones en mirall, i la selectivitat de les seves respostes determinen l'*espai d'acció compartida*, en el qual cada acte i cada cadena d'actes, nostres o de l'altre, apareixen immediatament inscrits i compresos, sense que exigeixi cap operació cognitiva explícita o deliberada (G. Rizzolatti i C. Sinigaglia).

El sistema de neurones en mirall permet compartir l'estat emotiu de l'altra persona. I que abans de tota mediació conceptual i lingüística val la nostra experiència o intuïció dels altres. Aquestes aportacions ens ajuden a comprendre les nostres relacions interindividuals i socials i la gama de comportaments que es manifesten en la nostra existència individual.

Comentari:

Els sistema de les neurones en mirall pot ajudar a comprendre la base neurològica dels processos d'identificació i de projecció, així com molts processos d'imitació i d'aprenentatge.

7. Comentari final: Una reflexió sobre les ciències biològiques

Tant la neurologia com la psicoanàlisi són ciències biològiques i per tant subjectes a modificar les seves concepcions gràcies a l'aportació de nous coneixements. I, per tant, la nostra actitud ha d'ésser la de persones capaces de modificar el nostre pensament, o la d'integrar les noves aportacions de

la ciència biològica a les nostres concepcions. Això significa mantenir sempre una actitud oberta a tota modificació conceptual o fenomenològica, quan una aportació, degudament contrastada i fiable, ens ajudi a aprofundir en el coneixement de l'ésser humà.



Jordi Ponces i Vergé
3235jpv@comb.es

Nota

1. Ex-director del Centre Pilot Arcàngel Sant Gabriel. Director de l'Institut Jordi Ponces de Docència i Recerca en Paràlisi Cerebral. Barcelona.

Bibliografia

- ADOLPHS, R. «Emoción y conocimiento en el cerebro humano», pp. 136-164. en *Emoción y conocimiento*. Barcelona: Ed. Ignacio Morgado Tusquets, 2002.
- AGUSTINE, G.; FITZPATRICK, D.; HALL, W.; LAMANTIA, A. S.; MACNAMARA, J.; PURVES, D.; WILLIAMS, S. M. *Neurociencia*. Madrid: Panamericana, 2007.
- ALLMAN, J. *El cerebro en evolución*. Barcelona: Ariel, 2003.
- BARRAQUER I BORDAS, LL. «Cerebro-mente en Neurología clínica», pp. 207-260, en *El problema cerebro-mente*. Madrid: Ed. Francisco Mora. Alianza Universidad, 1995.
- CHANNOUF, AHMED. *Les émotions (Une mémoire individuelle et collective)*. Ed. Mardaga. Sprimont. 2006.
- DAMASIO, A. *En busca de Spinoza*. Barcelona: Crítica, 2006.
- ESQUERDA, J. E.; GALLEGU, R.; GUAL, A.; RAMIREZ, G.; RUBIA, F. *Neurotransmisión y plasticidad Sináptica*. Barcelona: Espaxs, 1991.
- MORA, F. *El reloj de la sabiduría*. Madrid: Alianza, 2001.
- RIZZOLATTI, G.; SINIGAGLIA, C. *Las neuronas en espejo*. Barcelona: Aidos, 2006.
- SANES, D. H.; REH, T.; HARRIS, W. *El desarrollo del sistema nervioso*. Barcelona: Ariel, 2002.
- SPRINGER, S.; DEUTSCH, G. *Cerebro izquierdo, cerebro derecho*. Barcelona: Ariel, 2001.