

KOGNITIV KONTROLL, SJÄLVREGLERING OCH IMPULSIVITET

COGNITIVE CONTROL, SELF-REGULATION AND IMPULSIVITY

Examensarbete inom huvudområdet kognitiv
neurovetenskap

Grundnivå 22,5 högskolepoäng

Vårtermin 2019

Maxine Hammarberg

Handledare: Anders Milton

Examinator: Joel Parthemore

Abstrakt

Kognitiv kontroll är förmågan att flexibelt anpassa sitt beteende till en eller flera specifika inre motiverande handlingar. Kognitiv kontroll möjliggör denna fokusering för de krav som informationsprocessen kräver. Kognitiv kontroll samt självreglering handlar bland annat om en så kallad top-down informationsprocess i ett globalt neuralt nätverk som pågår i den mänskliga hjärnan. Vi människor utövar denna kognitiva kontroll varje dag i vårt vardagliga liv utan vidare reflektioner. Detta sker genom flera informationsprocesser samtidigt och det är därför svårt att finna en enhetlig integrerad förklaring till de underliggande neurala mekanismerna. Syftet med arbetet är att förklara vad kognitiv kontroll, självreglering och impulsivitet innebär. Kopplingen mellan dessa två kognitiva kapaciteter föreskrivs i denna uppsats gällande de neurala mekanismerna och även kopplingen mellan kognitiv kontroll och självreglering i form av prestationer av både kontrollerade experiment och det vardagliga livet. Medan impulsivitet kopplat till kognitiv kontroll och självreglering är konsekvensen av när de neurala och kognitiva processerna brister i någon mening. Studier relaterat till kognitiv kontroll, inhibering och impulsbeteende använder sig bland annat av functional magnetic resonance imaging (fMRI) för att studera och undersöka detta kognitiva fenomen. Idag beskrivs impulsivitet samt bristande kontroll möjligen som ett maladaptivt beteende med hjälp av bland annat fMRI. Ytterligare fMRI studier har även visat på att kognitiv kontroll samt bristande kognitiv kontroll möjligen kan handla om en minskad eller ökad aktivering i nucleus accumbens, insulan och anterior cingulate cortex (ACC). Forskare inom ämnet har försökt att grundligt undersöka detta neurala nätverk genom flera olika perspektiv och därav presenterar uppsatsen några olika exempel av dessa ingångar för att möjliggöra ett brett perspektiv av denna komplexa mentala kapacitet. Resultaten inom ämnet visar än idag på en komplex multifaciterad natur av de underliggande neurala korrelaten.

Nyckelord: kognitiv kontroll, självreglering, exekutiva funktioner, impulsivitet, top-down kontroll,

Innehållsförteckning

Introduktion	1
Metod	5
Exekutiva funktioner och kognitiv kontroll	7
Prefrontala cortex och exekutiva funktioner	7
Kognitiv kontroll	9
Tester av kognitiv kontroll	11
Neurala mekanismer avseende kognitiv kontroll och självreglering	18
De neurala mekanismerna av kognitiv kontroll	18
De neurala mekanismerna av självreglering	24
Problematisering av bristande kognitiv kontroll och självreglering	27
Impulsivitet och möjliga konsekvenser	27
Go/No-go test avseende impulsivitet	33
Diskussion	35
Konklusion	41
Framtida utmaningar	42
Referenser	44

Introduktion

Människans kognitiva förmåga att utföra komplexa mentala uppgifter i relation till inre värdefulla mål - har länge varit ett studerat område inom kognitiv neurovetenskap (Koechlin, Ody, & Kouneiher, 2003). Denna kognitiva förmåga kallas kognitiv kontroll även kallad exekutiv kontroll (Diamond, 2013; Inzlicht, Schmeichel, & Macrae, 2014). Termen kognitiv kontroll refererar till en uppsättning av processer av högre ordningar som reglerar människans grundläggande sinnen, perceptioner, motorrörelser samt mer komplexa kognitiva procedurer så som planering, guidning och målorienterade beteenden. Dessa mer komplexa kognitiva processer uppbringas för att förverkliga inre målsättningar och ambitioner hos människan samt att flexibelt kunna hantera och anpassa sig till de förändringar som sker i den externa miljön. Kognitiv kontroll betraktas även att vara kritiskt för ett intelligent beteende. Ytterligare ämnesfokusering i uppsatsen är självreglering och detta koncept refererar till den individuella kontrollen av bland annat; personlig handling, tankemönster och emotioner som är menat att användas för att uppnå önskade resultat (Schmitt & Kray, 2015). Kognitiv kontroll är som uttrycks tidigare en komplex mental funktion och är menat att kritiskt användas för att hantera målinriktat och rationellt beslutsfattande för en eller flera framtida belöningar, som även används vid att aktivt uppehålla mycket information på samma gång för att möjliggöra ett reglerat beteende. Samt att även kunna inhibera beteende som inte är acceptabelt i olika sammanhang (Cooper et al., 2017).

Ingen har ännu kommit fram till en förenad modell av kognitiv kontroll, då kognitiv kontroll innefattar många olika komponenter, fakulteter, beteenden och regioner som gör detta till ett enormt komplext fenomen att både studera och förklara. Från 1960-talet då psykologin började att ta detta ämne på allvar förklarades detta koncept med väldigt enkla termer och ansågs endast finnas till som ett specifikt målinriktat beteende.

Självreglering innebär i likhet med den kognitiva kontrollen att kunna planera, organisera, välja mellan olika alternativ, att kunna inhibera opassande tankar och beteenden med mera

(Heatherton & Wagner, 2011). Självregering som koncept är fortfarande idag ett väldigt varierande begrepp och ses som ett begrepp som är ihopsatt av fler olika kognitiva förmågor, men som är mer individanpassade i jämförelse till den kognitiva kontrollen. Självregering är i mångt och mycket en mental kapacitet för att negligera automatiska vanor, grundläggande icke värdefulla påverkningar på den egna individen, inhibera impulser och att kunna motstå kortsiktiga frestelser (Schmitt & Kray, 2015). Vi människor utövar självreglering dagligen genom att följa sociala regler, moraliska regler, juridiska lagar och regler samt inhibera impulser (Muraven & Baumeister, 2000).

En tillsynes trivial användning av den kognitiva kontrollen är när någon söker efter en vän i en folkmassa. Under detta sökandet används flera olika neurala processer så som; arbetsminnet (för att komma ihåg hur din vän ser ut), uppmärksamhet (sökandet i folkmassan), jämförelse av stimuli (vilken av alla dessa människor är just din vän), motoriska responser (att fysiskt utföra en handling när du väl hittar din vän) och även en initierande respons (planering av beteende för att skapa vännens uppmärksamhet i folkmassan) (Cole & Schneider, 2007). Att kunna fortsätta läsa sin bok utan att klia på ett myggbett som du har på foten är ytterligare ett typexempel på hur vi människor använder vår fundamentala kognitiva kontroll (Rougier, Noelle, Braver, Cohen, & O'Reilly, 2005). De två ovannämnda triviala handlingarna som vi i de flesta fall utför rutinmässigt utan någon problematisk faktor involverar ett flertal olika regioner i hjärnan samt en kollektion av neurala komponenter. Regionerna i hjärnan som är inkluderade är då bland annat; dorsolateral prefrontala cortex (DLPFC), anterior cingulate cortex (ACC), pre-supplementary motor area (pSMA), dorsal premotor cortex (dPMC), anterior insula cortex (AIC), inferior frontal junction (IFJ) och posterior parietal cortex (PPC) (Cole & Schneider, 2007).

Koechlin, Ody, & Kouneiher (2003) betonar vikten av laterala prefrontala cortex (LPFC) och hur viktig denna del av människans cortex är under denna process. Kognitiv kontroll sker genom en neural 'top-down' process, genom ett samspel av premotor och posteriara associativa cortex.

Miller och Cohen (2001) diskuterar detta fenomen och menar på att ett av de fundamentala mysterierna som neurovetenskapen står inför är hur att möjliggöra förklaringar eller också möjliggöra en enda enhetlig förklaring av människans koordinerade, ändamålsenliga beteende som uppkommer från aktivitet av närmare 90 miljarder neuroner i den mänskliga hjärnan (s. 167). Denna mening utgör en välformulerad grund för hur komplex denna kognitiva förmåga hos människan faktiskt är. Forskningen inom kognitiv kontroll menar här att denna mentala kapacitet är av en komplex natur och att de neurala mekanismerna bakom fortfarande är ett mysterium. Den senaste tekniken som idag finns tillgänglig inom neurovetenskapen som exempelvis functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) är inte tillräcklig för att separera de integrerade neurala mekanismerna under kognitiv kontroll processen som sker på cirka 500 millisekunder. Den metaboliska hjärnabbildningstekniken har en bra spatial upplösning men en sämre temporal upplösning. Det tar därmed för lång tid att avbilda detta komplexa neurala nätverk (Cole & Schneider, 2007).

Skador på frontalloben kan leda till att den kognitiva kapaciteten blir bristfällig och riskerar en möjlig reducerad funktionsförmåga av den kognitiva kontrollen som i sin tur kan föra med sig problematik och konsekvenser. Detta kan då öka risken till ett risktagande beteende i en individs vardagliga liv vilket då kan leda till hot mot en individs mentala hälsa. Beroende av var och hur stor skadan är kan detta leda till antingen mindre eller större problematik. En välkänd fallstudie inom neurovetenskapens historia är Phineas Gage som drabbades av en tragisk olycka. Han utsattes för ett järnrör genom sin frontala lob vilket resulterade i en radikal personlighetsförändring. Från att vara en lojal arbetare och vän, socialt accepterad och ödmjuk ung man blev han en impulsiv, fientlig, aggressiv, oansvarig samt illojal människa som inte längre kunde behålla ett jobb (Damasio, Grabowski, Fran, Galaburda, & Damasio, 1994). Det primära att ta med från detta fall är vikten av människans prefrontala cortex (PFC) och dess betydelse för denna komplexa process som våra exekutiva funktioner utgör. PFC möjliggör koordineringen av människans kognition samt beteenden i relation till interna mål (Koechlin et al. 2003).

