



UPPSALA
UNIVERSITET

Empati och effekten av ett dysfunktionellt spegelneuronsystem

De neurologiska processerna bakom empati,
psykopati och autism

Simone Wanderoy Blemings

Independent Project in Biology

Självständigt arbete i biologi, 15 hp, vårterminen 2015

Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet

Sammandrag

Under det tidiga 1990-talet upptäcktes en specifik grupp neuroner kallad spegelneuroner. Dessa nervceller hittades hos makakapan (*Macaca nemestrina*) och lade basen för forskning inom empati. Spegelneuroner har en unik förmåga att inte enbart stimuleras motoriskt utan även också visuellt. Forskare har ännu inte lyckats påvisa att människan har spegelneuroner vilket är varför liknande processer hos människan beskrivs som ett system snarare än enskilda celler. Då systemet är en teori som bygger på spegelneuroner har det fått det passande namnet spegelneuronsystemet. Mycket särskiljer spegelneuroner från spegelneuronsystemet, bland annat det antagandet att systemet interagerar med olika regioner i hjärnan. Ett av områdena som associeras med spegelneuronsystemet menar forskare eventuellt är det limbiska systemet. Det är denna interaktion som lett forskare till antagandet om att spegelneuronsystemet kan vara funktionen bakom empati. Det går att indela empati i olika underkategorier: två av dessa underkategorier är **kognitiv- och känslomässig empati**. Båda dessa, inklusive andra underkategorier, medverkar vis uppbyggandet av det begrepp som idag används för empati och en defekt i en enskild underkategori kan ändra en individs förmåga för empati. **Psykopater** har bland annat en reducerad känslomässig förmåga för empati, men ett bättre anlag för kognitiv empati jämfört med en person som inte lider av psykopati. Tvärtom är det för **individer med autism som har en minskad kognitiv förmåga för empati**. Medan spegelneuronsystemet är en förhållandevis accepterad teori om varför människan förmår att känna empati är det inget mera än **en hypotes**. Eftersom att spegelneuronerens existens ännu inte är bevisad hos människan kan antagandet ännu inte verifieras helt och hållet, men ju mera det forskas inom ett område desto närmre ett svar tar det oss.

Förkortning- och ordlista

ASC: Autismspektrumtillstånd (*eng.* autism spectrum condition)

fMRI: Funktionell magnetisk resonanstomografi (*eng.* functional magnetic resonance imaging) där olika hjärnaktiviteter i hjärnan mäts genom att mäta blodflödet i de specifika regionerna

IPG: Den bakre hjässvindlingen (*eng.* inferior posterior gyrus)

Lingvistik: Ett annat ord för språkvetenskap eller forskning av språk. Förmågan för att kunna kommunicera verbalt är en av de viktigaste egenskaperna hos speciellt människan. Områden i hjärnan som speciellt associeras med lingvistik är Brocas- och Wernickes område.

MEP: Motoraktiverade potentialer (*eng.* motor evoked potentials) vilket är en mätteknik där olika neuroner eller neuronbuntars aktivitet mäts

MNS: Spegelneuronsystem (*eng.* mirror neuron system)

PFC: Prefrontala kortex (*eng.* prefrontal cortex)

PFG: Den undre frontalvindlingen (*eng.* posterior frontal gyrus)

STS: Den övre tinningsfåran (*eng.* superior temporal sulcus)

TMS: Transkraniel magnetisk stimuli (*eng.* transcranial magnetic stimuli) vilket är en teknik där forskarna genom hjälp av magnetiska signaler påverkar impulser i hjärnan

vmPFC: Ventromediala prefrontala kortex (*eng.* ventromedial prefrontal cortex)

Inledning

Hjärnan indelas i fem lober inklusive den insulära loben (Låda 1). Huruvida insula rent faktisk är en lob kan diskuteras, men i denna uppsats kommer den betraktas som hjärnans femte lob.

De fyra officiella loberna består av frontal-, hjäss-, tinning- och slutligen synloben som alla har olika underindelningar och funktioner. Under fosterutvecklingen delas hjärnan i två hemisfärer som förenas med varandra genom hjärnbalken. Utöver denna klyvning sväller hjärnan upp vilket resulterar i bildningen av vindlingar och fåror som ger hjärnan dess karakteristiska rynkiga utseende (Purves *et al.* 2012). Den undre fåran i den frontala loben är viktig vad angår empati – alla fyra lober antas ta del eller vara associerade med empati, men vissa områden har en större påverkan än andra. Förtunning av denna fåra har visat sig vara signifikant när det gäller tillstånd där individers empati och känslomässiga uppfattning påverkas (Ly *et al.* 2012). Det är inte enbart den undre fåran i frontalloben som är ett av de mera essentiella områdena, utan också det motoriska- och det pre-motoriska kortextet är av betydelse när det gäller empati (di Pellegrino *et al.* 1992) samt en struktur som kallas Brocas område. Detta område ligger placerad i den bakre regionen av den frontala fåran. Brocas område är döpt efter Paul Broca som 1861 upptäckte det (även kallad Brodmanns område 44 och 45) och dess relation till talstörningar (Cooper 2006).

Allmänt sett är empati inte svårt att beskriva, även om det finns olika sätt att göra det på. De allra flesta har hört uttrycket förut och kan ge en förhållandevis bra beskrivning av deras uppfattning av begreppet. En av de främsta beskrivningarna som används för empati är en individs förmåga att återspegla en observerad känsla. Genom att bara observera ett specifikt ansiktsuttryck eller tolka olika kroppsspråk reflekteras samma känsla hos den iakttagande, så att han eller hon själv upplever samma känsla eller åtminstone påverkas emotionellt av denna observation (Bird & Viding 2014). Det är universellt förstått att nedåtriktade mungipor visar ett sorgmodigt humör och det är inte heller svårt att urskilja ett äkta leende från ett falskt. Dock är empati inte helt så enkelt som enbart återspeglning av känslor. Det finns bland annat andra sätt att tolka begreppet empati, till exempel kan begreppet beskrivas som en individs förmåga att kunna sätta sig in i andras situationer (de Waal 2008). Båda beskrivningar av empati är korrekt; faktum är att empati kan delas in i flera underkategorier, kognitiv och känslomässig bland annat, som kommer tas upp senare i denna uppsats (de Waal 2008, Mathersul *et al.* 2013). Känslor anses i de flesta fall tillhöra den psykologiska vetenskapen, men även neurobiologin är en viktig faktor när det gäller känslor och de neurologiska processerna bakom en individs förmåga att ha medkänsla med sina medmänniskor (och andra levande organismer) (Kötter & Meyer 1992).

