

Illustration: Christina Heitmann

»En hypotes med spegelneuron är att när man ser en annan person göra något aktiveras det egna motoriska systemet, vilket underlättar förståelsen av andras handlingar. Barn med autism har svårt att förstå syftet med andras handlingar ...«

Claes von Hofsten

# nja ...

mäts med EEG. När en vilje-handling utförs bryts denna rytm, men också när man ser någon annan utföra en vilje-handling. Det är neural aktivitet från just det område som innehåller spegelneuron som hämmar  $\mu$ -rytmen, vilket pekar mot att dessa neuron är inblandade.

Studier visar att hos perso-

ner med autism sker dämpningen av  $\mu$ -rytmen enbart vid eget handlande, inte när andra individers handlande observeras [7, 8]. I ett annat försök ombads personer med respektive utan högfungerande autism imitera en person i en videosekvens. En korrelation mellan graden utebliven  $\mu$ -dämpning och svårigheter

att imitera påvisades. Sambandet var särskilt starkt för uppgifter med relevans för social interaktion, som att härma ett ansiktsuttryck [9].

Även i normalpopulationen har man sett liknande samband. I ett test fann man att personer som hade höga poäng på ett test för autismliknande drag (autism spectrum

quotient) uppvisade mindre skillnad i hur mycket  $\mu$ -rytmen minskade vid observation av en hand som hålls stilla jämfört med hand som utför en handling [10]. Man har också visat att personer som får höga poäng på test för autismliknande drag i lägre grad aktiverar motsvarande egna musk-

## Härmapan i vårt inre

Att observera och att lära. Att förstå, att agera och att känna. Upptäckten av spegelneuronen har lärt oss hur nära sammankopplade alla dessa förmågor är.

Spegelneuronen upptäcktes av en ren slump i början av 1990-talet av forskare vid universitetet i Parma, Italien. Hos makaporer hade man kopplat elektroder till nervceller i ett område i hjärnan som styr motoriken. Det förvånande var att några celler triggades inte bara när apan själv utförde en viss rörelse, som att greppa efter något ätbart, utan även när någon annan, till exempel en forskare i teamet, gjorde detsamma.

Med tekniker som EEG, TMS, MRI och PET har man samlat betydande evidens för att samma mönster finns hos människor. Vissa motoriska områden i hjärnbarken – grovt sett samma områden som hos apor – aktiveras inte bara när en människa utför en handling, utan också när han eller hon observerar när någon annan utför den.

Vad spegelneuron gör är, enkelt uttryckt, att skapa en representation av den andres handlingar i det egna motoriska systemet, ungefär som om vi förberedde oss för att göra samma sak själva. Men vad är syftet med detta

»Vad spegelneuron gör är, enkelt uttryckt, att skapa en representation av den andres handlingar i det egna motoriska systemet ...«

ständiga inre efterapande? Till en början spekulerades det mycket kring om funktionen kunde vara att underlätta imitation och därmed inlärning. Möjligen skulle en sådan inre blåkopia även kunna bidra till förståelsen av andras avsikter. Ytterligare en hypotes som tidigt lanserades är att spegelneuronen är inblandade i empati:

genom att omedvetet härma den andras uttryck kommer vi åt dennes känslor.

Att spegelneuron är involverade vid imitation framgår av experiment med repetitiv TMS, transkranieell magnetstimulering, en teknik som kan användas för att hämma nervaktiviteten i ett visst område i hjärnan. Om man låter en sådan dämpning ske i de områden som förmodas innehålla spegelneuron minskar imitationsförmågan. Däremot påverkas inte samma rörelser om de utförs utan imiterande syfte [1].