Frågan om bristfällig kognitiv kontroll leder in på det mångfacetterade begreppet impulsivitet (Dalley, Everitt, & Robbins, 2011). Impulsivitet som beteende och dess neurala mekanismer och arkitektur har studerats under många år inom neurovetenskapen och ses oftast som en biprodukt eller resultatet av försvagad kognitiv kontroll som i sin tur innebär risken att hamna i bland annat beroendeproblematiska beteenden eller risken för aggressivt beteende. Impulsivitet kan även ses i en del fall som ett medfött personlighetsdrag (Dalley et al. 2011). Impulsivitet förklaras i denna uppsats som ett beteende i den mening att det är frågan om icke-reflekterade responser och drivande handlingar över oviktiga och kortsiktiga incitament i en individs liv. Impulsivitet kan ses som både adaptiv (anpassningsbar) eller maladaptiv (en stressreaktion av ett internt eller externt stimuli), detta spelar avgörande roll i vilken kontext det impulsiva beteendet placeras i, samt vilken grad av kognitiv flexibilitet individen har i relation till hur kontexten ändras. Denna neurala process förmedlas genom både en bottom-up och en top-down informationsprocess (Nigg, 2017).

Syftet med denna uppsats är att förklara vad kognitiv kontroll och självreglering innebär. Arbetet kommer att peka på vikten av hur vital denna kognitiva funktion är för oss människor i många aspekter av vårt vardagliga liv. Ytterligare fokus kommer att vara de olika neurala områden i relation till kognitiv kontroll för att skapa förståelse för hur hjärnan kan ge upphov till civiliserade och socialt acceptabla beteenden. Vidare avser arbetet att försöka förklara och förstå orsakerna bakom brist på kognitiv kontroll och bristande självreglering. Uppsatsen skall försöka exemplifiera detta utifrån problematiken kopplat till impulsivitet och vad detta kan få för konsekvenser i en människas liv samt vilka regioner i hjärnan som visar på dominant aktivitet eller i vissa fall reducerad aktivitet på grund av neurologisk skada i relation till denna process.

För att kunna ge en sammanhängande bild av hur kognitiv kontroll och självreglering kan mätas och studeras, kommer bland annat Wisconsin card sortin task (WCST), Stroop Task, olika teorier samt neurovetenskapliga mättekniker med mera att diskuteras i relation till kognitiv kontroll, självreglering samt impulsivitet.

Metod

Uppsatsen inom huvudområdet kognitiv neurovetenskap är en litteraturstudie. De vetenskapliga artiklarna är hämtade från databaser såsom ScienceDirect, Web of Science och Google Scholar. Då uppsatsen skrivs på svenska kommer jag så långt detta är möjligt att uttrycka mig med svenska termer. Dock skrivs de neurala hjärnregionerna för det mesta på engelska. De centrala sökorden jag använt mig av i sökandet efter artiklar är bland annat, neuro, cognitive control, executive functions, self-control, top-down information process, impulsivity, prefrontal cortex etc. Sökorden har varit på engelska och majoriteten av litteraturen uppsatsen använt sig av har varit på engelska. Jag hade i åtanke under sökandet efter litteratur hur många citeringar respektive artikel har. Centralt var det att finna artiklar som publicerats i journaler som har en högre trovärdighet för att öka kvaliteten av uppsatsen. Ytterligare, artiklar användes från slutet av 1970-talet till nutid.

Arbetet kommer inte att gå in på följande specifika områden i relation till mitt huvudfokus; beroendebeteende, emotioner, uppmärksamhet, multitasking, uppgiftsbyte, moralen, lingvistik, perception, arbetsminne, barnutveckling, motivation eller social kognition. Jag kommer däremot att nämna en del av dessa i relation till mitt huvudämne som är kognitiv kontroll, självreglering och impulsivitet.

I många artiklar används impulsivitet som en paraplyterm vilket innebär att det inkluderar flera olika typer av impulsiva beteenden. Uppsatsen kommer dock inte att ge förklaringar till eller diskutera exempelvis ADHD, ADD, hyperaktivitet, mani eller anti-sociala beteenden etc. Det jag är intresserad av är de mekanismer som generellt ligger till grund för ett impulsivt beteende.

Litteraturstudiens primära hypotes och utgångspunkt har byggts på antagandet och vikten av hur essentiell kognitiv kontroll är för många olika aspekter av en individs liv. En ytterligare forskningsfråga är vad det kan existera för möjliga förhållanden mellan kognitiv kontroll, självreglering och impulsivitet? Vidare i uppsatsen har studien försökt att finna de neurala skillnaderna för hur bristande kognitiv kontroll, bristande självreglering och impulsivitet kan

uttrycka sig och vad de underliggande neurala mekanismerna som utför dessa processer kan vara.

Ambitionen har också varit att hitta litteratur som möjligen kan styrka korrelationen mellan impulsivitet och risken av missbruksbeteende dock är detta inte i fokus av uppsatsen men kommer att diskuteras på en latent nivå. Uppsatsen står på en grund som menar att dessa tre kognitiva neurala korrelat möjligen är sammankopplade i varandra. Litteraturstudien har även utgått från att självreglering är en egenskap som behövs för en individs personlighet för att kunna uppnå långsiktiga mål och att kunna negligera impulser och att kunna inhibera ett opassande beteende i olika kontexter.

Uppsatsen har följande struktur, den börjar med en introduktion där huvudområdet introduceras. Efter introduktionen följer ett avsnitt där en kort presentation av de exekutiva funktionerna och prefrontala cortex ges. Vidare introduceras huvudområdet kognitiv kontroll och de olika testerna som forskningen idag använder för att skapa djupare förståelse för de neurala mekanismer samt processer som sker under prestationerna av dessa tester.

Nästa kapitel av uppsatsen går in på djupet och försöker här skapa ytterligare förståelse för de neurala mekanismerna och de neurala områden genom studier från olika perspektiv som ligger till grund för både kognitiv kontroll samt självreglering och denna komplexa multifaciterade kognitiva förmåga.

Det tredje kapitlet av uppsatsen handlar om impulsivitet och försöker här skapa en förståelse för vad det är som möjligen sker på neural nivå som skapar denna kognitiva bristande förmåga och som även gör att individer avviker i sin självreglering. Vidare tas det upp möjliga konsekvenser till impulsivitet och i slutet av denna del presenteras ett ”go/no-go” testet som idag används frekvent för att undersöka impulsivitet och bristande inhiberingsförmåga.

Uppsatsen avslutas med en diskussionsdel som innehåller en konklusion och framtida utmaningar med inslag av mina egna åsikter angående ämnet från olika perspektiv. De olika fynden som presenterats i uppsatsen från de olika studierna kommer även att diskuteras.

Exekutiva funktioner och kognitiv kontroll

Prefrontala cortex och exekutiva funktioner

Vi människor lever i en komplex miljö som ständigt utvecklas och vi måste kontinuerligt anpassa oss mentalt samt fysiskt till olika situationer i livet (Teffer & Semendeferi, 2012). Denna kontinuerliga anpassningsförmåga och flexibilitet kan vi tacka vår prefrontala cortex (PFC). Denna region av hjärnan är kritisk för ett fungerande socio-emotionellt liv samt för fungerande exekutiva funktioner hos människan och även hos de närbesläktade primaterna. Under evolutionens skede har PFC utvecklats i den mening att det skett registrerade omorganiseringar möjligen för anpassning till denna komplicerade värld som vi lever i. Den frontala loben som en helhet hos människan har inte visat på någon större signifikant förstoring fram till idag. Denna region av vår hjärna med de neuroner och deras komplexa dendritar är den del som utvecklas allra sist hos ett mänskligt foster vilket lyfter många intressanta funderingar. Teffer och Semendeferi (2012) uttrycker i sin artikel hur viktigt det är att undersöka prefrontala cortex i relation till exekutiva funktioner och den mänskliga förmågan att utföra medvetna val avseende interna mål. Detta skapar vidare funderingar kring människans högre kognitiva kapacitet och varför just vi har utvecklat de komplexa dendritar till skillnad från våra närbesläktade primater.

Hjärnan hos ett mänskligt foster tar till skillnad hos andra primater mycket längre tid för att utvecklas och detta är en enormt långdragen och skör process. Det primära i relation till kognitiv kontroll och detta område av den mänskliga hjärnan, är den sent utvecklade - laterala prefrontala cortex (LPFC) som tidigare nämnts är en kritisk region som visat sig vara aktiv i utförandet av exekutiva funktioner och flertalet andra komplexa funktioner (Teffer & Semendeferi, 2012). När det gäller exekutiva funktioner så finns det flera aspekter i relation till detta såsom arbetsminnet, uppmärksamhet, vaksamhet, planeringsförmåga samt kognitiv kontroll och inhibering (Hofmann, Schmeichel, & Baddeley, 2012).

Under det senare 1800-talet till det tidiga 1900-talet dokumenterade kliniker en mängd beteendeavvikelser av olika slag, relaterade till skador på den frontala loben (Alfredo, 2008). Dessa resultat kom att bli en öppning till vidare forskning som visade på bristfälliga neurologiska beteenden hos individer med frontallobskador och att det kan uttrycka sig bland annat i bristande motivation, ökad impulsivitet samt även bristfällig problemlösning (Alfredo, 2008).

Dagens forskning visar dock, att den tidigare forskningens syn på skador av frontalloben och relationen till bristfälliga exekutiva beteenden inte alltid är svaret (Alfredo, 2008). Som majoriteten i all forskning kan det existera fler än en förklaring.

Exekutiva funktioner har fortfarande ännu idag ingen allmän eller generell neural eller kognitiv förklaring angående dess processer. Men exekutiva funktioner som samlingsbegrepp kan möjligen ses som förmågan att möjliggöra kontinuerliga anpassningar till en flexibel miljö som ständigt förändras och utvecklas. Denna kognitiva förmåga gör det även möjligt för en individ att skifta fokus till ett specifikt mål, göra det möjligt att inhibera icke accepterade sociala beteenden och att planera för framtiden. Exekutiva funktioner gör det även möjligt för människan att organisera tankar i relation till mål för att lyckas med exempelvis både utbildning eller jobb och andra primära mål i livet (Jurado & Rosselli, 2007).

För att beskriva detta fenomen ska uppsatsen presentera en meta-analys av Niendam et al., (2012) som gick igenom 200 olika studier som utförts beträffande exekutiva funktioner. Meta-analysen visade att detta exekutiva neurala nätverk innefattar ett flertal olika regioner i hjärnan så som PFC, dorsolaterala prefrontala cortex (DLPFC) Brodmann Area (BA 9 och 46), frontopolar cortex (BA 10), orbitofrontala cortex (BA11), superior och inferior parietal cortex (BA 7 och 40), occipitala cortex (BA 19), temporal cortex (BA 13, 22 och 37) samt anterior cingulate cortex (BA 32). Det var även vissa specifika subkortikala delar av hjärnan såsom caudate, putamen, talamus samt cerebellum som visade på möjlig dominant aktivitet. Vidare visade meta-analysens resultat att parietala lobens aktivering bland annat sänder information vidare till DLPFC i de situationer då det

handlar om inlärd beteenden samt responser. DLPFC är bland annat avsett att stödja processen av uppmärksamhet och fokusering under en specifik kognitiv uppgift (Niendam et al., 2012).