Basen för känslor ligger i det limbiska systemet. Detta system byggs upp av olika regioner i hjärnan, däribland en struktur vid namn hippocampus (Kötter & Meyer 1992). Då hela systemet byggs upp av olika komponenter, som var för sig även ingår i andra processer, är känslor inte det enda som associeras med det limbiska systemet (Catani *et al.* 2013). Hippocampus förknippas förutom känslor även med lagring av lång- och korttidsminnen samt anpassning av beteende (Kötter & Meyer 1992, Boccardi *et al.* 2010). Precis som det ofta är med hjärnan är det många små strukturer som är med och bygger upp det som idag kallas det limbiska systemet. En av dessa strukturer är amygdala. Liksom hippocampus anknyts amygdala till lagring av minnen (LaLumiere 2014). Då hjärnan under fosterutvecklingen delas in i två hemisfärer finns det även två amygdala-strukturer som överlappar med hippocampusformationen (Purves *et al.* 2012). Detta kan vara en förklaring till varför båda två förknippas med generellt de samma funktionerna, häribland minnen och känslor. Både amygdala och hippocampus befinner sig medialt i tinningloben och tillhör därmed storhjärnan (*telencephalon*) (Brierley *et al.* 2002).

Insula och Brocas område är enbart ett fåtal regioner som deltar i maskineriet bakom empati. Alla fem lober är antingen i direkt- eller indirekt kontakt med det limbiska systemet och därmed är alla viktiga komponenter när det gäller känslor och empati. Det är empati som är huvudsyftet med denna uppsats och det är då de neurala processerna som är av intresse och som kommer tas upp och diskuteras. Utöver empati kommer uppgiften även fokusera på de två främst omtalade tillstånden när det gäller empati – psykopati och autism.

Empati

Att kunna förstå andras handlingar är en viktig del av en individs sociala utveckling. Utöver att kunna förstå utförda handlingar är det även viktigt att förstå andra individers känslor för att kunna agera och ta del i de sociala samspelet i vardagen (Marsh & Hamilton 2011). Det mesta av människans förståelse för varandra är inlärd genom observation; en observation av en reaktion hos en annan person och den respons som handlingen får från samhället (Libero *et al.* 2014). Det är inte bara förståelse utan även förmågan att känna av andra människors (och djurs) känslor som ingår i fenomenet empati. Förståndsmässigt är empati enkelt: de flesta har hört uttrycket förut och kan beskriva vad det betyder även om det finns ett olik antal sätt att göra detta på. Rent mekaniskt är det inte lika enkelt (Aaltola 2014a). Precis vilka områden i hjärnan som ingår i processerna bakom empati är ännu inte klarlagt, men det finns ett fåtal troliga teorier. En minoritet bland forskare anser empati för att vara en enskild process, medan flertalet menar att det är många olika processer som måste inverka och interagera med varandra på ett eller annat sätt för att en individ ska kunna känna empati (Fecteau *et al.* 2008, Aaltola 2014a). Panksepp (2011) kommenterar bland annat “att framtida forskning borde fokusera på huruvida empatiska reaktionen härstammar från högre kognitiva- eller lägre affektiva hjärnfunktioner”, men fortsätter sitt uttalande med att påpeka att forskning än så länge visar att det är en kombination av dessa två (Panksepp 2011). Rent allmänt kan empati beskrivas på olika sätt och, beroende på vem som tillfrågas, används det ofta synonymt med begrepp som bland annat medkänsla och sympati (Aaltola 2014a).

Empatiska underkategorier

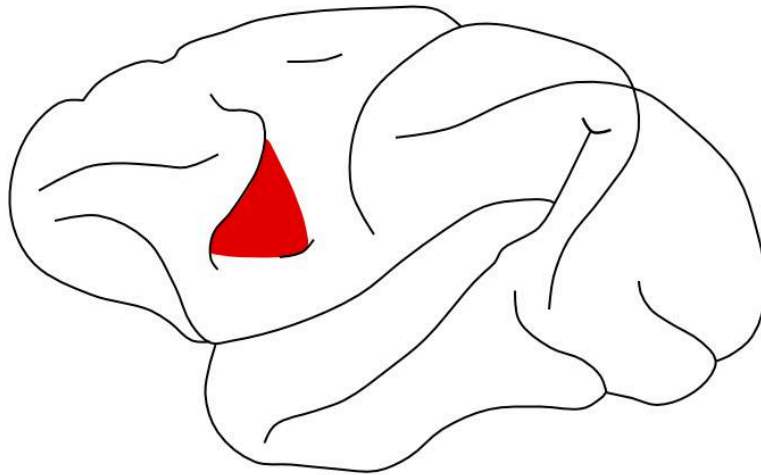
Som angivits tidigare finns det olika sätt att indela empati på. Två av dessa empatiunderkategorier är kognitivt och emotionell empati. Det finns flera underkategorier än dessa två, bland annat finns det projektiv empati, men just kognitiv- och känslomässig empati är viktigt och används ofta för att beskriva empati och funktionen bakom. Kognitiv empati används flitigt som en synonym för begreppet sinnesteori (de Waal 2008, Mathersul *et al.* 2013) och beskriver en persons förmåga att *tolka* ett observerat ansiktsuttryck och *förstå* vad personen känner (Fecteau *et al.* 2008, Sommer *et al.* 2010). Denna form för empati handlar inte om att uppfatta andras känslor utan om att förstå dem. Utöver att ha förståelse för en annan persons känslor, innebär denna form för social intelligens att den iakttagande även kan förutspå andra personers handlingar. Till exempel, om en annan person ser ledsen ut är det ett troligt antagande att den personen i en snar framtid börjar gråta (Fecteau *et al.* 2008). Känslomässig empati är förmodligen det som de flesta tänker på när de hör ordet *empati* och är i grund och botten att en observerad känsla återskapas inom betraktaren (Baird *et al.* 2011). Ihop skapar dessa två underkategorier fenomenet som är empati och det är därför viktigt att förstå att kognitiv- och känslomässig empati var för sig inte är lika med empati. Man kan beskriva de två underkategorier, ihop med liknande underkategorier, som basen för empati. Eftersom att empati byggs upp av dessa underkategorier är inte möjligt att ha empati utan att den kognitiva- och känslomässiga empatin också har en påverkan (Aaltola 2014a). Dock är

det möjligt att ha bra emotionella eller kognitiva färdigheter utan att kunna känna full empati. Psykopater, bland annat, har en ökad förmåga för sinnesteori, men klassas som empatilösa (Boccardi *et al.* 2010, Bird & Viding 2014). Det är ofta svårt att särskilja empati och känslomässig empati eftersom båda två beskrivs som när en annans känslor och reaktioner leder till en ändring av betraktarens egna känslor. Det är lättare att särskilja sinnesteori och empati, men detta leder också till att många misstolkar kognitiv empati och därmed inte anser detta för att vara en del av empatin (Bird & Viding 2014). Precis som det limbiska systemet byggs upp av olika regioner i hjärnan, finns det även olika regioner som tillsammans verkar för att bygga upp kognitiv empati, däribland det mediala prefrontala kortextet (**PFC**) och den övre tinningsfåran (**STS**) (Libero *et al.* 2014).

