

Begrijpen hoe ons brein onze perceptie van de visuele wereld genereert, en de mechanismen in kaart brengen waarmee cognitieve functies zoals aandacht en werkgeheugen in staat zijn flexibel gedragsrelevante informatie te selecteren, zijn enkele van de grootste uitdagingen binnen de neurowetenschappen.

Door visuele representaties in een zogeheten 'feedforward' richting in een hiërarchisch georganiseerd systeem te combineren maakt ons visuele systeem het mogelijk om visuele informatie over simpele kenmerken (zoals bijvoorbeeld georiënteerde lijnen) in lager gelegen visuele gebieden te transformeren naar representaties van meer complexe objecten (zoals bijvoorbeeld huizen en gezichten) in hoger gelegen visuele gebieden.

Naast deze 'feedforward sweep' is er ook een latere, zogeheten 'recurrent phase' van informatie verwerking. Tijdens deze latere fase maakt de hiërarchische organisatie van het visuele systeem het mogelijk om hersengebieden selectief, afhankelijk van specifieke vereisten voor gedrag, met elkaar te laten communiceren. Deze latere 'recurrent phase' wordt essentieel geacht voor de implementatie van verschillende cognitieve functies die afhankelijk zijn van het flexibel selecteren van informatie. Het is vooralsnog echter nog grotendeels onbekend hoe deze informatieverwerking langs de corticale hiërarchie verloopt en wat de dynamiek is tussen verschillende corticale gebieden tijdens de implementatie van die cognitieve functies.

Tijdens dit promotieonderzoek zijn we ingegaan op fundamentele vragen omtrent de organisatorische en computationele grondbeginselen in het hiërarchisch georganiseerde visuele systeem en de mechanismen waarmee cognitieve functies in staat zijn flexibel gedragsrelevante informatie te selecteren. Om dit te kunnen onderzoeken hebben we neurale activiteit in verschillende niveau's van het visuele systeem van de makiak gemeten terwijl de aap complexe visuele taken uitvoerde.

We hebben aangetoond dat het al dan niet bewust waarnemen van een stimulus afhangt van de efficiëntie waarmee activiteit van lager naar hoger gelegen hersengebieden wordt doorgegeven, en dat voor het selecteren van informatie en het gebruiken van die informatie voor cognitief gedrag de activiteit gebieden moet bereiken die aan de top van de visuele hiërarchie liggen. We lieten zien dat een combinatie van gedrags- en neurofysiologische markers voor de toestand van de cortex in een periode vlak voordat de stimulus werd gepresenteerd, met nauwkeurigheden tussen 60-65% voorspelt of de aap de stimulus zou waarnemen. Onze experimenten hebben ook aangetoond dat wanneer een stimulus afdoende activiteit in hoger gelegen gebieden teweegbrengt om bewust te worden waargenomen, deze bewuste waarneming van een visuele stimulus geassocieerd is met een latere verwerkingsfase met verhoogde aanhoudende activiteit op alle niveau's van de corticale hiërarchie. Vermoedelijk reflecteert

deze aanhoudende activiteit terugkerende interacties tussen wijdverspreide hersengebieden die de visuele informatie globaal beschikbaar maken, en het de visuele stimulus daarmee mogelijk maakt om bewust te worden waargenomen.

We hebben aangetoond dat zowel AMPA als NMDA receptoren bijdragen aan de aanhoudend activiteit die is geobserveerd in hogere corticale gebieden tijdens werkgeheugen gerelateerde processen, en dat NMDA receptoren geen specifieke en kritieke rol tijdens deze aanhoudende activiteit hebben maar op een algemene en multiplicatieve manier bijdragen aan neurale activiteit. Deze resultaten suggereren dat aanhoudende activiteit tijdens werkgeheugen gerelateerde processen niet in stand gehouden wordt door enkel de intrinsieke eigenschappen van individuele neuronen, maar dat intern gegenereerde aanhoudende activiteit hoogstwaarschijnlijk terugkerende interacties vereist waarbij bekrachtiging tussen neuronen binnen een corticaal gebied of tussen corticale gebieden plaatsvindt.

We hebben laten zien dat figuur-achtergrond modulatie niet kan ontstaan aan de hand van lokale horizontale interacties tussen neuronen binnen V1, en daarom hoogst waarschijnlijk door feedback van hoger gelegen gebieden tot stand komt. Ook het laminaire profiel van figuur-achtergrond segregatie suggereert dat feedback verbindingen van hoger gelegen visuele gebieden een belangrijke rol spelen in het segregeren van figuur en achtergrond, en dat deze segregatie afhankelijk is van een aantal verschillende processen die op karakteristieke tijdschaal in werking treden. We hebben aangetoond dat zowel verhoogde activiteit voor het figuur als onderdrukking van activiteit voor de achtergrond bijdragen aan figuur-achtergrond modulatie; de representatie van de figuur elementen was eerst verhoogd in het hoger gelegen visuele gebied V4, en na een korte vertraging ook in het lager gelegen visuele gebied V1. Na nog een korte vertraging werd de representatie van de achtergrond elementen onderdrukt.

Tezamen tonen onze experimenten aan dat de taak specifieke, gedragsafhankelijke modulatie van activiteit in de verschillende gebieden van de corticale hiërarchie tijdens de latere fase van informatie verwerking zeer waarschijnlijk tot stand komt door terugkerende interacties tussen wijdverspreide hersengebieden. Onze perceptie van de visuele wereld ontluikt in dat geval dan uit de globale verzameling van toestanden en taak-specifieke interacties tussen verschillende gebieden van de visuele hiërarchie, die het gezamenlijk mogelijk maken een visuele stimulus bewust waar te nemen, voor een korte tijd in werkgeheugen op te slaan of toe te kennen aan een figuur dan wel achtergrond.