Niendam et al., 2012 visar även från studien att skador på ventromediala caudate nucleus möjligen kan vara korrelerat med bland annat beteenden som apati, osociala beteenden samt *impulsivitet*. Anterior cingulate cortex samt nucleus accumbens har däremot visat sig vara involverade i motiverande beteende. Skador på dessa två regioner har även korrelerat med reducerat socialt beteende, apati samt funktionsnedsatta motoriska rörelser. Dorsolaterala prefrontala cortex anses vara involverad i människans exekutiva funktioner så som bland annat inhiberingsförmågan, arbetsminnet, organisering, strukturering, rationellt tänkande, problemlösning, planering, verbal förmåga, fokusering samt uppgiftsbyte (Niendam et al., 2012).

Kognitiv kontroll

Kognitiv kontroll handlar både om såkallad 'bottom-up' och 'top-down processer'. Om vi börjar med bottom-up mekanismerna så sker dessa genom obearbetade stimuli eller ofrivilliga uppmärksamhetsskiftningar, som även kan ses som automatiska responser (Connor et al., 2004). När det gäller top-down mekanismerna så handlar det framförallt om en process som till skillnad från bottom-up, handlar om en kognitivt bearbetad process i relation till tankar och uppmärksamt målorienterat beteende (Connor et al., 2004).

När vi diskuterar kognitiv kontroll handlar detta om en top-down informationsprocess. En informationshantering som vi människor utför medvetet. Därav är detta område om top-down processen som sker i hjärnan i relation till kognitiv kontroll och självreglering nödvändigt att diskutera.

Top-down kontroll har i tidigare journaler förklarats som en aktivering från flera olika regioner av prefrontala cortex, och mer specifikt är bland andra dorsolaterala cortex (dlPFC), dorsala anterior cingulate cortex (dACC) samt mediala superior frontala cortex (msFC). Top-down som informationsprocess visar på hur kognitiv kontroll ur ett neurovetenskapligt perspektiv möjligen kan

se ut rent teoretiskt i hjärnan. Det handlar om en kognitiv process som hanterar och initierar våra tankar (Dosenbach, Fair, Cohen, Schlaggar, & Petersen, 2018).

Den kognitiva kontrollen är unikt flexibel och har genom flera fMRI studier på människor visat sig fortfarande vara starkt beroende av prefrontala cortex (PFC). Mysteriet som dock ännu inte är löst är hur denna kognitiva kontroll utifrån de neurala mekanismerna med hjälp av PFC kan utföra dessa flexibla funktioner. Det existerar flertalet olika modeller och teorier kring detta kognitiva fenomen för att försöka skapa funktionella bilder av denna mänskliga mentala kapacitet och för att ge en ökad förståelse av hur kognitiv kontroll kan skr i hjärnan ska uppsatsen titta på några av dessa vid ett senare tillfälle (Rougier et al., 2005). Olika studier med hjälp av elektromagnetiska tekniker har möjliggjort en detaljerad information om neuronerna i frontalloben som aktiveras vid specifikt målinriktade beteende under en kontrollerad experimentell kognitiv uppgift. Med elektromagnetiska mättekniker och metoder inom neurovetenskapen menas bland annat elektroencefalografi (EEG), magnetoencefalografi (MEG) (Duncan & Owen, 2000). Neuroanatomisk data har visat att subregioner av frontala cortex och dess underliggande specifika neuroner uppvisat enorma skillnader i lokus, arkitektur samt vilka anslutningar neuronerna har i frontala cortex i relation till denna kognitiva funktion och med den mentala uppgiften som skall utföras (Duncan & Owen, 2000).

Ett potentiellt perspektiv av en förklaring till kognitiv kontroll kommer från Hofmann, Schmeichel, och Baddeley (2012) som anser att det möjligen skulle kunna existera två olika former av inhiberingsmekanismer. De talar om en aktiv (direkt) och en passiv (indirekt) inhibering som tävlar med varandra. Med inhibering i detta sammanhang menas antingen den aktiva eller passiva processen av den kognitiva kontrollen. Detta perspektiv är av intresse då kognitiv kontroll möjligen kan ses utifrån flera olika synvinklar och att det inte endast finns en möjlig förklaring av kognitiv kontroll. Aktiv inhibering innebär i detta fall att specifika regioner i prefrontala cortex (PFC) är aktiverade. Inferior frontal gyrus, är specialiserad för just denna aktiva top-down kontroll. Detta sker då genom selektiv inhibering av en stark aktiveringsrespons från basala ganglia som har en nära

kommunikation med PFC via ett globalt neuralt nätverk (Hofmann et al., 2012). Denna respons är då ”aktiv” när en specifik intern handling skall utföras av en individ. Ett exempel på när denna aktiva inhibering är ’aktiv’ är när en person inte tar en kaka från ett gemensamt fat när personen går på en diet. Denna typ av inhibering kan karakteriseras genom en simpel algoritm ”gör inte X för då händer Y” (kan liknas vid; ta inte kakan för då kan du inte fullfölja din diet vilket betyder att du kommer att gå upp i vikt och målet som du satt upp för dig själv fördärvas) (Hofmann et al., 2012). Med passiv eller indirekt inhiberingen, menas att mentala kontexter möjliggör indirekta konsekvenser för ett aktivt målinriktat beteende. Det vill säga att en ”passiv” inhibering medför problematik för ett målinriktat beteende. Denna passiva aktivering skapar problematik på grund av att inhiberingen är passiv (alltså inte ”aktiv”) och skapar antingen reducerad eller ingen kontroll alls hos individen. Denna passiva inhibering kan då liknas vid ”om du gör Y då händer X”. Det skall även nämnas att denna typ av passiva inhibering innefattar även en aktivering av människans arbetsminne i relation till ett specifikt målinriktat beteenden. Vidare diskuterar Hofmann et al., 2012 att en framgångsrik kognitiv kontroll handlar om en aktiv inhibering för att åsidosätta ohälsosamma beteende, så som dåliga vanor i vardagen.

Tester av kognitiv kontroll

Denna del av uppsatsen kommer att gå igenom de tester som används mest frekvent för att mäta och studera en människas exekutiva funktioner, kognitiv kontroll samt bristande kognitiv kontroll. The standard Stroop color-word task, Wisconsin card sorting task (WCST), Continuous performance task (CPT) task, Tower of Hanoi samt Tower of London är fem av de vanligaste och mest frekventa exekutiva tester. Testerna är dock inte skapade för kognitiv kontroll som sådan, men dessa tester innefattar indirekt denna kognitiv kontroll. Dessa fem olika kognitiva tester involverar bland annat en individs kapacitet att kontrollera den kognitiva förmågan, att kunna inhibera automatiska impulser, att planera, att strukturera samt att använda sin mentala flexibilitet (Alfredo, 2008; Alvarez & Emory, 2006; Braver, Paxton, Locke, & Barch, 2008).

Det existerar en pågående debatt kring hur man på bästa möjliga vis ska operationalisera och mäta människans multifaciterade komplexa kognitiva förmåga. I den nutida forskning kring detta är dessa fem tester de främsta sätten för att bland annat undersöka patienter med skador på frontalloben (Niendam et al., 2012). Testerna som utförs på den kognitiva kontrollen har diskuterats och diskuteras än idag och handlar främst om att kognitiv kontroll är en mental kapacitet som skapas genom komplexa organisationsnivåer. Att studera kognitiv kontroll som en enda enhet och att möjliggöra en studie där man kan få med alla neurala organisationer samt beteenderesponser är därmed en komplicerad uppgift (Niendam et al., 2012). Testerna innefattande abstrakt tänkande samt verbala tester som är menade mer eller mindre att mäta den frontala lobens kapacitet hos patienter med mindre eller mer allvarliga skador i detta område. Det finns forskningsresultat som visat på att de deltagare som haft skador i frontalloben har i många fall presterat sämre än en kontrollgrupp som bestod av friska deltagare utan någon registrerad neurologisk sjukdom. Medan andra studier har visat att experimentgruppen samt kontrollgruppen presterat inom ”normala” gränser under testet, då experimentgruppen bestått av deltagare med neurologiska skador och kontrollgruppen bestod av friska deltagare med inga registrerade neurologiska skador vilket väcker mycket intressanta frågor inom detta område. Faktum är att det är svårt att hitta artiklar om prefrontala skador i relation till prestation av olika exekutiva utmatningar där resultaten inte är i viss mån tvetydiga och motsägelsefulla (Alvarez & Emory, 2006). Även om man sammankopplar frontala loben med exekutiva funktioner så bör det nämnas att litteraturen kring detta område fortfarande är väldigt bristfällig och tvetydig när det handlar om exekutiva funktioner och frontalloben. Det existerar än idag begränsad valid litteratur inom området om kognitiv kontroll och hur denna process möjliggörs (Niendam et al., 2012; Alvarez & Emory, 2006).

Beskrivning av alla de fem olika testerna skall nu presenteras. Det första testet är Wisconsin Card Sorting Task (WCST) som sedan 1948 använts flitigt och som fortfarande än idag är den mest effektiva metoden att undersöka impulsivitet och inhiberingsförmågan hos patienter med skador på

frontalloben eller på grund av mentala sjukdomar eller neurodegenerativa sjukdomar (Niendam et al., 2012). WCST kan anses mäta de högre kognitiva verkställande och samordnade funktioner som behövs för att erhålla och bibehålla en problemlösningstrategi när stimulusförhållanden ändras (Hogrefe, 2019). Under detta test studeras den mentala kapaciteten för att bland annat kunna växla mellan två olika tankar. Det handlar om mental flexibilitet, inhibering, planering, problemlösning samt rationellt tänkande.

WCST består av kort med olika geometriska former som testpersonen då ska sortera i olika högar enligt de konstant varierande reglerna och detta test tar ungefär 30 minuter att genomföra (Hogrefe, 2019).