Spiegelneuroner och spegelneuronsystemet

Att mekanismerna bakom empati inte är en enskild process är i dag en relativt accepterad, men inte direkt bevisad teori. "Enskild process" kan tolkas på olika sätt, bland annat genom att det inte bara är ett område som styr processen, utan olika strukturer som inverkar på varandra för att en person ska kunna känna empati (Fecteau *et al.* 2008). Det är inte bara olika strukturer som samverkar, utan även olika lober precis som med så många andra neurala system. Hos människan är det speciellt den frontala- och hjässloben som antas vara de prominenta områdena när det gäller empati och samverkan mellan dessa två lober leder till en process som forskare har döpt till spegelneuronsystemet (**MNS**) (Carr & Winkielman 2014). Tillsvidare är empati nästan enbart ett begrepp som används om människor och högrestående primater såsom den stora apan, vilket betyder att MNS primärt används i samband med människor (Bird & Viding 2014). Det finns dock forskning som indikerar att andra djurklasser (däribland råttan) utvisar empatiliknande förmågor (Panksepp 2011).

Teorin om ett MNS hos människan tog forskarna upp efter upptäckten av en unik grupp av celler, som både var motoriska och sensoriska *samtidigt*. Upptäckten av dessa exklusiva neuronerna gjordes på makaker (*Macaca nemestrina*) under det tidiga 1990-talet (Gallese *et al.* 1996, de Pellegrino *et al.* 2006). Genom att placera elektroder i olika områden i hjärnan, kunde aktiviteten i hjärnan mätas under olika fysiska situationer. När dessa elektroder placerades i det pre-motoriska kortextet i den bakre delen av område 6, även kallad F5 (Figur 1), såg forskarna som väntat aktivitet i de motoriska neuronerna i området. Som en del av frontalloben befinner sig det pre-motoriska kortextet alldeles framför det (primära) motoriska kortextet som gränsar till hjässloben. Fram till upptäckten av spegelneuronerna hade det pre-motoriska kortextets funktion antytts vara rent motorisk. Därför var det inte heller oväntat att de aktiverades under fysiska handlingar. Det som var oväntat var dock observationen som gjordes sedan: vissa motoriska neuronerna i det pre-motoriska kortextet aktiverades inte enbart under fysiska handlingar utan även när samma fysiska handling observerades (di Pellegrino *et al.* 1992).

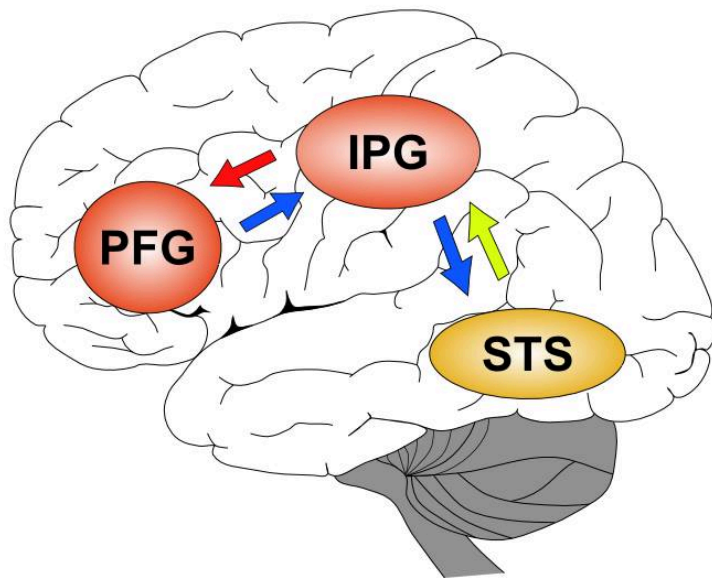


Figur 1: Placering av F5 hos makakapan. OBS: jämför placering med Brocas område som illustreras i figur 3. Modifierat efter Fogassi & Ferrari (2007) av Adam Falk.

Efter upptäckten av neuronerna började snart funderingarna om vad dessa neuroners syfte kunde vara. En tidig hypotes var att deras funktion var att imitera. Det var detta antagande som gav neuronerna det namn som de ännu i dag är känd under – spegelneuroner, för att de *speglar* observerade handlingar. En annan förmodan var att spegelneuronernas funktion eventuellt kunde ligga bakom en individs förmåga att tolka och förstå en sedd handling och därmed agera därefter (Gallese *et al.* 2006). Denna förmåga är det som i dag kallas för kognitiv empati eller sinnesteori (Liberio *et al.* 2014).

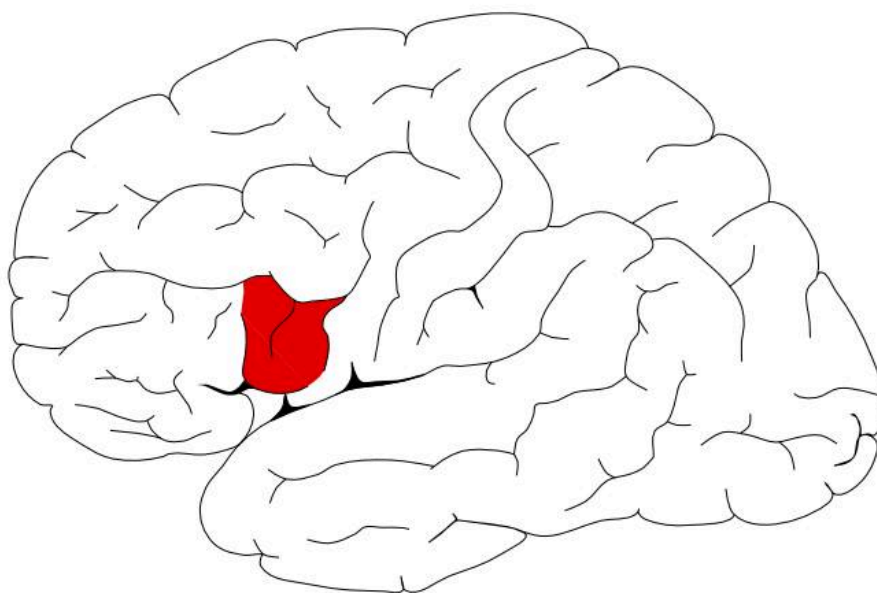
Spegelneuroner hos människan

Till dagens datum finns det ännu inga tillgängliga studier på encelliga spegelneuroner hos människan. Ändå kan det påpekas att det finns ett antal studier som indikerar deras existens (Mukamel *et al.* 2010), ett av dessa studier tas upp i denna uppsats. Men varken den studien eller de andra få studier som fått liknande resultat kan bevisa att dessa celler faktiskt är spegelneuroner lik de man hittade hos makakapan. På grund av de svaga bevis som finns för spegelneuronernas existens hos människan anses det fortfarande som en icke-bevisad teori. I stället används MNS som ett uttryck för imitation (Debes 2011). Som tidigare nämnts är det två områden som specifikt omtalas och går under detta system. Dessa två områden befinner sig i de två övre loberna (frontal- och hjässloben), och består av den undre frontala vindlingen (**PFG**) och den bakre hjässvindlingen (**IPG**) som sägs innehålla dessa spegelneuroner (Figur 2) (Carr *et al.* 2003)



Figur 2: placering av spegelneuronsystemets två huvudområden den undre frontala vindlingen (PFG) och den bakre hjässvindlingen (IPG) i förhållande till den övre tinningsfåran (STS). De blå pilarna representerar spegelneuronsignalerna, medan de andra två pilarna representerar input från STS respektive IPG till PFG. Modifierat efter Carr *et al.* (2003) av Adam Falk.