Ett indirekt stöd för att spegelneuron är inbland-

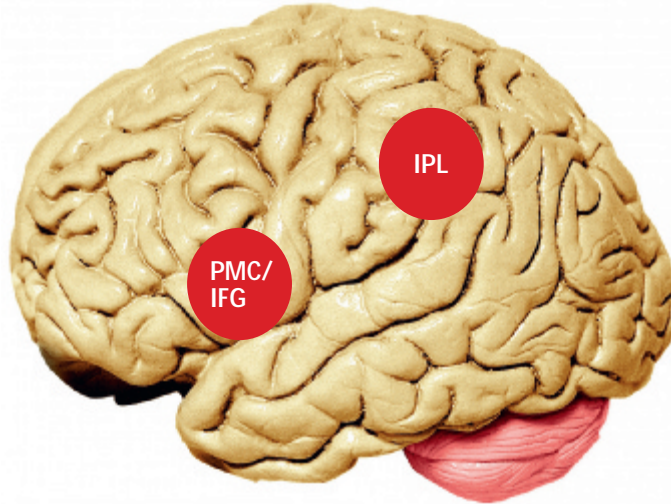
spegelneuron

➔ ler när de ser eller hör någon annan utföra en handling [11].

Flera studier visar att problem med social förståelse kan vara relaterad till avvikelser i spegelneuronsystemet. En undersökning med MRI på personer med högfungerande autism visade en korrelation mellan minskad mängd grå substans i pars opercularis och graden av problem med social kommunikation [12].

När det gäller enkla handlingar verkar det dock som om barn med autism förstår syftet lika bra som andra barn. Vid psykologiska institutionen i Uppsala har man undersökt hur väl barn med autism med blicken förutser förflyttningen av ett föremål. Man fann ingen skillnad jämfört med andra barn; båda grupperna verkade förstå målet med handlingen.

»Broken mirror«-teorin har inte stått oemotsagd. Exempelvis visar ett par studier på sedvanlig dämpning av



Två av spegelneuronsystemets viktigaste centra återfinns i: 1. IFG (gyrus frontalis inferior)/PMC (premotorikortex) och 2. IPL (lobulus parietalis inferior). I dessa områden sker liknande aktivering när man ser en handling utföras och när man själv utför den.

Foto: Colourbox

μ-rytmen – en indikation på att spegelneuronsystemet fungerar normalt – hos personer med autism som observerade en handling [13, 14]. Detta trots att de uppvisade de förväntade svårigheterna med att imitera handlingen.

Med fMRI har man kommit till liknande resultat, och där kunde man också se att hos båda grupperna skedde dämpning av signalen, adaptation, i spegelneuronområdet när handlingen upprepades, ytterligare ett tecken på

intakta spegelneuron [15]. Andra studier ifrågasätter å andra sidan påståendet att personer med autismsmörning verkligen skulle vara sämre på att imitera än andra, i vart fall när det gäller mindre komplexa uppgifter [16]. Det är snarare förmågan att tolka sociala signaler som inbjuder till imitation som brister.

Viviann Nordin konstaterar vidare att en koppling mellan aktivitet hos spegelneuronen och funktioner som är påverkade vid autism inte behöver innebära ett orsaks-samband.

– Det kan finnas någon annan anledning till att barnen inte är intresserade av att imitera, vilket leder till att spegelneuronen inte är aktiva, säger Viviann Nordin, som också betonar att spegelneuronen inte förklarar andra karaktäristiska symtom vid autism, som att man fastnar i repetitiva beteenden.

Att spegelneuronhypotesen fått ett så pass stort genomslag speglar kanske det faktum att så mycket är oklart om vad som orsakar

➔ dade i motorisk inlärning utgör iakttagelsen att inlärning sker snabbare om man samtidigt observerar och utför en rörelse än om man enbart utför den [2]. Detta förhållande verkar kunna ha klinisk relevans vid exempelvis rehabilitering efter stroke; det har visat sig i studier att om man stimulerar spegelneuronsystemet genom att låta patienten observera rörelser går det snabbare att återfå förlorad funktionsförmåga [3].