En tidigare fMRI studie från 2006 undersökte deltagarnas prestation under WCST och visade på neurala aktiviteter som inte visade någon signifikant skillnad mellan kontrollgruppen och experimentgruppen. Deltagarna i experimentgruppen under denna studie hade registrerade skador på frontalloben medan kontrollgruppen inte hade någon registrerad neurologisk skada. Resultaten gav skäl till att författarna Alvarez & Emory (2006) ifrågasatte frontala lobens aktivering under WCST. Ifrågasättandet från författarnas sida handlar om att experimentgruppen i relation till kontrollgruppens presterande resultat hos majoriteten av deltagarna visade på relativt liknande neurala aktiveringar av den frontala loben under utförandet av WCST. Dorsolaterala prefrontala cortex, eller mera specifikt är då den övre delen av caudate nucleus, har visat sig vara kopplad till exekutiva funktioner och utövandet av WCST. Med detta menas då ett upprätthållande av att utföra planering, inhibering av respons samt, kognitiv kontroll samt abstrakt och rationellt tänkande. Utövande av motivation har däremot visat på aktivitet i bland annat ventromediala kretsarna i hjärnan, anterior cingulate och nucleus accumbens (Alvarez & Emory, 2006).

Fler regioner visade på olika neurala aktiveringar under utförandet av WCST vilket bland annat var VMPFC samt orbitofrontal cortex. Tillsammans med de olika regionernas aktivitet påstås

en bilateral intakt prefrontal cortex vara nödvändig för ett icke avvikande utförande av WCST (Alvarez & Emory, 2006).

Bevismaterialen kring de fördelade neurala kretsarnas aktivitet är relativt mager än idag när det kommer till förklaringar av skillnaderna mellan de som har skador på specifika delar av hjärnan och det som inte har det när det gäller resultaten från WCST, samt vilka domäner i hjärnan som visar på en funktionell involvering under detta test (Alvarez & Emory, 2006). Resultaten pekar dock än så länge på en förklaring av involvering av både subkortikala och kortikala delar där majoriteten av de neurala kretsarna leder till människans frontala lob som utför de kognitivt komplexa uppgifterna (Alvarez & Emory, 2006).

Vidare till stroop testet som använts inom experimentell psykologi under flera decennier tillbaka och som även används flitigt idag inom kognitiv neurovetenskap för att testa en individs kognitiva kapacitet i relation till selektiv uppmärksamhet och responstid (Alvarez & Emory, 2006). Neuropsykologer kallar stroop testet för ett ”frontallobs test” och detta för att en enda studie visade signifikanta resultat på att deltagare med skador på vänstra frontala loben uppvisade en signifikant längre responstid än deltagare som inte hade skador på sin vänstra frontala lob. Dock har endast fem ytterligare studier efter denna utförts och som faktiskt resulterat i liknande signifikanta data som visat på att deltagare med frontala skador presterar sämre och har signifikant längre responstid än kontrollgruppen utan frontallobs skador (Alvarez & Emory, 2006). En annan studie visade på att skador på mediala frontala cortex bilateralt ökade känsligheten inför responstiden av stroop effekten (Alvarez & Emory, 2006). Författarna menar på att den generella hjärnavbildningsdatan som existerar idag inom detta område fortfarande är motsägelsefullt. Det finns alltså både stödjande studier om skador vid specifika delar av frontalloben i relation till responstiden, men det finns även litteratur som talar emot dessa resultat (Alvarez & Emory, 2006). Det stroop effekten primärt handlar om är reaktionstiden från det att stimuli presenteras till att responsen utförs. Stroop testet innehåller oftast tre olika uppsättningar av stimuli. Det första testet innehåller färgord (t. ex. GRÖN) som är

tryckta i svart färg, deltagaren skall då så snabbt som möjligt läsa högt vad det är för färgord. Det andra testet kan vara att deltagaren ska säga vilken färg som visas på skärmen och kan då presenteras som en enkel färgpalett eller presenteras som X i olika färger. Det ska även här sägas högt vad det är för färg som presenteras på skärmen. Den tredje versionen av stroop testet är den mer komplexa och har visat på en ökad tid för deltagarna att utföra en respons. Här presenteras motsägelsefulla färgord i en annan tryckt färgkombination. Där deltagaren då skall säga vilken färg det är och inte vad det står (Alvarez & Emory, 2006). Med stroop effekten, som detta test ofta rubriceras som, menas detta med inblandningen av underförstådda stimuli genom skillnadernas medelvärde av responstiden för den neutrala betingelsen (Mewhort, Braun & Heathcote, 1992). Det är då den tredje versionen av stroop testet som brukar kallas ”stroop effekten” eller den så kallade ”störningseffekten” (Alvarez & Emory, 2006). Vidare menar review artikeln på att det är skillnad för deltagarna att namnge orden än färgerna. Alvarez och Emory (2006) menar att läsa och säga orden sker som en automatisk respons medan att namnge färgen på orden sker genom en selektiv frivillig uppmärksamhet och tar därmed längre tid för respons. Fler studier har även visat på ökad aktivitet av anterior cingulate cortex samt middle frontal gyrus under stroop testet och de spelar därmed en kritisk roll vid utförandet av denna typ av kognitiva uppgift. Fyndet kring stroop effekten och vad detta test har resulterat i under flera olika studier är fortfarande än idag oförenliga när det kommer till skador på frontalloben och om testet skall fortsätta kallas ”frontallobs tester” eller om denna typ av test skall uppdateras till att kunna utföras som mer specifika exekutiva tester till en specifik exekutiv förmåga, till exempelvis endast som ett problemlösningstest (Alvarez & Emory, 2006). Tidigare studier har presenterat resultat som visat på att patienter med skador på högra frontala opercular regionen har presterat sämre under WCST, stroop testet samt även go/no-go testet (som vi kommer att komma till i senare kapitel av uppsatsen som då handlar om impulsivitet) (Aron, 2007).

Det tredje testet som ska presenteras och som frekvent används för att specifikt mäta just kognitiv kontroll är AX-CPT versionen av CPT. Där CPT står för *continuous performance task*. CPT

har använts i många studier och spelar en väsentlig roll i utvecklingen av att komma fram till en tydlig och koncist teoretisk modell över kognitiv kontroll och de neurala processerna som sker i hjärnan. Kognitiv kontroll tros än idag vara en högre nivå av människans kognitiva förmåga och refereras till människans förmåga att aktivt bibehålla målinriktad information för att utföra ett reglerat beteende. AX-CPT är skapat för att undersöka denna komplexa kognitiva multifaciterade kapacitet. Kognitiv kontroll är som fenomen ämnat för att användas för att dirigera sin uppmärksamhet när detta behövs, förbereda framtida handlingar och beteende, samt att inhibera olämpliga beteenden och responser och det är då det detta test skall utge sig för att mäta samt att försöka möjliggöra vetenskapliga skillnader individer emellan (Cooper, Gonthier, Barch, & Braver, 2017).

AX-CPT utförs dels för att lära sig ännu mer om hur hjärnans olika funktionella kognitiva system fungerar i relation till hur individer möjliggör fokusering på ett enda stimuli under en längre tid. Denna typ av stimuli kan exempelvis vara en föreläsare som du skall fokusera din uppmärksamhet på, för att aktivt följa med i vad som sägs under föreläsningen. Detta test är även ett bra verktyg att använda för att utföra undersökningar om impulsivitet samt bristande kognitiv kontroll, som bland annat kan relateras till en bristande självdisciplin. (Cooper et al., 2017).

AX-CPT testet består av olika stimuli (t. ex. bokstäver) som då presenteras på en skärm för att deltagarna sedan skall ge en direkt respons till det korrekta stimulus som anges av experimentledaren. AX-CPT har använts som ett medel och spelat en betydande roll i många studier för att skapa teoretiska konstruktioner av kognitiv kontroll för att möjligen i framtiden skapa klarare förståelse för vad kognitiv kontroll är och hur denna multifunktionella neurala mekanism fungerar både teoretiskt och i praktiken.

AX-CPT testet är designat för att mäta kognitiv kontroll beträffande hur kontextuella ledtrådar är aktivt bibehållna och utnyttjade hos olika individer till en direkt respons av de efterföljande objekten.

Som test är AX-CPT mer komplext att förklara än de andra testen som tas upp i denna litteraturstudie. Lättast att förklara hur utförandet möjligen kan se ut är att flera olika versala bokstäver dyker upp på en skärm som både är det korrekta och manipulativa stimuli. AX-CPT använder sig av A och Y, B och X och B och Y som då är manipulativa stimulus som visas 40 procent av testtiden. Medan det korrekta stimuli visas 60 procent av testtiden som då är A och X. Så det som möjligen gör testet svårare är att X måste endast följa efter ett versalt A för att vara den korrekta kombinationen för den godkända responsen. De andra 40 procenten av stimulus är deltagaren tvungen att inhibera respons (Lopez-Garcia et al., 2016). De neurala regionerna som visade möjlig dominant aktivitet med hjälp av fMRI var middle frontal gyrus, supplementary motor area, inferior parietal cortex, fusiform gyrus, inferior parietal gyrus, Middle frontal gyrus, dorsal laterala prefrontala cortex, insula, lillhjärnan, precuneus och putamen (Lopez-Garcia et al., 2016).

Både Tower of London (TOL) och Tower of Hanoi (TOH) används frekvent inom neuropsykologin och klinisk psykologi idag för att undersöka patienter med registrerade neurologiska skador (Phillips, Wynn, McPherson, & Gilhooly, 2001). TOL och HOI handlar om att testa och jämföra experimentgrupper samt kontrollgrupper och deras förmåga av bibehållande kognitiv kontroll samt den kognitiva planeringsförmågan. Detta test innebär även att kunna utföra en mental förberedelse och planering för sina framtida drag (Phillips et al., 2001). Fokus i de båda testerna är för deltagaren att kunna omvandla utgångspunkten av bollarna eller plattorna för att mentalt kunna planera hur slutresultatet skall se ut och att utföra detta under så få drag som möjligt. Olika regler måste följas under denna process för att lyckas att slutföra testet. Testen innehåller antingen plattor eller bollar som är placerade på en rak plank med tre uppstickande pinnar. Vid TOL är pinnarna olika höga. Bollarna (TOL) och plattorna (TOH) får heller inte placeras på något annat ställe än på de tre pinnar som finns. När det gäller TOH är det plattor som skall placeras ovanpå varandra i en specifik ordning då plattorna är olika stora så är en ytterligare regel att inte placera en större platta ovanpå en liten platta. Medan i TOL är bollarna lika stora men stavarna som bollarna

ligger runt är olika långa och placeringen måste då anpassas efter stavarna (Kaller et al., 2011). Det finns flera variationer av dessa två tester att tillgå (Tower of London test, 2019). Från flera olika studier gjorda med hjälp av Tower of London har en tydlig gemensam nämnare varit tiden. Tiden som det tar för deltagaren att utföra testet (Berg & Byrd, 2002). Dock har inte uppsatsen tillgodosett artiklar där möjliga skillnader mellan patienter och friska deltagare jämförs vilket är av primärt intresse här. Regioner som aktiverades under TOL och TOH och som var kopplade till problemlösning under testet var dorsolaterala och rostrolaterala prefrontala cortex samt föreningen mellan anterior insulan och inferior frontal gyrus (Berg & Byrd, 2002).

