

Plastikotasun neuronalak: garunaren zaindari

2011/04/01 Echeazarra Escudero, Leyre - Farmazian lizentziatua eta Fisiologia arloko ikertzailea EHU Iturria: [Elhuyar aldizkaria](#)

[ANATOMIA/FISIOLOGIA](#) [OSASUNA](#) [MEDIKUNTZA](#)

Denbora luzez pentsatu da garuneko lesio baten ondorioz neuronak betiko galtzen zirela eta, heldutasunera behin helduta, burmuinaren garapena eten egiten zela. Azken hamarkadetan, berriz, argi geratu da garunak malgutasuna eta plastikotasuna dituela. Gaitasun horri esker, garunaren anatomia aldatzen da, eta, horrela, garunaren funtzionamendua molda daiteke. Plastikotasun neuronalak errendimendua hobetzea ahalbidetzen du eta, gainera, lesio baten ondoriozko kalteak gainditzeko laguntzen du. Gaur egun, gero eta estrategia gehiago erabiltzen dituzte terapeutek garunaren plastikotasuna bultzatzeko, eta, are garrantzitsuagoa dena, plastikotasun neuronalak modu egoki batean gidatzeko.



(Argazkia: ©ktsdesign/123RF)

Lesio baten ondoren, hainbat neurona hiltzen dira. Neurona horien heriotza behin betikoa zela pentsatu da denbora luzez. Ikuspuntu horren arabera, kaltetutako neuronak galdua zeuden betiko, eta, gainera, behin heldutasunera iritsita, garunaren garapena betiko etenda zegoen. Nerabezaroaren ondoren, garunaren mapa topografikoa guztiz eratuta zegoen, eta funtzio bakoitza garunaren leku bakar batean kokatuta zegoen. Sistema erabat bukatuta zegoen. Horrela, nerbio-sistema zentrala organo aldaezin eta konponezintzat hartzen zen.

Ikuspuntu hori oso ezkorra zen; garuna ezin zen moldatu, errendimendua ezin zen hobetu, eta funtzio edo trebetasun berriak ezin ziren lortu. Gainera, lesio baten ondoren ez zegoen sendatzeko aukerarik, ezta zahartzaroaren ondoriozko hondatze kognitiboaren kontra jotzeko aukerarik ere.

Teoria horren arabera, pertsona helduen neuronek endekatu besterik ez zuten egiten, eta zelulen heriotzaren ondorioz, garunak gero eta eraginkortasun txikiagoa zuen. Garunaren funtzionamenduaren hondatzea saihestezina eta atzeraezina zela azaltzen zuen teoriak.

Gaur egungo ikuspuntua: garuna ez da estatikoa, malgua baizik

Garuna aldagaitza zelako teoriaren kontrako ebidentziaren bat bazegoen aspalditik. Izan ere, Santiago Ramón y Cajal neuroanatomistak garunaren funtzionamendua hobetzeko hainbat mekanismo intrinseko proposatu zituen; haien eginkizuna egitura nerbio-soak mantentzea eta aldaketa morfologikoak ahalbidetzea zen, gaitasun kognitibo