Ett problem med imitationshypotesen är att apor faktiskt är rätt mediokra imitatorer, och även hos dem har spegelneuron uppenbart en evolutionär funktion. Imitationen har också kommit att tonas ned något i takt med att man insett att enbart en

mindre del av spegelneuronen har egenskapen att koda in själva rörelsemönstret – då man bokstavligen kan tala om spegling – medan flertalet snarare kodar in syftet med handlingen.

Det här framgår i försök där samma rörelse presenteras i kontexter som antyder olika avsikter, till exempel att sträcka sig mot en tallrik för att ta något ätbart eller för att duka undan. Beroende på sammanhanget blir responserna i de berörda områdena i hjärnan olika [4]. Detta mönster har observerats hos både apor och människor.

Att det är syftet som är det centrala visas även av att pantomim inte ger samma aktivering som en äkta handling, liksom av att aktivering sker även när data är ofullständiga. Hos en apa som inte

ser målet med handlingen men kan räkna ut det genom annan information, till exempel ett för handlingen typiskt ljud, signalerar spegelneuronen likafullt [5, 6].

Det har visat sig att för att detta ska fungera måste handlingen ingå i den egna repertoaren. Spegelneuronen aktiveras om vi ser en hund tugga – en för oss bekant handling – men inte om den skäller [7]. Hos professionella dansare sker en starkare aktivering om de iakttar danssteg som de själva brukar utföra än om de iakttar partners steg [8].

Förståelse förefaller alltså utgöra en viktig del i spegelneuronens funktion – men kanske inte på det sätt man ursprungligen trodde. På ett generellt plan verkar förstå-

»Det tycks faktiskt som om områden med spegelneuron ingår i nätverk som är aktiva vid igenkänning av känslouttryck, nätverk där även insula och limbiska systemet ingår.«

else föregå spegelneuronens aktivitet snarare än att vara en följd av den. En tolkning är att spegelneuronen hjälper oss att identifiera syftet med andras handlingar innan de fullbordats genom att skapa en representation av handlingen i det egna motoriska systemet. När vi matchar denna mot egen motorisk repertoar får vi en di-

»En relativt ny hypotes, som kanske kan förklara de motsägelsefulla fynden, är att det är kopplingen mellan olika områden – inklusive sådana som innehåller spegelneuron – som är dysfunktionell vid autism.«

autism. Viviann Nordin konstaterar att forskningen går lite i vågor.

– Just nu är störningar i vilande vakenhetsaktiviteten ett hett område. Det som gör den teorin intressant är att dessa störningar drabbar samma eller överlappande nätverk i hjärnan som är aktiva vid mentala aktiviteter som att fundera på andras tankar och känslor.

Trots icke entydiga resultat finns det visst stöd för att regioner som antas innehålla

spegelneuron kan vara strukturellt och/eller funktionellt påverkade hos individer med autism, och att dessa störningar är särskilt uttalade när det handlar om att processa information av social och emotionell natur. En relativt ny hypotes, som kanske kan förklara de motsägelsefulla fynden, är att det är kopplingen mellan olika områden – inklusive sådana som innehåller spegelneuron – som är dysfunktionell vid autism [17].

Men oberoende av den exakta roll spegelneuron spelar för autism pekar »broken mirror«-hypotesen på en viktig grundförutsättning för vår förmåga att begripa vad andra tänker och vill – och varför det, som vid autism, går snett i vissa fall.

– Spegelneuronhypotesen lyfter fram det viktiga att hjärnan inte arbetar för sig själv. För att kunna lära sig nya saker måste man ha förmågan att spegla sin omgivning, säger Viviann Nordin.

Michael Lövtrup

michael.lovtrup@lakartidningen.se

## Nu har spegelneuron observerats direkt även hos människor

Experimentmetoder med elektroder som förs in i hjärnan kan av etiska skäl inte användas på människor. För att påvisa spegelneuron hos människor har man fram till nyligen fått nöja sig med indirekta metoder som MRI, PET och EEG. Men förra året presenterades en studie där spegelneuron för första gången registrerats direkt även hos människor.