Neurala mekanismer avseende kognitiv kontroll och självreglering

De neurala mekanismerna av kognitiv kontroll

Kognitiv kontroll har länge varit ett av det mest studerade områden inom kognitiv neuropsykologi. Inom detta område har olika beräkningsmodeller (computational models) skapats för att försöka att förklara detta komplexa fenomen (Botvinick & Cohen, 2014). Denna uppsats kommer dock inte att erbjuda matematiska beräkningsmodeller i relation till kognitiv kontroll.

Forskningen vet ännu inte hur en integrerad och enhetlig studie av detta skulle kunna genomföras för att ge oss en evidensbaserad och generell bild av denna kognitiva kapacitet (Nigg, 2017). Som nämnts finns det flera olika modeller av kognitiv kontroll och en av dessa är den teoretiska modellen Dual Mechanisms of Control (DMC). Denna modell föreslår att kognitiv kontroll är av dualistisk natur och består av två tänkbara sätt som en individ kan utföra den på. Antingen på ett pro-aktivt sätt som då är av en mer komplex natur för att aktivt kontrollera sina tankar och beteenden i en kontext. Det andra, re-aktiv kontroll, innebär att kontroll aktiveras efter ett stimuli/event inträffat. Medan pro-aktiv kontroll aktiveras detta innan stimuli/event inträffar (Cooper, Gonthier, Barch, & Braver, 2017). För att kontextualisera de två fenomenen; en deltagare under ett experiment som uppvisar en arbetsminneskapacitet (WMC) under medel kan ha svårigheter att uppehålla många experimentella stimuli på en och samma gång och i detta fall använder sig av re-

aktivering av kontroll av strategiska skäl. Medan en annan deltagare som uppvisar en arbetsminneskapacitet över medel kanske inte känner sig lika stressad över att under kontroll bibehålla mycket information på en och samma gång och kommer därför sannolikt använda sig av en pro-aktiv strategi av den kognitiv kontrollen (Cooper et al., 2017). Tidigare studier har hypotiserat att det skulle finnas en relation mellan prestationen från utförandet av AX-CPT (och fler liknande tester som inte tas upp här) och individuella skillnader av WMC, flytande intelligens (problemlösning, att se mönster, logiskt tänkande) och även belönings hantering. Forskare använder sig bland annat av AX-CPT för att undersöka individuella skillnader hos deltagares användande av antingen proaktiv och reaktiv kontroll.

En större studie som undersökte kognitiv kontroll utfördes genom fyra olika experiment med $n=193$ deltagare som inte uppvisat några registrerade neuropsykiatriska sjukdomar och heller inte registrerade neurala skador (Lerman-Sinkoff et al., 2017). Det första experimentet från studien gick ut på att deltagarna fick se en mix av fyra olika typer av stimuli (ansikten, platser, verktyg och kroppsdelar). Deltagarna var då menade att ge respons om det presenterade stimulus var inom samma kategori som de två föregående bilderna. 20% av de presenterade stimuli var måltavlor medan resterande var manipulering för att testa inhiberingsförmågan. Andra experimentet som studien utförde gick ut på att deltagarna blev presenterade för två par av stimuli; sex olika former och lika många mönster demonstrerades. Deltagarna var ombädda att para ihop två olika stimuli, de som deltagaren ansågs passa ihop. De var sedan instruerade att bestämma om paren antingen delade samma struktur eller form. Tredje experimentet i studien som utfördes var det kända så kallade flanker task scaled score (Lerman-Sinkoff et al., 2017). Detta är ett av de test som har utförts under många år inom kognitiv neurovetenskap för att undersöka patienter med frontallobskador. I detta test ska deltagarna en och en ge svar på om pilen i mitten antingen pekar till höger eller vänster. Flankerpoäng gavs med en kombination av deltagarens responstid och antal korrekta svar (Lerman-Sinkoff et al., 2017). Fjärde och sista experimentet från denna stora studie var, Penn progressive

Matrices, ett test för att undersöka deltagarnas kapacitet att växla från ett stimuli till ett annat. Penn progressive Matrices är en enklare version av IQ testet Raven's progressive Matrices.

Originalversionen av Raven's progressive Matrices är ett test för att undersöka deltagares verbala flyt. Deltagarna i testet blev delgivna sex olika strukturer och former på en datorskärm som de sedan skulle avgöra vilken struktur och mönster som passar till vilket. Det första och andra experimentet i denna studie utfördes i en MRI scanner. Målet med de fyra demonstrerade experimenten var att identifiera det multifunktionella neurala nätverk i relation till kognitiv kontroll och inhibering samt att undersöka upprätthållandet av denna kognitiva förmåga hos deltagarna. I denna studie, till skillnad från meta-analyser där författarna i majoriteten av fallen fokuserar på patologier, var ett av huvudsyftena här att undersöka neurala korrelat hos fullt friska $n=193$ individer. Många av de studier som utförs inom detta område har systematiskt skapats för att undersöka och identifiera de underliggande neurala grunderna för kognitiv kontroll hos patienter. Tidigare studier på människor har i majoriteten av fallen med hjälp av fMRI analyser visat på aktivitet i frontala cortex i relation till kognitiv kontroll och inhibering. Regioner som intraparietal sulcus, fronto-parietal, extrastriate cortex (möjligen relaterad till perception under uppgifterna) samt dorsala uppmärksamhetssystemet aktiverades. Dessa har vid tidigare tillfällen uppvisat aktivitet vid experiment som utgår ifrån ett snabbt uppgiftsbyte (Lerman-Sinkoff et al., 2017).

Lerman-Sinkoff et al., (2017) menar på att deras resultat indikerar att insulan har möjligen en större roll i processen av kognitiv kontroll än vad tidigare resultat uppvisat. När det gäller resultaten från ytterligare dataanalyser såg man dominant medverkan av neurala nätverk som var associerade med kognitiv kontroll, så som fronto-parietal, cingulo-opercular, uppmärksamhetsnätverket samt default mode network (som syftar till en involvering av människans medvetande).

En meta-analys från 2014 visade på en tänkbar korrelation mellan tätheten av en individs prefrontala cortex och en mer välutvecklad och avancerad kognitiv kontroll (Yuan & Raz, 2014).

Botvinick och Cohen (2014) förklarar kontroll som en optimal parametrisering av en pågående uppgiftsprocess. Frågorna som ställs och fokuseras på inom detta område i deras artikel är att förklara hur och varför denna kognitiva fakultets arkitektur, representation samt operation bildar denna komplexa enhet. Hur kontroll funktionen influerar informationsprocessen? hur kontroll möjligtvis framträder från inläring samt erfarenheter? hur kognitiv kontroll är anpassad till den aktuella handlingen? Arkitekturen, representationen och proceduren som pågår inuti hjärnan framkallar de specifika formerna samt funktionella strukturer och organisationer och hur är kontroll representationerna i sig själva valda? Vidare frågeställningar handlar om hur kognitiv kontroll i relation till den externa omgivningen kan förklaras för att kunna förstå hur kontroll opererar i sin komplexa natur, samtidigt som detta är ett av människans triviala samt fundamentala beteende (Botvinick & Cohen, 2014).

Botvinick och Cohen (2014) använder sig av tre punkter från den så kallade PDP-modellen för att komma vidare i forskningen om kognitiv kontroll och hur denna kognitiva förmåga kan uppkomma från neurala processer och resultera i ett rationellt beteende. PDP-modellen står för Pre, During och Post. (I) strukturen av ett beteende definieras genom specifika händelser i omgivningen eller andra omständigheter, tillgänglighet av möjliga handlingar och effekter av handlingar (II) den arkitekturella strukturen i hjärnan vid informationsprocessen (III) beslutsfattandemekanismer samt processen som sker under inläring, som kan förstås genom en optimering av beteende till en specifik funktion.

Botvinick och Cohen (2014) gör i sin artikel en enkel beskrivning av hur kognitiv kontroll möjligen kan se ut enligt deras teoretiska ramverk. De diskuterar kognitiv kontroll utifrån en så kallad funktionell neural grindmekanism (gate-mechanism). Denna mekanism är då förslagsvis ett möjligt sätt att reglera tillgängligheten till den del som bär ansvaret för upprätthållandet av den pågående aktiviteten. När den så kallade grindsignalen aktiveras, sker en inmatning av information som därefter tillåter en uppdatering av nya perceptioner och stimuli. Denna grindsignal uppstår

endast om förhållandena har ändrats och ny information uppkommer. Denna grindmekanismmetafor har visat sig vara en bra representation för att möjliggöra förklaringar när en individ skall utföra en planerad handling. Fler olika modeller av denna förklaring har skapats och fler av undersökningarna har resulterat i hur viktig neurotransmittorn dopamin är vid denna typ av kognitiva utförande. Dopamin har visat sig vara ett viktigt och förstärkande ämne i det neurala nätverket när en individ även ska lära sig nya saker. Konsekvent med denna teori om kognitiv kontroll i relation till medverkandet av dopamin, sker utsläppet av denna neurotransmittor även när det sker automatiska (bottom-up) responser. En variant av denna modell föreslår att dopaminutsläppet utsöndras när signalerna till ”grinden” ska tajmas men att grinden aktiveras via basala ganglia (Botvinick & Cohen, 2014).

I dagens läge är det prefrontala cortex som avses göra det tyngsta arbetet (Aron, Behrens, Smith, Frank & Poldrack, 2007). Det är när prefrontala cortex har blivit utsatt för skador exempelvis genom problematik under utvecklingen av frontalloben hos ett foster, alkoholmissbruk, slag mot huvudet, PTSD eller legala och illegala drogmissbruk risken kan öka för impulsiva beteenden.

En empirisk fMRI studie utfördes av Garavan, Ross och Stein (1999) för att undersöka hur respons-inhibering kan uttrycka sig. Uppgiften gick ut på att deltagarna tryckte på en responsknapp när de såg bokstaven X och Y. Mellan varje bokstav som presenterades var det 500 millisekunder. Huvuduppgiften här var att deltagarna skulle uttrycka både sin inhiberingsförmåga samt ett möjligt impulsbeteende genom att antingen trycka på knappen eller inte tryck på knappen när samma bokstav efter vart annat var presenterade, eller endast trycka på knappen vid varannan X och varannan Y (Garavan et al., 1999). Resultaten från denna studie visade ökad aktivitet i hjärnans högra laterala region samt frontala loben, parietala regioner, inferior frontal gyri, insula, frontal limbic area, fusiform gyri och angular gyrus. Denna studie utfördes på högerhänta deltagare i åldrarna 19-44 och deltagarna var inte diagnostiserade med någon neuropsykiatrisk sjukdom (Garavan et al., 1999).