När en handling observeras registreras den i näthinnan, som vidarebefordrar informationen till synloben. På vägen till synloben korsas tinningloben och den övre tinningsfåran (STS). STS förmedlar informationen som nåtts till först IPG som skickar det vidare till PFG (Figur 2) (Iacoboni & Dapretto 2006). Den frontala loben består som tidigare beskrivits av två motoriska områden, men just i PFG finns en annan känd struktur. Brocas område är ett område som primärt utgör basen för talförmågan och meningsformation (Figur 3) (Cooper 2006). Alltmer intressant blir Brocas område om dess placering i hjärnan jämförs med F5:s placering i makakens hjärna. Då är det tydligt att de två områdena ligger någorlunda på samma ställe även om människans hjärna är långt mera utvecklad (Figur 1, Figur 3). Ett annan fascinerande punkt är att celler i Brocas område aktiveras under situationer som borde utlösa empatiprocesserna. Både placeringen och det faktum att båda områden har celler aktiverade under härmning pekar i riktning mot att dessa två områden eventuellt är homologa med varandra (Gallese *et al.* 1996, Gallese & Goldman 1998, Cooper 2006). Det kan alltså antas att F5 hos makaken (och andra mindre apor) och Brocas område hos människan evolutionärt har samma ursprung. Om detta är fallet, kan det potentiellt indikera att Brocas område inte hade **lingvistik** som dess naturliga funktion och att imitation var en del av vårt beteende långt innan språket (Cooper 2006).



Figur 3: Placering av Brocas område hos människan. Modifierat efter Fogassi & Ferrari (2007) av Adam Falk.

Eftersom att spegelneuronerna än inte påvisats hos människan och att empati nu för tiden enbart kopplas till människan (i vissa fall den stora apan) går det ännu inte att säga att spegelneuronerna kan anknytas till empati. Dock är det mycket som talar för att de finns hos människan, men det är även mycket som motbevisar denna teori. En punkt som tas upp för att motargumentera spegelneuronernas samband med empati är att MNS antas ha en långt mera komplicerad funktion än bara motorisk härmning (Debes 2011, Lamm & Majdandžić 2015). På grund av placeringen av spegelneuronsystemet i förhållande till det limbiska systemet antas detta ha en påverkan på människans emotionella tillstånd, medan samma associering inte kan antas om spegelneuronerna. Så medan spegelneuronerna och MNS båda antas ha en inflytande på fysisk härmning, är det enbart spegelneuronsystemet som antas ta del i härmning på en mera känslomässig nivå (Debes 2011). Denna skillnad mellan spegelneuroner och MNS hos människan upphöjs även av Lamm & Majdandžić (2015) som nämner flera punkter som motsäger spegelneuronteorin. Ett av de konkreta argumenten som de tar upp är att spegelneuroner och deras aktivitet enbart blivit studerat hos makaken och inte hos människan. Detta är den konkreta förklaringen till varför spegelneuroner inte nämns i samband med empati. I stället nämns MNS; en teori som bygger på att spegelneuroner finns hos människan, men det är som sagt ännu inte påvisad på en nivå som gör att teorin kan verifieras (Debes 2011). Det har gjorts flera studier på makakapan sedan upptäckten av spegelneuronerna under 1990-talet och tillsvidare har inget tytt på att dessa neuroner var något annat än motoriska. Det finns alltså inget konkret bevis på att de ligger till grund för empati (Lamm & Majdandžić 2015). Såväl imitationsområdena PFG och IPG samt STS interagerar med den insulära loben. Beroende på vilken forskare som frågas är insula en del av, eller åtminstone associerad med, det limbiska systemet och därmed anknyts den med systemet bakom känslor. Det är kopplingen mellan MNS och det limbiska systemet som ligger till grund för många forskares teori om att MNS är mekanismen bakom empati (Carr *et al.* 2003).

Psykopati

En tänkvärd infallsvinkel när det gäller empati är vad som händer när systemet bakom empati inte lyckas. Psykopati och autism är två tillstånd där oförmåga för empati och social intelligens är mest känt. Särskilt när det forskas på empati är dessa två tillstånd mycket intressanta. Om det går att bevisa att spegelprocesserna, STS och de andra områden vilka redan nämnts är en del av maskineriet bakom empati borde dessa strukturer också ligga bakom tillstånd där empatin har en reducerad effekt eller åtminstone ha en påverkan.

Det är inte psykopatens enda kännetecken att han eller hon inte förmår att känna empati, men det är dock dess mest kända. Andra kännetecken som en person som lider av psykopati ofta uppvisar är bland annat en reducerad förmåga att känna rädsla och nedstämdhet, en ökad aggression och antisocialt beteende samt en otrolig skicklighet för att kunna manipulera andra människor (Boccardi *et al.* 2010, Bird & Viding 2014). En trolig hypotes för varför psykopater inte kan känna empati är att det finns en defekt i MNS, antingen i signaleringen *till* MNS från STS eller *från* STS till det limbiska systemet (Mier *et al.* 2014). Skulle så vara fallet borde det finnas en positiv korrelation mellan spegelsystemen och psykopati så att alla eller vissa av de MNS-anknutna områdena, IPG och PFG bland flera, inte aktiveras eller aktiveras i en reducerad omfattning under empatistimulerande situationer.

Att klassas som psykopat

Det är svårt att precisera exakt hur många människor som idag är psykopater. De flesta som klassas som psykopater är kriminella och ofta är det mera än enbart psykopati som ingår i deras diagnoser. I denna uppsats gjordes det bruk av flera undersökningar som fokuserade på sambandet mellan empati och psykopati och i de flesta fall forskades det på kriminella med psykopatidiagnoser. Det kan därför antas att det i de flesta fall är kriminella som används som försökspersoner. Genom olika kontrolltest kan forskarna göra sig säkra på att psykopatiegenskaperna inte påverkas av andra diagnoser såsom schizofreni och bipolära tillstånd. Sättet på vilket individer klassas som psykopater kan utföras med hjälp av olika metoder (Gordon *et al.* 2004, Sommer *et al.* 2010). Oftast är det genom olika intervjuer och enkäter, där två av de vanligaste metoderna kallas psykopat-personlighetsfrågeformulären (PPI) och en reviderad Hares psykopat checklista (PCL-R) (Gordon *et al.* 2004). Båda dessa enkäter består av två delar: Faktor 1 och Faktor 2. Faktor 1 och Faktor 2 i de två frågeformulären är relativt lika även om PPI och PCL-R inte har samma uppbyggnad och frågor. Faktor 1 representerar försökspersonens känslomässiga oförmåga (på engelska kallad *coldheartedness*) och den andra representerar graden av försökspersonens antisociala beteende (Gordon *et al.* 2004, Sommer *et al.* 2010). Utav en total poängsamling på 40 karakteriserar en individ som psykopat om hen får 28 poäng (70 %) på hens PCL-R (Sommer *et al.* 2010).