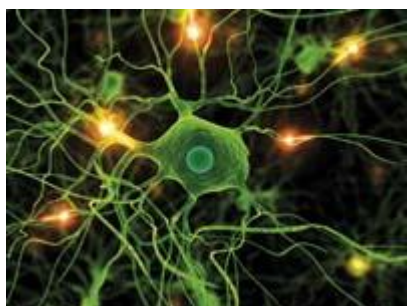
berriak sortu eta izateko. Kramon y Cajalen ikerketen ondoren, erdientzia gehiago sortu ziren, eta ikerkizunaren susmoak berretsi zituzten. Denboraren poderioz, garuna "egitura plastikotzat" hartzen hasi zen. Eta, azken urteotan, neurozientzian eta neuropsikologian egindako ikerketek argi utzi dute garuna malgua dela, heldua izanda ere. 2004. urtean Suediako ikertzaile-talde batek frogatu zuen entrenamendu kognitiboak garunaren anatomia eta jarduera aldatzen dituela. Alemanian, beste ikerketa batzuek frogatu zuten entrenamendua oso lagungarria dela lesio baten ondoren garunaren jarduera hobetzeko eta gaitasun kognitiboak berreskuratzeko. Izan ere, ikerketetan parte hartu zuten pertsonengan errendimendu kognitiboa askoz hobea zen, eta kaltetutako garun-areak berraktibatu egin zitzaizkien, baita erabat leheneratu ere, kasu batzuetan. Ildo beretik, 2006. urtean Estatu Batuetan egindako ikerketa batek ondorioztatu zuen entrenamendu kognitiboak hamar urte gazteagotzen duela garuna, eta, gainera, entrenamendua bukatu ondoren, lortutako errendimendu-mailak bost urtez irauten duela. Bestetik, argi dago pertsona adindunen neuronan adarrak eta sinapsiak handiagotzen direla, zahartzearen ondorioz gertatzen den neuronan heriotza konpentsatzeko mekanismoaren bidez. Izan ere, garun-azalean kokatzen diren neurona piramidalen adarrak % 25 luzeagoak dituzte 80 urteko pertsonen, 50 urtekoen aldean.

Bai haurretan, bai helduetan, garuna malgua eta plastikoa dela frogatzen dute emaitza horiek guztiek. Horregatik, aurreko teoria pesimista faltsua da; nerbio-sistema genetikoki programatuta dago, eta modu sinkronizatu batean garatzen da, baina aldaketarako izugarritzko ahalmena du garunak. Nahiz eta gaztetan plastikotasun neuronalak handiagoa izan, adin guztietan aldatu eta moldatu daiteke. Oraingo ikuspuntua askoz itxaropentsuagoa da; garun plastikoa dugu.

Plastikotasun neuronalean parte hartzen duten mekanismo nagusiak

Garuna nola moldatzen eta berrantolatzen den ulertzeko, hiru puntu nagusi aztertu behar ditugu: lehenik, garunaren plastikotasunaren mekanismo neuronalak; bigarrenik, plastikotasunean parte hartzen duten neurotransmisore-sistemak; eta hirugarrenik, plastikotasuna mantentzeko eta eteteko faktoreak.

Plastikotasun neuronalari esker, neuronan adarrak (dendritak eta axoiak) hazi egiten dira, eta, ondorioz, neuronan arteko komunikazioa errazten da: kontaktu sinaptiko gehiago eta sentikortasun handiko hartzailak sortzen dira. Aldaketa hori fisikoa eta funtzionala da; hau da, garunaren morfologia berrantolatu egiten da, egoera patologikora moldatzeko eta galdutako funtzioa berreskuratzeko.



Neuronan adarrak hazi egiten dira, konexio berriak sortzeko. Hori da garunaren plastikotasunaren mekanismo nagusia. Arg.: © Sebastian Kaulitzki/123RF.

Komunikazioa martxan jartzeko, hots, neuronan arteko konexioak izateko, neurotransmisoreak beharrezkoak dira. Neurotransmisoreak dira sinapsietan jariatzen diren mezulari kimikoak, eta nerbio-bulkada zelulaz zelula garraiatzea ahalbidetzen dute. Plastikotasun neuronalean parte hartzen duten neurotransmisore-sistema nagusiak honako hauek dira: N-metil-D-aspartato sistema (NMDA) eta sistema gabergikoa (GABA). NMDA sistemak glutamato neurotransmisorea erabiltzen du, eta neuronak kitzikatzen ditu. GABA sistemak, berriz, inhibitzaile gisa funtzionatzen du. Plastikotasun anatomikoarekin batera, neurotransmisoreen sintesia eta jariatze-prozesua aldatzen da, eta seinale kimiko gehiago sortzen dira sinapsietan. Horregatik, aldatu egiten da neuronan egoera (kitzikapen- edo inhibizio-maila).

