

La poda neuronal

Ana Noguera
Psiquiatra

Una de les característiques de la tardor és la caiguda de les fulles dels arbres i plantes caducifòlies. Aquest fenomen natural ens recorda que, de vegades, la pèrdua també és part essencial del creixement. De la mateixa manera que els arbres es desprenen d'allò que ja no necessiten per estalviar energia i preparar-se per a noves etapes, el nostre cervell fa un procés similar, l'anomenada poda neuronal o sinàptica. El cervell humà funciona com una xarxa complexa i altament especialitzada de neurones que es comuniquen mitjançant un procés anomenat sinapsi. Des de l'etapa embrionària i durant els primers dos anys de vida, el cervell produeix noves neurones i sinapsis de forma contínua, i assoleix una densitat sinàptica molt superior de la que caldrà en la vida adulta. Aquest excés inicial té un propòsit clar: permetre que el cervell s'adapte a qualsevol entorn possible, i per això presenta durant aquests anys una enorme receptivitat als estímuls sensorials, lingüístics i emocionals.

A partir d'aquest moment comença la fase d'eliminació de sinapsis que no s'utilitzen, i l'enfortiment d'aquelles que sí que es fan servir seguint la lògica "utilitza'l o perd-lo". La poda sinàptica no és aleatòria, sinó que està acuradament regulada per múltiples factors. La microglia, cèl·lules immunitàries especialitzades del cervell, exerceix un paper fonamental: identifica i marca les sinap-

sis sobrants mitjançant proteïnes del sistema del complement (com C1q i C3) per a l'eliminació posterior. Les connexions útils, en canvi, es reforcen mitjançant canvis a les espines dendrítiques i gràcies a l'acció de factors neurotròfics com el BDNF (Brain-Derived Neurotrophic Factor). Aquest procés depèn tant de la genètica com de factors epigenètics: qualitat de l'entorn, nivell d'estrès, qualitat del son, nutrició i estimulació cognitiva.

Etapes del desenvolupament i relació amb la poda neuronal

Entre els 3 i els 7 anys (primera infància i infantesa primerenca) el cervell encara té una densitat sinàptica elevada en moltes àrees, però comença la depuració selectiva en circuits sensorials i en aquells que suporten el llenguatge, la percepció social i les habilitats motores fines. A escala cognitiva, la poda fa que les rutes necessàries per a processar sons de l'idioma nadiu, la lectura primerenca i el reconeixement de símbols esdevinguin més eficients. Per exemple, un xiquet exposat a diversos idiomes des de menut manté sinapsis per diferenciar els diversos fonemes. Si els deixa d'escollar, el cervell podarà aquestes connexions. Des del punt de vista emocional, la poda ajuda a estabilitzar les vies que permeten regular emocions bàsiques i respostes d'estrès.



Imatge del cervell, amb neurones interconnectades entre sí mitjançant la sinapsi. (Imatge generada per IA)

Des de l'etapa embrionària i durant els primers dos anys de vida, el cervell produeix noves neurones i sinapsis de forma contínua, i assoleix una densitat sinàptica molt superior de la que caldrà en la vida adulta. Aquest excés inicial té un propòsit clar: permetre que el cervell s'adapte a qualsevol entorn

A partir d'aquest moment comença la fase d'eliminació de sinapsis que no s'utilitzen, i l'enfortiment d'aquelles que sí que es fan servir seguint

Una criança sensible i reguladora afavoreix la consolidació dels circuits. Conductualment, la poda facilita una millora d'hàbits, rutines i primeres formes d'autocontrol.

En els 8 i 12 anys (infantesa mitjana i preadolescència) continua la poda, però el focus es desplaça cap a àrees associatives i xarxes frontoparietals, responsables de funcions executives, raonament i processament social més complex. Pel que fa al desenvolupament cognitiu, hi ha una consolidació d'habilitats escolars (lectura fluida, càlcul, resolució de problemes) i refinament de la memòria de treball i l'atenció sostinguda. En el desenvolupament emocional i social, les xarxes que suporten la comprensió social es depuren. La socialització amb altres adolescents té un impacte més gran en la reorganització sinàptica que en etapes anteriors.