Psykopatens kognitiva förmåga

Medan PPI och PCL-R fokuserar på psykopaters empatilöshet och antisociala beteende är även manipulation ett framskridet kännetecken hos psykopater. En individs förmåga för manipulation borde indikera en hög social intelligens och därigenom en hög förmåga för kognitiv empati (Bird & Viding 2014), dock är detta fortfarande inte bevisat tillräckligt för att kunna bekräftas. Det är också ovisst om psykopater har en bättre förmåga för att kunna tolka och förstå observerade handlingar och känslor. Det har gjorts olika försök när det gäller denna fråga, som både bevisat att psykopater är bättre när det gäller kognitiv empati (Fecteau *et al.*

2008), men även där resultaten ger motbevisande data och liknande samband inte hittats (Sommer *et al.* 2010). Båda parter hävdar olika saker: Fecteau *et al.* (2008) häntyder att det finns en skillnad av individers kognitiva förmåga hos psykopater jämfört med kontrollpersoner, medan Sommer *et al.* 2010 inte anser detta för att vara tillfället. Båda experimenten genomfördes med ultrakorta videoklipp, mellan 2-4 sekunder långa (Fecteau *et al.* 2008, Sommer *et al.* 2010). Fecteau *et al.* (2008) använde sig av transkranial magnetisk stimuli (TMS) för att mäta motoraktiverade potentialer (MEP) i motorkortexet. Under försöket fokuserades det speciellt på Faktor 1 på PPI-skalan. Videoklippen som användes fokuserade på smärta. Fecteau och kollegor fann att det var en signifikant korrelation med ett p-värde större än 0.05 och en Pearsons korrelationskoefficient på $r=0,58$ mellan ett fallande MEP-resultat och Faktor 1. I detta försök användes 18 manliga försökspersoner med ett åldersmedelvärde på 23.8 ± 3.7 år (Fecteau *et al.* 2008). I det motargumenterande experimentet, utförd av Sommer och kollegor (2010), användes 14 individer vars kön inte framgår och med ett åldersmedelvärde på $31.4 \text{ år} \pm 5.8 \text{ år}$. För detta försök användes inte samma statistiska mått som i den tidigare studien. Sommer *et al.* konkluderade utifrån standardavvikelse huruvida resultaten mellan försökspersonerna och matchande 14 kontrollpersoner var signifikanta eller inte. Syftet med detta försök var också annorlunda jämfört med den tidigare studien och i stället fokuserades det på hur väl psykopaterna respektive kontrollgruppen tolkade olika ansiktsuttryck medan aktiviteten i hjärnan mättes med funktionell magnetisk resonanstomografi (fMRI). Resultaten som de använde för att konkludera psykopaters kognitiva förmåga för empati drogs utifrån frågeformulär. 97 % av psykopaterna svarade rätt i frågan om den observerade personens sinnesintryck med en standardavvikelse på 0.04 %, medan kontrollgruppen hade 95 % korrekta svar och en standardavvikelse på 0.05 % (Sommer *et al.* 2010) (Låda 2)

TMS och MEP respektive fMRI

Funktionell MRI (**fMRI**) är ett av de mest använda mätinstrumenten för att mäta aktiviteten och för kartläggning av hjärnan. Denna teknik mäter neurala hemodynamiska aktiviteter, det vill säga blodflödet i hjärnan, bland annat genom att använda en teknik som kallas echoplanavbildning (EPI). Ju starkare pulsekvens, desto större är blodflödet i de olika områdena. Ett stort blodflöde i ett specifikt område indikerar att det finns en högre aktivitet. Medan fMRI mäter aktiviteten i olika områden och inte specifikt i de enskilda cellerna är det precis så motoraktiverade potentialer (**MEP**) fungerar (Niazov *et al.* 2005). Denna teknik mäter stimuleringen av enstaka, men även buntar av celler ofta efter dessa neuroner blivit aktiverade av en viss form av stimuli. En sådana stimuli kan komma från transkranialmagnetisk stimuli (**TMS**): här skickas stimulerande signaler från en magnet för att aktivera specifika regioner i hjärnan. Dessa signaler består av ett visst antal elektriska signaler med en förutbestämd voltstyrka (ofta mellan 100-400 V, men även upp till 1000 V är möjligt) (Jameson 2012).

Ofullständig empati

Det intresseväckande med tillstånd som psykopati och autism är *varför* dessa tillstånd uppstår och *vilka* mekanismer som påverkar detta. Vetenskapsmän- och kvinnor idag forskar på att besvara båda frågorna och tills vidare finns det inga konkreta svar. Dock finns otaliga teorier. Varför psykopater inte klarar av att känna empati kan ha sina rötter i amygdala och ett område i den frontala loben kallad det ventromediala prefrontala kortextet (**vmPFC**) (Blair 2007). Eftersom att olika strukturer i hjärnan kan ha multipla funktioner kan skador på olika regioner

ha flera effekter. Detsamma gäller om skador på vmPFC skulle förekomma och påverkningen sker inte enbart på emotionell men även kognitiv empati (Baird *et al.* 2015), det vill säga att en skada i detta område inte enbart påverkar människans egenskap att kunna tolka andra människors känslor, men även berör människans förmåga att känna sympati. Eftersom dessa två underkategorier primärt bygger upp empati kan det antas att en skada i vmPFC kan leda till total påverknings av empati. Förutom psykopati antas amygdala och vmPFC också ha del i de neurala nätverken som bygger upp förmågan för förståelse av moral och ansvarighet (Blair 2007) och lägger därmed grunden för social intelligens (Mathersul *et al.* 2013). Moralitet är ett klassiskt ord som oftast kastas runt i sammanhang med psykopati. Särskilt när det gäller moral, vad som är bra och vad som är dåligt, är amygdala en prominent struktur. När amygdala har bearbetat informationen som den mottar från tinningloben och STS, utskickas informationen till sina respektive områden, bland annat vmPFC (Blair 2007). Ökad empati betyder dock inte att en person agerar mera moraliskt korrekt. Likaså går det inte att bestämma en individs empatiförmåga utifrån hans eller hennes moralitet. Två personer vars moral är olika kan ha samma förmåga för empati (Lamm & Majdandžić 2015).

Psykopater kan känna känslor; en psykopat kan förnimma glädje och sorg och så vidare. Ett uttryck som korrelerar med empati är sympati. Tidigare nämndes det att sympati är ett uttryck som ofta används som synonym för empati. Medan det inte är inkorrekt att använda sympati som synonym för empati är dessa begrepp inte fullkomligt lika med varandra. (Decety *et al.* 20013). Sympati beskrivs av de Waal (2008) som en känslomässig respons bestående av sorg för en annan individ, jämfört med empati där denna känsla (bland flera) delas mellan de två individerna. Med andra ord är det möjligt att sympatisera med en annan individ utan att känna empati för dem. Studier har visat att aktiviteten i amygdala minskar hos psykopater när de utsätts för att andra känner smärta, medan samma reduktion av aktivitet inte sågs när denna smärta riktades mot psykopaterna själva. Utöver en reducerad aktivitet i amygdala sågs det även en reducerad signalering från insula till amygdala. En viktig sak att tänka över när dessa resultat konkluderas är att de visade olika resultat beroende på om individen var klassad med hög- respektive låg psykopatigrad efter PPI-skalan och att även ökad amygdalarespons sågs hos ett fåtal psykopater (Decety *et al.* 2013).