Azkenik, hainbat faktorek parte hartzen dute plastikotasun neuronalak mantentzeko, erregulatzeko eta bukatzeko zereginetan; faktore neurotrofikoak dira. Neuronak bizirik irautea ahalbidetzen dute faktore horiek; neuronan heriotza saihesten dute, eta neuronan garapenean eta funtzionamenduan oso garrantzitsuak dira. Faktore neurotrofikoak familia ugari daude, bakoitza neuronan multzo jakin batentzat. Plastikotasun neuronalean neurotrofinak dira garrantzitsuenak. Aipatzekoak dira NFG neurotrofina, Neurotrofina 3 (NT3) eta BDNFa.

Lesio baten ondoren gertatzen diren aldaketak

Orain badakigu. Garuna duin gaitzen arada eta moldatu daiteke, baina lesio bat gertatzen denean ere. Beraz, hobetzeko (eta sendatzeko) aukerak badaude. Sendatze-maila hainbat faktoreren arabera da: kaltetutako area zein den, ehunaren kantitatea zenbatekoa den, tratamendu medikoaren bizkortasuna, errehabilitazio-programak eta inguruneke beste ezaugarri batzuk dira faktore nagusiak.

Lesio baten ondoren, nerbio-ehunak bizkor erantzuten du, lesioaren ondoren sortutako edema eta ehun nekrotikoa kentzeko, eta odol-hodi berriak sortzeko. Horrela, area iskemikoa irriga daiteke, eta ondorioz, oxigenoa eta elikagaiak kaltetutako areara hel daitezke. Hasierako erantzun bizkor horren ondoren, beste mekanismo batzuk jartzen dira martxan. Ondorengo erreuperazioa plastikotasun neuronalari esker gertatzen da. Mekanismo plastikoak bizkorak edo berantiarak izan daitezke. Bizkor agertzen den plastikotasunak garun-azalean aldaketak sorrarazten ditu, eta jarduera gutxiko sinapsiak aktibatzean datza. Errehabilitazio-ariketek prozesu horretan laguntzen dute, entrenamenduak sinapsi horiek pizten baititu. Beranduago agertzen den plastikotasunak aldaketa iraunkorrak sorrarazten ditu garun-azalean, eta lehenago azaldu ditugun mekanismoek parte hartzen dute: dendrita eta axoien hazkundeak, sinapsiak suspertzeak, neurotransmisoreen sintesiak eta faktore neurotrofikoak, besteak beste.

Plastikotasun egokia eta desegokia: segimenduaren garrantzia

Esan dugun bezala, hainbat mekanismo jartzen dira martxan lesioari erantzuteko, egoera berrira moldatzeko. Horren ondorioz, garuna berrantolatu egiten da, eta zenbait garun-area aldatzen dira galdutako funtzioez arduratzeko. Plastikotasun neuronalari esker gertatutako aldaketak neuroanatomikoak, neurokimikoak eta funtzionalak dira. Kasu batzuetan, aldaketak egokiak dira, eta garunaren funtzionamendua hobetzen dute; honako hau plastikotasun fisiologikoa da. Beste kasu batzuetan, ordea, plastikotasuna patologikoa da, eta hainbat kalte eta oztupo sortzen ditu. Horregatik, oso garrantzitsua da neuronen arteko konexioak --plastikotasunari esker sortutako sinapsiak-- funtzio jakin bat egiteko egokiak izatea, konexio desegokiak konexio eza baino txarragoak baitira. Bestetik, pazienteek zenbait estrategia eta erantzun garatzen dituzte galera konpentsatzeko, eta, orduan, galdutako funtzioak alde batera uzten dituzte askotan. Saihestu egin behar da prozesu hori, modu horretan ez delako ezer konpontzen. Hori guztia ikusita, argi dago tratamendu fisioterapeutiko goiztiarra funtsezkoa dela patroi patologikoak ez garatzeko. Axoien eta dendriten hazkundera ondo gidatu behar da sinapsi egokiak eta funtzionalak sortzeko.