Det är forskare vid UCLA i Kalifornien som kom på idén att »åka snålskjuts« i samband med att epilepsipatienter som inte svarat på annan behandling utreddes för kirurgi. Med hjälp av elektroder försökte läkarna identifiera områden för kirurgiskt ingrepp, och medan elektroderna flyttades runt passade forskarna på att be patienterna observera respektive utföra dels handrörelser, dels ansiktsuttryck kopplade till känslor.

Totalt 1177 nervceller hos

21 patienter undersöktes. Av de celler som svarade i experimentetsituationen reagerade flertalet på antingen aktivitets- eller observationsstimuli. En mindre del reagerade dock i båda fallen, det vill säga de var riktiga spegelneuron. Här fanns celler vars aktivitet triggades eller dämpades på likartat sätt i båda fallen, men också ett litet antal celler där reaktionen blev den motsatta beroende på om handlingen utfördes eller observerades. Det vill säga aktiviteten ökade i det ena fallet och minskade i det andra. Forskarna spekulerar över om dessa omvända aktivitetsmönster behövs för att förhindra oönskad imitation, eller för att upprätthålla distinktionen mellan den egna personen och andra.

Michael Lövtrup

Mukamel R, et al. *Curr Biol*. 2010;20:750-6.

rekt förståelse av syftet med handlingen, utan att behöva ta i anspråk kognitiva processer.

Vad gäller empati är det inte minst tack vare den kände neurologen António Damásios forskning en väl etablerad tankegång att vi känner igen andras känslor genom att aktivera samma neurala strukturer som när vi själva erfar dem. Givet att kausaliteten mellan känsla och uttryck fungerar åt båda hållen – man ler inte bara av glädje, man blir även glad av att le – passar spegelneuronen förstås som klippa och skurna in i en sådan modell. Särskilt som man har sett en koppling mellan empati och imitation genom den så kallade kameleonteffekten – ju mer empatiska vi är, desto mer tenderar vi att



omedvetet härma vår omgivning [9].

Det tycks faktiskt som om områden med spegelneuron ingår i nätverk som är aktiva vid igenkänning av känslouttryck, nätverk där även insula och limbiska systemet ingår [10, 11]. Några studier har också visat ett visst samband mellan aktivitetsnivå i spegelneuronsystemet och »empatipoäng« på skriftliga självskattningstest [12]. Men spegelneuronens roll för empatiförmågan är mindre klar än i fallet med imitation och förståelse, delvis kanske för att empati inte är ett så väl-

definierat och entydigt begrepp som det ibland förutsetts [12].

Samtidigt som kunskapen om spegelneuronen och deras roll för mänsklig kommunikation och interaktion ökar, fortsätter de att fascinerar oss och ge upphov till spekulationer. Är det spegelneuronen som hjälper oss att forma våra föreställningar om andras mentala tillstånd, det som brukar kallas »theory-of-mind«? Och kan de förklara, som studier har visat, att vi så lätt blandar ihop vad vi själva gjort och vad andra har gjort?

I vilket fall pekar mer och mer på att man inte ska se »spegelneuronsystemet« som ett isolerat system, utan snarare som en generell mekanism som innebär att områden i hjärnan som organi-

serar rörelse även reagerar på observation [13]. Den slutsatsen får stöd i en studie från 2010 där man för första gången kunde rapportera att spegelneuron observerats direkt hos människa (se artikel ovan). Områdena som undersöktes valdes ut på rent kliniska grunder och var sådana där man tidigare inte sett spegelneuronaktivitet, varken hos apor eller människor.

Att man hittade speglende neuron även i dessas områden tyder enligt forskarna på att speglingsmekanismen, där eget och andras agerande länkas samman, förekommer i ett stort antal neurala system i hjärnan.

Evolutionen tycks ha fört oss med hjärnor byggda för att svänga i takt.

Michael Lövtrup