Den femte lobens inverkan

Som tidigare nämnt finns det inga konkreta bevis på att människan har dessa så kallade spegelneuroner. Dock är det mycket som tyder på att de finns hos människan. Bland annat har det visats att samma celler i den mediala frontala och den mediala tinningkortexet aktiveras under olika scenarier både för fysiska handlingar och observerade emotionella situationer. Mukamel *et al.* (2010) undersökte 1177 neuroners aktivitet hos 21 testindivider, vars kön och ålder är okänd. I den mediala frontalkortexet observerades aktivitet i 652 neuroner (55.4 %) och 525 neuroner (44.6 %) i den mediala tinningkortexet (Mukamel *et al.* 2010). Om dessa celler är spegelneuroner, och om människan har spegelneuroner som de man hittade hos makaken, är ännu inte klarlagt, men dessa resultat antyder att det är möjligt. Mukamel *et al.* (2010) kollade även aktiviteten i specifika regioner inom den mediala frontala och den mediala tinningkortexet där bland annat amygdala och hippocampus är av intresse. Deras resultat visade att det var en signifikant mängd neuroner som aktiverades både under observerade och under utförda handlingar i hippocampus ($\chi^2(1) = 12.5$; $p = 2 \cdot 10^{-4}$), medan resultaten för amygdala inte var signifikanta (Mukamel *et al.* 2010).

Det är primärt i PFG och IPG som dessa neuroner tros vara lokaliserade hos människan, men även andra ställen antas vara bärare av dem. Insula är en region som troligen skulle kunna innehålla spegelneuroner (Låda 1), om dessa celler existerar hos människan (Wicker *et al.* 2003). Som tidigare nämnt är insula en struktur som är i kontakt med både MNS-områdena, STS och det limbiska systemet (Carr *et al.* 2003). Det har konstaterats att både den insulära loben, som ligger mellan frontal- och tinningloben, och amygdala aktiveras av odoranter som väcker avsmak. Förutom det faktum att de aktiveras när en individ själv känner den illadofande lukten, är det mycket som indikerar att dessa celler i insula (och eventuellt också amygdala) även aktiveras när man observerar en person, som ger uttryck för att ha anat en illaluktande odör ($p < 0.05$) (Wicker *et al.* 2003).

Utöver denna aktivering anses insula, precis som amygdala och vmPFC, även att ta del i den sociala intelligensen och därmed kognitiv empati (Muthersul *et al.* 2013). Att den insulära loben inte enbart förknippas med det limbiska systemet utan även med människans förmåga att kunna känna empati, innebär att en reducerad insulär kortext borde påverka individens empatiförmåga. Denna teori har bekräftats med fynd hos psykopater, där det har konkluderats att psykopater rent faktiskt har en minskad lob samt att kortextet som bildar PFG var reducerat jämfört med en kontrollgrupp ($p < 0.05$) (Ly *et al.* 2012). Ett reducerad kortext kring insula och PFG gör att aktiviteten i dessa områden blir svagare. STS överför information från näthinnan till PFG och IPG som för denna information vidare till amygdala och det limbiska systemet, men ingår inte officiellt i MNS och beskrivs snarare som angränsande faktorer. Hos psykopater finns en försvagad aktivitet mellan STS och amygdala (Mier *et al.* 2010). Huruvida STS och amygdala, och därmed det limbiska systemet, ingår i MNS eller om de enbart är påverkande faktorer kan diskuteras (se diskussion). Men psykopaters aktivitet i amygdala under empatistimulerande situationer är ett faktum, vilket kan tyda på att informationsöverföringen från MNS till amygdala via den insulära loben är begränsad (Mier *et al.* 2014). Detta stämmer överens med att den insulära loben hos psykopater är reducerad (Ly *et al.* 2012). Med andra ord kan informationen från PFG inte överföras lika väl till det limbiska systemet och amygdala om den insulära loben är minskad. Även om en minskning av amygdala inte observerades hos psykopater jämfört med en kontrollgrupp, sågs en reducerad aktivitet i denna känslstruktur. Det är därför en väsentlig teori att insula är en vital komponent bland de neurala nätverken som skapar empati.

Autism

Det är inte enbart psykopater som har dysfunktion när det kommer till empati. Även folk diagnosticerade med autism (och Asperger) har svårigheter när det gäller att reflektera observerade känslor och sinnesteori. Ett kännetecken som ofta karakteriserar autismspektrumtillstånd (ASC) är bland annat att personer med detta tillstånd har svårt att kognitivt förstå andra människors känslor, vilket gör att de har svårt vid sociala situationer (Suckersmith *et al.* 2012). Denna reducerade förmåga för kognitiv empati gör inte enbart att individer med ASC har svårare att tolka andra individers känslor, utan även sina egna subjektiva känslor (Greimel *et al.* 2010).

Skillnad mellan psykopati och autism

Både psykopati och ASC är de mest omtalade tillstånden när det gäller empati är det emellertid två olika tillstånd (Aaltola 2014b). Antagandena om varför individer med autism eller ASC har en ändrad förmåga för empati och sinnesteori är otaliga. En av dessa hypoteser

är, liksom hos psykopater, att det borde finna en defekt i MNS. Om MNS är funktionen bakom empati, borde det vara en defekt i ett av områdena associerade med empati, även om människor med ASC ändå förmår att känna empati (Marsh & Hamilton 2011, Libero *et al.* 2014). Det är en av de primära skillnaderna mellan psykopati och autism: även om båda dessa tillstånd är de främsta tillstånden som omtalas när det gäller empati, förmår en person med ASC att känna av empati men har en reducerad kognitiv förmåga i förhållande till empati, vilket är tvärtom hos en psykopat (Blair 2008, Libero *et al.* 2014). Även om detta är fallet sägs det ofta om personer med ASC att de inte uppvisar egenskaper för empati och generellt klarar de sig sämre på PPI och PCL-R undersökningar (Bird & Viding 2014). Ändå uppvisar inte personer med ASC samma omoraliska beteende som psykopater (Blair 2008). Eftersom att empati delas in i underkategorierna – kognitiv och emotionell, är många av områdena som anknyts till empati de samma områden som berörs när det gäller en av de två underkategorierna. Det är därför inte förvånansvärt att det hos en person med autism sker en ökad aktivitet i STS och i MNS-området IPG under empatistimulerande situationer (Libero *et al.* 2014), medan det som tidigare nämnts inte var fallet hos psykopater (Mier *et al.* 2010).