Plastikotasuna gidatzeko estrategiak

Esan dugun bezala, garunaren aldaketak ondo gidatu behar dira lagungarriak izateko; galdutako funtzioak berreskuratzeko, alegia. Horregatik, terapeutek aldaketa fisiologikoak bultzatzea eta aldaketa patologikoak saihestea dute helburu. Entrenamenduari esker, garuna egokiro aldatu eta moldatu daiteke, eta, horrela, leheneratzea azkarrago egin daiteke. Zenbait estrategia erabil daiteke garunaren plastikotasuna modulatzeko.

Ingurune aberatsa: ingurunea oso faktore indartsua da. Giro aberats batean zentzumenen estimulazioa handiagoa da; estimulazioa sentsoriala, motorra eta kognitiboa izan daiteke. Izan ere, giro aberats batean hazten diren arratoiek (kutxa handiak, labirintoak, eskailerak, beste arratoi batzuk...) garun-azal handiagoa dute, baita neuronen arteko sinapsi gehiago ere. Esan daiteke inguruneak garunaren morfologia alda dezakeela. Beraz, terapeutek ingurune-faktorea erabil dezakete erreminta terapeutiko gisa.



Entrenamendu kognitiboak garunaren anatomia eta jarduera alda ditzake. Hori oso lagungarria da lesio baten ondoren garunaren jarduera hobetzeko eta gaitasun kognitiboak berreskuratzeko. Arg.: ©iStockphoto.com/Blackred.

Errehabilitazioa: ariketa fisikoaren bidez plastikotasun neuronal estimula daiteke. Ikerketek ondorioztatu dute mugimendu jakin bat denbora luzez errepikatu ondoren, mugimendu honi dagozkion garun-areak handiagotu egiten direla. Ariketa programatuek efektu modulatzaila izan dezakete, galdutako funtzio motorra berreskuratzeko ariketak errepikatuz. Errepikapenak neuronen arteko konexioak sorrarazten ditu azal motorrean,

Teknika fisikoak, estimulazio magnetikoa (TMS): frekuentzia baxuko estimulu magnetikoak mesedegarriak omen dira azal motorrean. Estimulu horiek neuronak kitzikatzen dituzte, eta, ondorioz, garunak duen ikasteko gaitasuna hobetzen dute. Dirudienez, ondorengo entrenamendua eraginkorragoa da.

Farmakologia: zenbait medikamentu terapia fisikoan eta errehabilitazioan lagundu dezakete. Adibidez, anfetaminak erabiltzen dira plastikotasuna bultzatzeko. Bestetik, mekanismo plastikoak inhibitzen dituzten botikak saihestu behar dira, bentzodiazepinak eta antikonbultsiboak, besteak beste. Gainera, faktore neurotrofiko endogenoen kopurua urria denean, faktore neurotrofiko sintetikoak terapeutikoak izan daitezke. NGF faktorearen (Nerbio Hazkuntza Faktorea) erabilera proposatu da kaltetutako neuronak berreskuratzeko eta neuronen adarren hazkuntza bultzatzeko.

Azkenik, garuna berrantolatze makromolekula berriak beharrezkoak dira, hala nola proteinak, glikoproteinak eta glikolipidoak. Beraz, zenbait aitzindari sintetiko lagungarriak izan daitezke: azido orotikoa, gangliosidoak edo esteroideoak, esaterako.

Plastikotasun neuronal: erreminta terapeutikoa

Nahiz eta neurozientzian emandako aurrerapausoek garunari buruzko gero eta informazio gehiago eskaini (garunaren funtzionamenduari eta moldatze-prozesuari buruz), oraindik ere asko dago jakiteke. Garunaren potentzialtasunaren zati txiki bat besterik ez dugu ezagutzen eta aprobetxatzen. Plastikotasun neuronalak ikuspuntu berria eskaini digu; garuna ez da estatikoa, malgua baizik, eta moldatzeko gaitasun hori baliatu dezakegu. Garunaren plastikotasunak gidatzen dituen mekanismo neurokimikoak eta aldaketa neuroanatomikoak ezagutu ahala, estrategia terapeutiko berriak eta eraginkorrak garatu ahalko ditugu. Lesio baten ondoren, ahalik eta faktore gehien aprobetxatu behar dira galdutako funtzioak berreskuratzeko, eta, ondorioz, minusbaliotasuna minimizatze. Plastikotasunean parte hartzen duten faktore guztiak kontuan hartzen saiatu beharko lukete fisioterapeutek: ingurune aberatsa, errehabilitazio-eraketak eta medikamentuak, besteak beste.