Vidare till en intressant studie från 2002 skapad för att undersöka inhibering och förmågan till kognitiv kontroll resulterade i aktivitet i bland annat anterior cingulate cortex (ACC). Deltagarna bestod av 14 högerhänta män i åldrarna 22-35 där medelålder var 28,6. Detta experimentet bestod av tre olika tester där testerna gick ut på att deltagarna skulle ge en respons till olika specifika stimuli genom att trycka på en knapp som de hade i vänster och höger hand. Det första testerna gick ut på att om bokstaven framför deltagaren på skärmen var röd och om det var en vokal skulle knappen i den högra handen tryckas medan om det var en konsonant skulle knappen i den vänstra handen tryckas. Det andra testet gick ut på att deltagarna skulle ange respons om bokstaven var grön och behövde då bedöma om det var versaler (knappen i högerhanden) eller gemener (knappen i vänstra handen). Den tredje och sista uppgiften behövde deltagarna bedöma och trycka på knappen för att ge respons om bokstaven istället var gul och de behövde då bestämma om denna gula bokstav kom före (högerhanden) eller efter (vänsterhanden) m i alfabetet (Dreher & Faith, 2002).

Bokstäverna var presenterade antingen som singelbokstäver eller som tre stycken på samma gång med 2,5 sekunds mellanrum och de varade 1,5 sekund. Detta utfördes 6 gånger med en 1,5 T Signa scanner. Denna studie resulterade i signifikant ökad responstid under den tredje uppgiften, där deltagarna var tvungna att välja mellan före (högerhanden) eller efter (vänsterhanden) m i det anglosaxiska alfabetet. Beteenderesultaten från de tre olika testerna analyserades med hjälp av ANOVA samt inomgruppsdesign. Deltagarna gjorde flertalet felaktigheter under testets gång. Det första testet där deltagarna skulle avgöra om det var en röd vokal (knappen i högerhanden) eller en röd konsonant (knappen i vänsterhanden) resulterade i färre felaktigheter än det andra testet då deltagarna skulle avgöra om det var versaler eller gemener när den gröna bokstaven dök upp. Det blev dock fler felaktigheter när deltagarna skulle bedöma om den gula bokstaven som dök upp var före eller efter m i alfabetet. Experimentledarna använde sig bland annat av responstiden för att undersöka skillnaderna mellan dessa tre tester och det tog längre tid för deltagarna att avgöra om bokstaven som dök upp på skärmen var före eller efter m. Resultaten indikerade dock inte på någon

signifikans när det kom till inhibering av beteenderespons. Inhiberingen uttryckte sig dock mer kognitivt än av det motoriska utförandet. Regionen som visade en ökad aktivitet i relation till kognitiv inhibering var högra laterala prefrontala cortex (rLPFC) och Brodmann area 45. Aktivitet fanns även i vänstra inferior temporal cortex samt occipitala cortex. Det skall även noteras att LPFC aktivitet är inte ett specifikt säte i hjärnan som utför inhibering och kognitiv kontroll, men att detta kan vara en potentiell del av en respons inhibering under dessa typer av uppgifter (Dreher & Faith, 2002).

Som framkommit från de olika studierna visade detta på en mängd neurala regioner i frontalloben. Ytterligare regioner är anterior cingulate cortex, parietala regioner, inferior frontal gyri, insula, frontal limbic area, fusiform gyri, angular gyrus, basala ganglia, cingulo-opercular, intraparietal sulcus, fronto-parietal, extrastriate cortex (Lerman-Sinkoff et al., 2017; Dreher & Faith, 2002; Nigg, 2017); Botvinick & Cohen, 2014; Garavan et al., 1999).

De neurala mekanismerna av självreglering

Självreglering i relation till konceptet kognitiv kontroll kan ses som en mer individanpassad process. Självreglering är först och främst inte något statiskt utan självreglering utvecklas från de unga neurala stadierna i livet och fortsätter att utvecklas till vuxna år på ett icke-linjärt sätt och är heller inte en stegvis process. Denna process är alltså oerhört individbaserad. Utvecklingen av självreglering kan förklaras som en uppkomst från lägre nivåer av mindre komplexa system som sedan under årens gång utvecklas och skapar komplexa neurala fakultet beroende av inläring och erfarenheter (Nigg, 2017).

Självreglering är hänvisat till många existerande pågående processer som människan och individen kontrollerar över samtidigt. Från olika mentala tillstånd, till inre motivation och målorienterade beteenden och handlingar, samt även över de externa stimuli och det informationsflöde som individen konstant bombarderas av. Detta är en viktig punkt för hur jaget kan betraktas som en funktionellt fungerande enhet. Det kan även ses från ett bredare perspektiv och som

en omvandling från ett djurliknande beteende till en civiliserad rationell människa (Rueda, Posner, & Rothbart, 2005).

Förmågan att kontrollera sitt beteende och att kunna anpassa sitt beteende flexibelt spelar en betydande roll för en individs personlighet, mentala hälsa samt det sociala livet (Rueda et al., 2005). Självreglering är relaterat till en individs emotioner, fördröjningar av tillfredsställelse, moraliska värderingar, social kompetens, empati, flexibilitet och anpassningsförmåga, kognitiva och akademiska prestationer. Det är nyckeln till en möjlig positivt funktionellt utvecklad individ med god mental hälsa (Rueda et al., 2005).

Självreglering involverar både top-down och bottom-up reglerande processer och är ytterligare en aspekt som ska räknas med som en viktig gren inom detta multifaciterade ämne. Enligt Nigg (2017) har han en potentiell teoretisk modell för att försöka förklara självreglering och med hans artikel menas det på att Bottom-up ("Typ I" eller automatisk respons) konceptet i relation till självreglering är aktiverade genom dina sinnen och förklaras inte genom en kognitionsmodell. Typ I eller automatiska processen är en så kallad "feed-forward" signal som kan gå från subkortikala regioner till kortikala eller från posterior till anterior cortex. Top-down ("typ II" eller avsiktlig respons) processen sker till skillnad från den automatiska responsen genom en subjektiv och avsiktlig mental respons. Denna respons är långsammare än den automatiska responsen, mer sekventiell och vårt arbetsminne behöver vara aktiverat för att kunna utföra avsiktliga responser till specifika kognitiva uppgifter och sägs vara begränsad till viss mån men detta är fortfarande en ytterligare frågeställning som inte är besvarad ännu (Nigg, 2017). Typ-II respons avses användas vid målspecifika uppgifter samt för att reda ut konflikter i relationer eller i andra situationer. Denna mentala process är namngiven efter hur denna respons svarar på de interna mentala representationer som uppstår i hjärnan. Denna process är en så kallad "feed-backward" och går från kortikala till det subkortikala eller från anterior till posterior så i motsatt riktning till typ-I processen (Nigg, 2017). Hjärnans neurala nätverk i relation till typ-II respons inkluderar anterior cingulate cortex (ACC),

ventromedial Prefrontal cortex (VMPFC), ventrolateral Prefrontal cortex, dorsolateral Prefrontal cortex (DLPFC), lateral prefrontala cortex (LPFC) och subkortikala regioner som talamus, hippocampus och insula (Nigg, 2017). Dessa noder i hjärnans nätverk är sedan inbäddade i kretsar så som bland annat ACC och DLPFC. Dessa kretsar är i sin tur inbäddade i ett funktionellt och anatomiskt kortikal-subkortikalt neuralt nätverk (Nigg, 2017).

Ett annat perspektiv på självreglering samt på bristande självreglering ger Gailliot med kollegor (2007), där glukosnivåerna i blodomloppet har visat sig ha en stor inverkan på en individs val och beteende. Glukos (sockerarter, kostfiber och stärkelser) är ett vitalt drivmedel för den mänskliga hjärnan. Hjärnans aktiviteter förlitar sig primärt på upptaget av glukos i kroppen. Glukosmetabolismen (blodsocker) från blodomloppet tillåter hjärnans olika regioner att utföra alla olika mentala funktioner. Studier har även visat att de flesta av människans kognitiva processer är relativt opåverkad av en fluktuerande glukosnivå som sker inom normala och hälsosamma ramar (Gailliot et al., 2007).

Det som är av intresse här i relation till självreglering är bland annat att låga glukosnivåer har varit länkat till sämre prestationer under komplexa inkongruenta testuppgifter samt korrelationer mellan låga blodsockernivåer och utförandet av sämre kortsiktiga val i vardagen. Studier har även åskådliggjort att vid mer triviala testuppgifter, kongruenta tester, blir inte prestationerna lika påverkade med låga glukosvärden. Låga nivåer av glukos korrelerar bland annat med försämrade resultat i utförandet av Stroop testet (Gailliot et al., 2007). Resultat från liknande studier har även visat på länkad evidens mellan låga nivåer av glukos i blodet och försämrade reaktionsförmåga under tidspress samt även försämrade resultat i ett simuleringstest. De olika studierna som presenterats i artiklar i relation till glukosvärdet i blodet har demonstrerat sambandet och skillnaderna mellan den automatiska och den kontrollerade informationsprocessen och påverkan av låga och höga nivåer påverkar främst den kontrollerade förmågan av en individs kognitiva kapacitet. Det innebär att den automatiska processen som är mindre komplex inte kräver så mycket energi och fungerar under låga

nivåer av glukos medan den kontrollerade informationsprocessen kräver högre nivåer av glukos i blodet. Ett exempel på ämne som reducerar glukosnivåer i blodet och hjärnan är ethanol (alkoholhaltiga drycker) som skapar svårigheter för en individ att upprätthålla sin självreglering samt kognitiva kontroll. Gailliot et al., (2007) utgick från hypotesen; självreglering som en begränsad resurs hos individen. Studiens primära mål var att gå från en metafor till en förklarande fysiologisk process i relation till blodsockernivåer i blodet och kapaciteten av en utövad självreglering. Viljekraft är mer än en metafor, som titeln lyder.