Diskussion

Med all den kunskap vi människor har i dag finns det fortfarande mycket som förblir obesvarad vad angår empati. Allt hastigare klättrar vi upp induktionsträdet för att nå vårt ändliga mål: att få reda på sanningen. Om vi når hela vägen dit är just nu en öppen fråga, men för att det finns en mängd förhindrar dit betyder det inte att vi ska sluta sträva efter svaret. Men det är nättopp det som är spännande med hjärnan. Det finns så mycket vi ännu inte kan förklara, mycket som är öppen för egen tolkning, vilket leder till en fantastisk diskussion. Empati är mycket mera än enbart empati – det går inte att diskutera empati utan att ta upp moralitet, psykopati och i de flesta fall autism, vilket är vad jag i denna uppgift har försökt fördjupa mig i. Särskilt moraliteten är av stort intresse: det som är moraliskt korrekt varierar från kultur till kultur och det kan därmed diskuteras huruvida moralitet är ett inlärt beteende och inte ett universellt (motsatt empati som är medfödd). Ett exempel är dödsstraff: vissa stater i USA och ett antal andra länder runt omkring i världen utövar dödsstraff. I dessa länder anses det moraliskt korrekt att vissa förbrytare ska straffas med döden till följd av ett brott. Andra länder, som är anti-dödsstraff, anser detta för att vara en lika stor ogärning i sig. För att moraliteten i dessa stater och länder som är pro-dödsstraff är annorlunda än den som finns att hitta i länder anti-dödsstraff är det inte det samma som att empatin är olika. Med andra ord känner inte en person som är emot dödsstraff en annan form av empati jämfört med en person som är för dödsstraff. Det går att utföra en handling som efter deras egen moral är etiskt korrekt och fortfarande känna sympati för den som straffas (Aaltola 2014b).

Det som är svårt vad angår empati är att det finns många olika regioner i hjärnan som ingår i processerna bakom empati, eller som teoretiskt sett ingår i processerna. Som med så mycket annat, särskilt när det gäller neurala nätverk, är det inte enbart en eller två processer som bygger upp maskineriet bakom empati utan flera olika. Det som gör det ännu mera problematiskt är att om de strukturer som i dag antas vara en del av empatisystemet –MNS, STS och det limbiska systemet bland annat, borde det också vara en defekt i ett av dessa områdena som gör att folk inte kan känna empati. Så ser det dock inte ut i alla undersökningar, men vad som måste påpekas när resultat blir olika är att många av dessa försök gjorts under olika situationer och med hjälp av olika mätmetoder. En av de primära frågorna som denna uppsats fokuserade på var sinnesteori och huruvida det vart en signifikant

skillnad i kognitiv empati hos psykopater respektive personer som känner empati. Vissa studier visade att det var en betydelsefull skillnad och att psykopaters sinnesteoriförmåga var högre, vilket också då kunde vara förklaringen bakom psykopaters gåva för manipulation. Däremot var det mycket som talade emot detta, bland annat det faktum att vissa studier visade psykopaters sociala intelligens (kognitiv empati) är reducerad. Detta hänger ihop med att signalen mellan STS och amygdala är reducerad, eventuellt på grund av en minskad insulär cortex. Eftersom att amygdala är huvudfaktorn bakom moralitet och skillnaden mellan det som är bra och det som är dåligt, talar allt detta emot att psykopater har en bättre förmåga för kognitiv empati. Däremot passar denna teori bra in när det gäller folk med ASC, eftersom de har en reducerad sinnesteorikapacitet. Men som nämnts tidigare så användes olika mätinstrument under de olika undersökningarna likasom att de situationer som försökspersonerna utsattes för varierade i stor grad.

En intressant synvinkel är att återskapa olika försök som tidigare gjorts och göra om försöken med samma instrument. Det är viktigt om man ska kunna jämföra resultaten att experimenten utförs på exakt samma sätt, särskilt när det gäller hjärnan då vi ännu inte vet så mycket om de neurala processerna. Samtidigt anser jag det vara en viktig faktor att man väljer en nivå inom de olika tillstånden – exempelvis att man forskar på enbart psykopater som klassificeras som *mycket* psykopater, alltså individer med höga poäng på PPI och PCL-R. Även att sätta upp individer med ASC mot psykopater vore spännande då dessa två tillstånd är så pass omdebatterade när det gäller empati. På det sättet vore det lättare att få en överblick över vad som skiljer dessa två tillstånd åt och eventuellt då kunna fokusera på var basen för empati uppkommer ifrån. Det finns mycket att forska på när det gäller både empati och bristande empati – för som man säger, att kunna förstå varandra börjar med att förstå varför inte alla kan det. Dock tror jag att det ännu inte är möjligt att studera empati på den nivån vi önskar och behöver för att förstå de neurala processerna. De mätinstrument vi har i dag har inte förmått att bevisa spegelneurons existens hos människan, vilket vi först behöver bevisa innan spegelneuronsystemteorier kan bevisas, eftersom dessa teorier bygger på att vi har spegelneuroner.

Tack

Först vill jag gärna säga ett stort tack till Lars Erik Wanderoy för stöd i den svenska grammatiken och ändring av danska till svenska ord samt moralisk stöd under skrivperioden. Sedan vill jag sträcka ut tackande ord mot min handledare, Elena Jazin och de två fina människorna som har återkopplat min text och kommit med fina, konstruktiva förslag – Alexander Bladh och Linn Lindström. Likaväl vill jag tacka Sofia Almkvist för att vara ett extra par ögon på min text och återkopplat även om du inte var tilldelad det. Jag är oerhört tacksam. Jag vill också passa på att tacka Zsofia Viranyi och Josep Call. Jag skickade en mejl till dem och jag fick både ett snabbt och effektivt svar i form av fyra otroligt spännande artiklar och kommentarer om framtida artiklar/forskare. Slutligen vill jag tacka Adam Falk för de fina bilderna. Tack.

Låda 1: Insula – en inofficiell femte hjärnlob

Insula är en del av hjärnbarken, fast ligger gömd som en fåra mellan tinning- och frontalloben och kan enbart ses om dessa två lober separeras. I vissa fall omtalas insula som den insulära loben och har en påverkan på både inälvor och det autonoma nervsystemet samt smak och lukt (Purves *et al.* 2012). På grund av dess placering i hjärnan anses insula för att vara förbindelsen mellan MNS-områdena och det limbiska systemet vilket ger strukturen en hög rang inom maskineriet bakom empati (Carr *et al.* 2003)

Låda 2: Statistik och biologer

Under skrivarbetsprocessen fick min grupp och jag för uppdrag att läsa en kritisk text som tog upp olika problem när det gäller biologer och vårt förhållande till statistik. Texten tog upp olika problematiker, bland annat det faktum att biologer har en tendens till att hålla sig till p-värden och standardavvikelser och försummar andra statistiska termer såsom replikerings data, konfidensintervall med flera (Vaux 2012). Jag har under detta skrivarbete stött på flera artiklar som enbart tar upp p-värdet och standardavvikelser, men även flera som inte har varken eller. Dock var det vissa (inklusive ett resultat som togs upp i denna uppsats) som använde sig av chi-test. Om andra statistiska data inkluderas i artikeln ges ofta bara ett resultat utan att detta resultat diskuteras i förhållandet till vad detta betyder för den vidare forskning av ämnet. På Uppsala Universitet har erbjuds 15hp kurs där matematik och statistik för biologer är det centrala i kursen.