BIBLIOGRAFIA

Aguilar, F.:

"Plasticidad cerebral", *in* Med IMSS, 41(1) (2003), 55-64.

Bergrado Rosado, J.A.; Almaguer Melián, J.:

"Mecanismos celulares de la neuroplasticidad", *in* Neurol, 31 (2000), 1074-95.

Boyeson, M.G.; Bach-y-Rita, P.:

"Determinants of brain plasticity", *in* J Neurorehabil, 3 (1989), 35-57.

Chen, R.; Cohen, L.G.; Hallett, M.:

"Nervous system reorganization following injury", *in* Neuroscience, 111 (2002), 761-3.

Cotman, C.W.; Nieto-Sampedro, M.:

"Cell biology of synaptic plasticity", *in* Science, 225(4668) (1984 Sep 21), 1287-94.

Crisostomo, E.A.; Duncan, P.W.; Propst, M.A.; Dawson, D.B.; Davis, J.N.:

"Evidence that amphetamine with physical therapy promotes recovery of motor function in stroke patients", *in* Ann Neurol, 23 (1988), 94-97.

Dedeu Martínez, F.; Rodríguez, P.; Brown, M.:

"Algunas consideraciones sobre neuroplasticidad y enfermedad cerebrovascular", *in* Geroinfo. Rnps., Vol. 3 (2008), nº 2.

Galaburda, A.M.:

"Introduction to special issue: Developmental plasticity and recovery of function", *in* Neuropsychologia, 28 (1990), 515-516.

Goldstein, L.B.:

"Effects of amphetamines and small related molecules on recovery after stroke in animals and man", *in* Neuropharmacology, 39 (2000), 852-859.

Hernández-Muela, S.; Mulas, F.; Mattos, L.:

"Plasticidad neuronal funcional", *in* Rev Neurol, 38 (Supl 1) (2004), S58-S68.

Johnston, M.V.:

"Plasticity in the developing brain: implications for rehabilitation", *in* Dev Disabil Res Rev, 15(2) (2009), 94-101.

Lee, R.G.; Donkelaar, P.:

"Mechanism underlying functional recovery following stroke" *in* Can J Neurol Sci, 22 (1995), 257-263.

Medoza, E.:

"Recuperación de la función: influencias terapéuticas", *in* Rev. de Psicol. Gral y Aplic, 47 (3) (1994), 301-311.

... ..

"Cajal y el cerebro plástico", in Rev Esp Patol, Vol 35, nº 4 (2002), 367-372.

Rosenzweig, M.R.; Bennett, E.L.:

"Psychophysiology of plasticity: effects of training and experience on brain and behaviour", in Behav Brain Res, 78 (1996), 57-65.

Siebner, H.R.; Tormos, J.M.; Ceballos-Baumann, A.O.; Auer, C.; Catala, M.D.; Conrad. B. et al.:

"Low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation of the motor cortex in writer's cramp", in Neurology, 52(3) (1999), 529-37.

Wall, P.D.; Egger, M.D.:

"Formation of new connections in adult rat brains after partial deafferentation", in Nature, 232 (1971), 542-545.

Yurelis, Msc.:

"La neuroplasticidad como base biológica de la rehabilitación cognitiva", in Geroinfo. Rnps. 2110, Vol. 2 (2007), Nº 1.

Ziemann, U.; Muellbacher, W.; Hallet, M.; Cohen, L.G.:

"Modulation of practice-dependent plasticity, in human motor cortex", in Brain, 124 (2001), 1171-81.



EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO

GOBIERNO DE NAVARRA
Nafarroako Gobernua