Dels 13 i 20 anys (adolescència i adultesa emergent), la poda sinàptica arriba al segon gran pic, aquesta vegada amb un focus especial en les àrees associatives (escorça prefrontal, escorça parietal) i en l'optimització de la connectivitat entre regions cerebrals. És una fase de reorganització massiva en què s'elimina gran part de les connexions formades en la infància i es reforcen les rutes més eficients per a la vida adulta. En l'adolescència, la poda es concentra a l'escorça prefrontal, que és la principal responsable de la funció executiva: planificació, control d'impulsos i presa de decisions, funcions molt característiques en els adolescents. A més, durant l'adolescència es milloren les connexions del lòbul prefrontal amb algunes altres estructures ja desenvolupades durant els primers anys de vida, com l'amígdala i l'escorça cingulada anterior, associades a motivació i recompensa. Això farà que moltes de les seues reaccions automàtiques, a vegades no massa ben regulades, passen a estar més controlades i disminueix progressivament la impulsivitat pròpia dels primers anys de

la pubertat. A mesura que les diferents àrees cerebrals es van integrant entre si, la regulació dels impulsos i les emocions, que a principi de l'adolescència es mostren immadurs, a final d'aquesta etapa i durant l'edat adulta es faran molt més eficaços.

Trastorns vinculats a la disfunció en la poda sinàptica

La poda sinàptica és un procés essencial per al desenvolupament i el manteniment d'un cervell eficient, però quan la seua regulació es veu alterada, les conseqüències poden ser profundes i permanents. La investigació ha revelat que diversos trastorns neurològics i psiquiàtrics comparteixen, com a possible mecanisme subjacent, alteracions en la poda sinàptica.

En l'esquizofrènia, hi ha evidència robusta que una poda sinàptica excessiva, especialment durant l'adolescència, contribueix a la reducció de densitat sinàptica a l'escorça prefrontal. La sobreexpressió del gen C4 s'ha associat amb aquest fenomen i amb més risc d'esquizofrènia.

En trastorns de l'espectre autista (TEA), la literatura dona suport al fet que una poda insuficient pot portar a hiperconnectivitat sinàptica, cosa que podria contribuir a la hipersensibilitat sensorial, dificultats socials i conductes repetitives observades en aquests pacients.

En la malaltia d'Alzhèimer, la reactivació de mecanismes de poda sinàptica en l'edat adulta, intervinguda pel sistema del complement i la microglia, s'associa amb pèrdua sinàptica precoç, que precedeix la mort neuronal i es relaciona amb el deteriorament cognitiu.

Neuroplasticitat: un cervell que mai no deixa de canviar

Tot i que la poda sinàptica es concentra en la infància i l'adolescència, això no vol dir que el cervell deixi de transformar-se una vegada assolida l'adultesa. Aquest fenomen es coneix com a neuroplasticitat, que és la capacitat del cervell i del sistema nerviós per a adaptar-se i canviar al llarg de la vida. Això significa que les nostres neurones poden modificar les seues connexions, reorganitzar circuits i ajustar-ne el funcionament en resposta a experiències, aprenentatges, lesions o canvis en l'entorn. L'aprenentatge d'un idioma, la pràctica d'un instrument, la teràpia psicològica o la rehabilitació després d'una lesió són exemples de com les connexions es poden reforçar o reorganitzar fins i tot en l'adultesa.

Encara que invisible a primera vista, la poda neuronal genera una reorganització interna cabdal per al desenvolupament cognitiu, emocional i conductual al llarg de la vida. I no solament és fascinant des del punt de vista neurobiològic, també té profundes implicacions en la comprensió i l'abordatge de diferents trastorns en etapes precoces de la infància. També comprendre que el cervell manté la seua plasticitat al llarg de tota la vida obri la porta a intervencions terapèutiques, educatives i d'estil de vida capaces d'afavorir la creació i l'enfortiment de noves i més saludables connexions, fins i tot en l'adultesa.