Referenser

- Aaltola E. 2014a. Varieties of empathy and moral agency. *Springer Science+Business Media* **33**: 243-253
- Aaltola E. 2014b. Affective empathy as core moral agency: psychopathy, autism and reason revisited. *Philosophical Explorations* **17**: 76-92.
- Bird G & Viding E. 2014. The self to other model of empathy: Providing a new framework for understanding empathy impairments in psychopathy, autism, and alexithymia. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* **47**: 520-532.
- Baird AD, Scheffer IE, Wilson SJ. 2015. Mirror neuron system involvement in empathy: A critical look at the evidence. *Social Neuroscience* **6**: 327-335.
- Blair RJR. 2007. The amygdala and centromedial prefrontal cortex in morality and psychopathy. *Trends in Cognitive Sciences* **11**: 387-392.
- Blair RJR. 2008. Fine cuts of empathy and the amygdala: Dissociable deficits in psychopathy and autism. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* **61**: 157-170.
- Boccardi M, Ganzola R, Rossi R, Sabbatoli F, Laakso MP, Repo-Tiihonen E, Vaurio O, Könönen M, Aronen HJ, Thompson PM, Frisoni G, Tiihonen J. 2010. Abnormal hippocampal shape in offenders with psychopathy. *Human Brain Mapping* **31**: 438-447.
- Brierley B, Shaw P, David AS. 2002. The human amygdala: a systematic review and meta-analysis of volumetric magnetic resonance imaging. *Brain Research Reviews* **39**: 84-105.
- Carr, L., Iacoboni, M., Dubeau, M.C., Mazziotta, J.C., Lenzi, G.L. 2003. Neural mechanisms of empathy in humans: A relay from neural systems for imitation to limbic areas. *Processing of the National Academy of Sciences* **100**: 5497-5502.
- Carr EW & Winkielman P. 2014. When mirroring is both simple and "smart": how mimicry can be embodied, adaptive, and non-representational. *Human NeuroScience*. DOI: 10.3389/fnhum.2014.00505

- Catani M, Dell'Acqua F, de Schotten MT. 2013. A revised limbic system model for memory, emotion and behaviour. *NeuroScience and Behavioural Reviews* **37**: 1724-1737.
- Cooper D. 2006. Broca's arrow: Evolution, prediction, and language in the brain. *The Anatomical Record* **289**: 9-24.
- de Waal FBM. 2008. Putting the altruism back into altruism: the evolution of empathy. *Annual Review of Psychology* **59**: 279-300.
- Debes R. 2009. Which Empathy? Limitations in the mirrored "understanding" of emotion. *Springer Science+Business Media* **175**: 219-239.
- Decety J, Chen C, Herenski C, Kiehl KA. 2013. An fMRI study of affective perspective taking in individuals with psychopathy: imaging another in pain does not evoke empathy. *Frontiers in Human Neuroscience*. DOI: 10.3389/fnhum.2013.00489
- di Pellegrino G, Fadiga L, Fogassi L, Gallese V, Rizzolatti G. Understanding motor events: a neurophysiological study. 1992. *Experimental Brain Research* **91**: 176-180.
- Fecteau S, Pascual-Leone A, Théoret H. 2008. Psychopathy and the mirror neuron system: Preliminary findings from a non-psychiatric sample. *Psychiatry Research* **160**: 137-144.
- Fogassi L & Ferrari PF. 2007. Mirror neurons and the evolution of embodied language. *Current Directions in Psychological Science* **16**: 136-141.
- Gallese V, Fadiga L, Fogassi L, Rizzolatti G. 1996. Action recognition in the premotor cortex. *Brain* **119**: 593-609.
- Gallese V, Goldman A. 1998. Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading. *Trends in Cognitive Sciences* **2**: 493-501.
- Gordon HL, Baird AA, End A. 2004. Functional differences among those high and low on a trait measure of psychopathy. *Biological Psychiatry* **56**: 516-521.
- Greimel E, Schulte-Rüther M, Kircher T, Kamp-Becker I, Remschmidt H, Fink GR, Herpertz-Dahlmann B, Konrad K. 2010. Neural mechanisms of empathy in adolescents with autism spectrum disorder and their fathers. *NeuroImage* **49**: 1055-1065
- Iacoboni, M., Dapretto, M. 2006. The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *NeuroScience* **7**: 942-951.
- Jameson LC. 2012. Transcranial Motor Evoked Potentials. Koht A, Sloan TB, Toleikis RJ. *Monitoring the Nervous System for anesthesiologists and Other Health Care Professionals*, ss 27-40. Springer Science+Business Media, New York.
- Kötter R & Meyer N. 1992. The limbic system: a review of its empirical foundation. *Behavioural Brain Research* **52**: 105-127.
- LaLumiere RT. 2014. Optogenetic dissection of amygdala functioning. *Behavioral Neuroscience*. DOI: 10.3389/fnbeh.2014.00107
- Lamm C, Majdandžić J. 2015. The role of shared neural activations, mirror neurons, and morality in empathy – A critical comment. *NeuroScience Research* **90**: 15-24.
- Libero LE, Maximo JO, Deshpande HD, Klinger LG, Klinger MR, Kana RK. 2014. The role of mirroring and mentalizing networks in mediating action intentions in autism. *Molecular Autism*. DOI: 10.1186/2040-2392-5-50
- Ly M, Mootzkin JC, Phillipi CL, Kirk GR, Newman JP, Kiehl KA, Koenigs M. 2012. Cortical thinning in psychopathy. *American Journal of Psychiatry* **169**: 743-749.
- Marsh LE, Hamilton AFC. 2011. Dissociation of mirroring and mentalising systems in autism. *NeuroImage* **56**: 1511-1519.
- Mathersul D, McDonald S, Rushbt JA. 2013. Understanding advanced theory of mind and empathy in high-functioning adults with autism spectrum disorder. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* **35**: 655-668.

- Mier D, Haddad L, Diers K, Dressing H, Meyer-Lindenberg A, Kirsch P. 2014. Reduced embodied simulation in psychopathy. *The World Journal of Biological Psychiatry*. DOI: 10.3109/15622975.2014.902541.
- Mukamel R, Ekstrom AD, Kaplan J, Iacoboni M, Fried I. 2010. Single neuron responses in humans during execution and observation of actions. *Current Biology* **20**: 750-756.
- Niyazon DM, Butler AJ, Kadah YM, Epstein CM, Hu XP. 2005. Functional magnetic resonance imaging and transcranial magnetic stimulation: Effects of motor imagery, movement and coil orientation. *Clinical Neurophysiology* **116**: 1601-1610.
- Panksepp J. 2011. Empathy and the laws of affect. *Science* **334**: 1358-1359.
- Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, Hall WC, LaMantia AS, White LE. 2012. *Neuroscience*. 5:e upplaga. Sunderland, Massachusetts.
- Sommer M, Sodian B, Döhnle K, Schwerdtner J, Meinhardt J, Hajak G. 2010. In psychopathic patients emotion attribution modulates activity in outcome-related brain areas. *Psychiatry Research: NeuroImaging* **182**: 88-95.
- Suckersmith E, Allison C, Baron-Cohen S, Chakrabarti B, Hoekstra RA. 2012. Empathy and emotion recognition in people with autism, first-degree relatives, and controls. *Neuropsychologia* **51**: 98-105.
- Vaux DL. 2012. Know when your numbers are significant. *Nature* **492**: 180-181.
- Wicker B, Keysers C, Plailly J, Royet JP, Gallese V, Rizzolatti G. 2003. Both of us disgusted in *my* insula: the common neural basis of seeing and feeling disgust. *Neuron* **40**: 655-664.