Bristande självreglering låter möjligen trivialt men detta är ett stort karaktäristiskt problem i många olika sammanhang av en individs liv i relation till hälsa, det sociala livet, risken för beroende problematik med mera (Wagner, Altman, Boswell, Kelley, & Heatherton, 2013). Denna bristande självreglering kan exempelvis leda till att dels fuska under en diet, det kan leda till att nyktra alkoholister börjar dricka alkohol igen, eller att rökare börjar röka igen (Wagner et al., 2013).

När det kommer till självreglering har aktivitet visats sig vara i regionerna anterior cingulate cortex, ventromediala prefrontala cortex, ventrolaterala prefrontala cortex, dorsolaterala prefrontala cortex och laterala prefrontala cortex men även subkortikala områden som talamus, hippocampus samt insulan har visat på aktivitet under utövandet av självreglering (Nigg, 2017).

Problematisering av bristande kognitiv kontroll och självreglering

Impulsivitet och möjliga konsekvenser

Forskningens olika discipliner har svårt att komma överens om en enhetlig definition av termen och beteendet impulsivitet. Ett försök till en användbar förklaring inom neurovetenskapen, psykologin samt psykiatrin är *oförmågan* att vänta på en långvarig belöning, oförmågan att handla innan vidare reflektion över möjliga konsekvenser, oförmågan att inte förutspå konsekvenser, förmågan att välja snabba belöningar, oförmågan att inhibera ett opassande socialt beteende och även risktagande beteende kan kopplas samman med impulsivt beteende (Basar et al., 2008).

Termen impulsivitetskontroll är ett missledande vardagligt uttryck. Självregering är den kontrollerande processen som överskrider de möjliga konsekvenser av en impulsiv handling som inte är under kontrollerade förhållanden. Problemet är heller inte att människan erhåller impulsivitet, utan att individen agerar utefter dessa (Baumeister & Heatherton, 1996).

Impulsivitet som sammansättning av beteende omfattar ett brett spektrum av vad som möjligen kan kallas maladaptiva beteenden. Impulsivitet har under en lång period studerats genom fler olika varianter av mätningar. Bland annat handlar dessa mätningar om självrapporteringar, personlighetstester och beteendetester och alla dessa olika tester har blivit indelade i undergrupper för att forskarna inom impulsivitet skall komma närmare de separata underliggande neurala mekanismerna och neurala processerna som sker (Reynolds, Ortengren, Richards, & de Wit, 2005). Både beteendetester och självrapporteringstester indikerar på liknande mönster och idén om att impulsivitet är starkt länkat till drogmissbruk, både som en bestämmande faktor samt en konsekvens av beteende. En mängd av bevismaterial har hittills visat på att drogmissbruk får mer poäng på de impulsiva självrapporteringar än de individer som inte missbrukar någon drog. Då mer poäng syftas till en ökad risk för impulsivt beteende och ökad risk för riskfyllt och aggressivt beteende. Undersökningarna har även visat på att individer med drogmissbruk och andra missbruk får därmed mer poäng även på uppmärksamhetstester samt adrenalinsökande aktiviteter vilket mer poäng indikerar en reducerad kognitiv kontroll och självreglering samt en minskad inhiberings kapacitet (Reynolds et al., 2005). Relativt nya studier har visat på att personer som använder droger presterar sämre på tester som handlar om impulsivitet och inhibering. Med droger menas här både legala samt illegala; alkohol, tobak, nikotin, kokain och andra opiater av olika slag som påverkar människans nervsystem på ett negativt sätt och även försämrar signalsubstansernas arbetsuppgifter (Reynolds et al., 2005).

När det handlar om impulsivitet och impulsiva beteenden är det än idag ett relativt outforskat område inom kognitiv neurovetenskap och inom psykologin. Hittills har impulsivitet diskuterats som

en personlighetsstörning. Enligt DSM 5 går impulsivitet under flera olika betydelser, i den mening att impulsivitet som kognitivt fenomen och som ett så kallat personlighetsdrag möjligen har fler än en utgångspunkt samt fler möjliga förklaringar i relation till det specifika impulsiva beteendet (Few, Lynam, & Miller, 2015). I många av fallen är impulser automatiska och med det menas, att människan är utom sin egna viljas kontroll och självreglering (Baumeister & Heatherton, 1996).

Forskningen inom impulsivitet har genom åren använt sig av flera olika metoder genom både människo- och djurstudier för att kunna finna de primära neurala elementen och mekanismerna som är involverade i utvecklingen och uttryckandet av ett impulsivt beteende. Med det redan existerande koncepten inom kognitionsvetenskapen som finns inom impulsivitet som bristande kognitiv kontroll visar detta också på en multifaciterad natur (Basar et al., 2008).

Personer med skador på ventromediala prefrontala cortex har visat på en utvecklad försämrad förmåga att utföra viktiga beslut i vardagen, såsom större eller mindre livsavgörande beslut. Bortsett från detta har patienterna uppvisat ett intakt intellekt. Försämringarna av detta slag på grund av skador på ventromediala prefrontala cortex har i högre grad tydligare uttryckts i olika sociala situationer. Exempel på detta är bland annat den verbala förmågan, det vill säga hur det verbala flytet uttrycker sig (Bechara, Damasio, Damasio, & Anderson, 1994).

Enligt review artikeln (Nigg, 2017) diskuteras impulsiva beteenden som en avsaknad av vidare reflektion över ett specifikt stimuli. Ett exempel på detta kan vara en väns impulsiva kommentar av din viktökning eller viktninskning på ett oerhört osmickrande och otrevligt sätt.

Impulsivitet i relation till både beteende och val av möjliga alternativ i vardagen diskuteras inom många olika forskningsdiscipliner så som ekonomi, sociologi samt psykologi. Impulsivitet som fenomen och koncept inom kognitiv neurovetenskap försöker dock att finna regionerna i hjärnan som korrelerar med det val individen utför när det kommer till impulsivitet och varför individer i vissa fall har lättare eller svårare att avstå från ett impulsivt beteende och kortsiktiga val som i många fall medför negativa konsekvenser för både individen själv samt individens omgivning (Ainslie, 1975).

Dessa tendenser att agera i impulsivitet har studerats under många år på både djur och människor. Genom de utförda empiriska studierna på djur av olika intelligensnivåer har detta resulterat i att man sett en korrelation mellan tiden för information och tiden för belöningen. I en studie utförd under slutet av 1900-tal visades fördröjd belöning vara en faktisk triggerfaktor som medförde ett impulsivt beteende. Ainslie (1975) anser att 45 sekunder var den maximala väntetiden för att inte längre finna motivation att inhibera sina impulser. Ainslie (1975) menar på att det bästa sättet att studera kvantitativa effekter av fördröjning av belöning är att ge två-vägs val mellan belöningar av två olika värden samt fördröjningen. Detta visade sig genom en studie på råttor som var tvungna att springa igenom en T-labyrint med skilda flertalet incitament till olika dröjsmål för att experimentledarna sedan skulle kunna studeras vilket mönster av belöningar i relation till tiden som valdes.

De neurala processerna i relation till impulsivitet har under en lång period studerats både på människor och djur för att undersöka hur inhiberingen möjligen kan förklaras på den neurala nivån. Det har vid tidigare experiment resulterat i evidens för att både kortikala samt sub-kortikala regioner i hjärnan är inblandade i impulsivitet som en mental process (Dalley et al., 2011).

En djurstudie utförd av Sesia et al., (2010) inom impulsivitet skall presenteras för att undersöka vad författarna möjligen kom fram till och för att se vad denna studie kan utbringa i förståelse av impulsivitet som mänskligt fenomen. Denna studie fokuserar på nucleus accumbens och undersöker om denna region i hjärnan möjligen har en större involverande faktor. Anatomiskt är nucleus accumbens indelad i två delar med ett så kallat skal som är placerat mer mot utsidans centrum av denna region i hjärnan, medan kärnan är placerad lateralt nedtill i nucleus accumbens och dessa två har även olika anatomiska anslutningar. Studien utgick från hypotesen att denna sub-kortikala del av hjärnan korrelerar i viss mån med impulsivitet. Experimentet gick ut på att råttorna skulle trycka till på en spak i sin skinnerbox när en lampa började lysa för att få sin matpallet (Sesia et al., 2010). Denna del av experimentet tog 30 minuter att utföra med de deltagande 34 hanarna. Denna anatomiska skillnad i anslutningar till kärnan och skalet i nucleus accumbens har

visat sig vara viktig när det kommer till beteende kopplat till impulsivitet och inhibering av respons. Deep Brain Stimulation (DBS) och stimulering av det så kallade *skalet* och *kärnan* i nucleus accumbens resulterade i olika typer av responser. Genom att stimulera skalet gav detta en förtidig respons av reaktionsförmågan, vilket innebär impulsivitet, medan att stimulera med hjälp av DBS på kärnan gav den motsatta effekten, det vill säga en långsammare respons. Efter detta experimentet skulle alla råttor genomgå en operation. Två stycken borrhål i hjärnan skapades för att en elektrod skulle kunna placeras på skalet och en på kärnan av nucleus accumbens. Efter operationen tränades råttorna ytterligare en gång inför genomförandet av det första testet igen, med de liknande pre- samt post-experiment för att undersöka om beteendet hos råttorna i relation till responser ändrades i någon mån. Genom stimulering på skalet efter operationen i nucleus accumbens ökade den förtidiga responsen i förhållande till baseline. De primära fynden från denna studie visar på att DBS på skalet i nucleus accumbens ökade det impulsiva beteendet och responsen till skillnad från DBS i nucleus accumbens kärna som minskar det impulsiva beteendet och den förtidiga responsen (Sesia et al., 2010). fMRI-studier utförda på människor i tidigare experiment har likaså visat på aktivitet i nucleus accumbens (NAc) kopplat till impulsiva beteenden (Basar et al., 2008).

Undersökningar inom neuropsykologin som utförts på frontalloben hos individer med olika dysfunktioner har avslöjat att skador på ventromediala prefrontala cortex (VMPFC) som är en del av orbitofrontala cortex (OFC) korrelerar med patienter som antingen negligerar eller brister i konsekvenstänkandet till skillnad från kontrollgruppen (Kalenscher, Ohmann, & Güntürkün, 2006).

Exempel på en ytterligare undersökning utfördes av Wagner et al., (2013) för att studera deltagarnas beteende i relation till impulsivitet. Huvudsyftet med detta experiment var att experimentgruppen undergick en ego-depletion, en så kallad uttömning av jaget (refereras till en idé om att självreglering är en begränsad resurs). Det som står i fokus när vi diskuterar självreglering är att kunna stå emot frestelser, kontrollera sina automatiska drifter och impulser. Denna studie är av intresse att se hur självreglering och bristande självreglering kan mätas. När självreglering och

bristande självreglering diskuteras har en såkallad *Styrke-modell* tagit fram för att conceptualisera detta fenomen på ett enklare sätt. Med bristande självreglering menas med individer som inte kan upprätthålla sina top-down mekanismer. 31 kvinnliga högerhänta deltagare. 16 stycken tillhörde experimentgruppen som gått på diet under en längre period, varav 15 tillhörde kontrollgruppen som inte gick på diet. Under rekryteringen av deltagarna togs aldrig ämnet av deras pågående diet upp som samtalsämne. Ett av resultaten från fMRI visade på att experimentgruppen visade aktivitet i orbitofrontala cortex (OFC), vilket är ett område i hjärnan som vid tidigare studier visat aktivitet vid belöning och föremål som betraktas av ett högre åtråvärde. Denna aktivering visade vidare på en minskad koppling mellan OFC och inferior frontal gyrus, som vid tidigare studier visat kopplingar till självreglering och förmågan av top-down kontroll. Vidare i artikeln diskuterar författarna (Wagner et al., 2013) tidigare studier där deltagarna varit tonåringar där de har pratat i termer om ”frontal kontroll” och faktumet att tonåringar visat en ökad brist av självreglering i relation till att den frontala loben inte är fullt utvecklad.

Den första uppgiften var ett uppmärksamhetstest där deltagarna skulle se en film med ord som dök upp på en bioskärm. Kontrollgruppen skulle läsa orden medan experimentgruppen inte skulle läsa orden. Ögonrörelserna mättes med hjälp av en så kallad canonical hemodynamic response function (HRF) för att undersöka om experimentgruppen kunde inhibera bottom-up/automatiska responsen och därmed inte läsa orden. Den andra uppgiften av detta experiment gick ut på att deltagarna fick se 250 olika bilder på mat, människor och landskap. Sedan skulle deltagarna rangordna från 1-9 hur mycket det gillade matbilderna. Ingen av deltagarna fick äta minst två timmar innan scanningen, som utfördes med en Philips Achieve 3.0 Tesla scanner, för att de inte skulle känna sig tillfredsställda. Analyser av deltagarna gjordes i en fMRI och resultaten visade på en dominant aktivering av orbitala frontala cortex när deltagarna fick se bilder på mat innehållande hög kolhydratnivå. Ventral striatum visades även vara aktiv under denna typ av uppgift. Studien demonstrerade att i denna typ av ansträngande tillstånd då fokus låg på att undersöka deltagarnas

prestationer att utföra en hög och stabil självreglering förändrades de neurala processerna inför en möjlig primär belöning som i detta fall var mat som då ledde till en överaktivitet i orbitala frontala cortex (Wagner et al., 2013).

Sammanfattande av de neurala regionerna kopplat till impulsivitet och bristande självreglering har fram till idag korrelerat med skador på ventromediala prefrontala cortex. Studier på impulsivitet har även visat dominant aktivering i områden som orbitala prefrontala cortex, ventral striatum samt sub-kortikala regioner som nucleus accumbens (Sesia et al., 2010; Kalenscher, Ohmann, & Güntürkün, 2006; Basar et al., 2008; Dalley et al., 2011; Wagner et al., 2013).

Go/No-go test avseende impulsivitet

Go/No-go testet är ett såkallad lärande test som är framtaget för att undersöka individens inhiberingsförmåga i relation till impulsiva responser (Reynolds et al., 2006).

Detta test kan se ut på flera olika sätt men ett alternativ av ett go/no-go test kommer nu att presenteras. Ett Go/No-go test kan se ut såhär; deltagaren skall klicka på knappen på en datormus vid varje tillfälle som det korrekta målobjektet dyker upp och innebär också att inhibering skall aktiveras när manipuleringsstimuli dyker upp på skärmen. Som deltagare sitter du vid en skärm, en stor fyrkant innehållande fyra rutor inuti denna fyrkant visas. Målobjektet är i detta fall ett versalt P som dyker upp bakom en blinkande stjärna. När detta P dyker upp ska då deltagaren så snabbt som möjligt trycka på knappen ("go"). När till exempel ett versalt R dyker upp på skärmen bakom dessa stjärnor så skall deltagaren inhibera den automatiska responsen ("no-go") (Psytoolkit, 2018).

En annan version av go/no-go testet som replikerades av Reynolds med kollegor (2006) gick ut på att åtta siffror presenterades för deltagarna. Fyra var korrekta och den andra hälften var inkorrekta. Deltagarna var då instruerade att endast ge respons när den "rätta" siffran dök upp och blev då belönad med tio cent, medan en felrespons innebar en bestraffning på minus tio cent. Experimentledarna mätte deltagarnas felaktiga responser, när en deltagare antingen undanhöll en respons när det var en av de korrekta siffrorna som dök upp eller om deltagaren gav respons på ett

felaktigt nummer. Måttet av impulsivitet räknades ihop per deltagare efter det att testet var avslutat och det som räknades var antalet felaktiga responser i relation till provisionen (belöningen) av de tio cent som givits under experimentets gång (Reynolds et al., 2006).

Det Reynolds et al., (2006) analys visade på med Go/no-go testet var ett förslag att mätningar från självrapporteringar samt beteendemätningar kan värderas som olika kategorier eller varianter av impulsivt beteende. Analysen noterade även de få könsskillnaderna som visades i resultaten. Det enda som statistiken visade på avseende könsskillnader var under ett test där det handlade om fördröjning av en respons. Där visade kvinnorna i större utsträckning en ökad impulsiv lust att inte kunna avstå från respons. Dessa fynd är dock inte signifikanta men är här en intressant notering utöver resultaten från Go/No-go testet som nu står i fokus. Ytterligare ska noteras att självrapporteringar är kvalitativa mätningar och innebär därmed ett hot mot validiteten och evidensen i dessa typer av studier. Detta kan visas genom hur individen ser sig själv och svarar på frågeformulären, utifrån en möjligen bristande självinsikt och därmed skapar brist i studien mellan självrapportering och beteendet i relation till prestationen. Dock ska kvalitativa mätningar inte helt undvikas, det borde göras kvalitativa med kvantitativa studier parallellt för att skapa de bästa möjliga framsteg inom området (Reynolds et al., 2006).

En möjlig förklaring av beteenderesponser samt de neurala aktiveringarna i relation till ”go/no-go” testet förklaras av Chikazoe och kollegor (2009) fMRI studien som utfördes för att undersöka vilka regioner i hjärnan som aktiverades under detta kognitiva test. Deltagarna bestod av 25 friska högerhänta män och kvinnor, deltagandet var godkänt genom skriftligt samtycke och ett godkännande från medicinska institutionen vid Universitet i Tokyo. 15 stycken var kvinnliga deltagare och 10 var manliga. Experimentledarna använde sig av 1,5-T fMRI system. Studien visade på aktiveringar i flera olika regioner, inferior prefrontal gyrus, dorsolaterala prefrontala cortex (DLPFC), anterior cingulate cortex (ACC), presupplementary motor area (pre-SMA), insulan, rostrala prefrontala cortex, samt precuneus och intraparietal sulcus (IPS). Alla dessa regioner visade

aktivitet under både inhibering (no-go) samt respons aktivering (go). Den region som dock visade en aktiv dominans i relation till no-go inhibering respons var inferior prefrontal gyrus. Noteras skall dock göras att studien visade inte på några signifikanta resultat utan detta är en bra studie för fortsatt vidare forskning inom området för att komma fram till en förenlig förklaring till de neurala mekanismerna. Ett aktivt dominant område var inferior frontal junction, som visade aktivitet under både ”go” responsen och ”no-go” inhiberings responsen (Chikazoe et al., 2009).

Diskussion

Ett av de stora mysterierna inom kognitiv neurovetenskap är kognitiv kontroll. Hur kan den mänskliga hjärnan skapa beteende som verkställer ett organiserat, meningsfullt och ändamålsenligt beteende? I denna presenterade litteraturstudie har jag granskat artiklar för att skapa möjliga förklaringar samt försökt att finna någon form av mönster av de evidens som finns i relation till kognitiv kontroll. Flertalet av artiklarna som jag läst igenom har visat evidens på PFC aktivering i korrelation till kognitiv kontroll (Miller, 2000; Niendam et al., 2012; Lerman-Sinkoff et al., 2017). En möjlig metafor kan göras i relation till kognitiv kontroll. Kognitiv kontroll består inte av ett enda kognitivt fakultet utan, kognitiv kontroll är en tillsynes ”vice verkställande chef” vid ett stort företag som kontrollerar, leder och upprätthåller fokusering till många olika kollegor (kognitiva förmågor) till en korrekt riktning (mot företagets mål). Den är dock inte den ”exekutiva ledaren” vilket refererar till exekutiva funktioner men kognitiv kontroll är snarare den som hjälper till att hålla kontroll över bland annat att kunna planera, att kunna inhibera impulser, att kunna tänka rationellt, kontrollera fokusering och också att en individ möjligen kan utforma ett civiliserat beteende på arbetsplatsen.

En av mina strategier har varit att söka efter litteratur som har utfört studier som visar evidens på korrelation mellan hjärnregioner och kognitiv kontroll samt bristande kognitiv kontroll. Att skapa ett mångsidigt perspektiv av kognitiv kontroll men att ändå inte göra denna uppsats för omfattande och bred att det blir svårare att hålla sig inom ramarna. Med tanke på att detta är ett stort område och för att inte skapa fler fallgropar för min egna del.

Med neurala mekanismer har jag försökt att finna möjliga korrelationer i form av kognitiv förmåga och de aktiva områden i hjärnan som visats under olika typer av scanningsmetoder från de olika studierna som presenterats. När det handlar om kognitiv kontroll handlar det inte endast om den externa världen med alla dess stimulus utan också detta involverar givetvis en stor portion av den interna miljön, det vill säga de händelseförlopp i hjärnan som måste adderas i denna redan komplexa utmaning (Botvinick & Cohen, 2014).

En av ambitionerna med denna uppsats har varit att presentera evidens från både äldre och nyare studier, med fokus på vad forskningen diskuterat fram till idag inom kognitiv kontroll, självreglering och impulsivitet. Dessa tre kognitiva förmågor som fortfarande idag är högst ett komplext fenomen och består av mångfaldiga neurala nätverk som integrerar med varandra, är det svårt att dra tydliga konklusioner mellan de evidens som finns att tillgå idag. Hur som helst, genom att samla ihop de evidens från studierna som använts i detta arbete kan möjliga mönster skapas. Från de artiklar som används har dessa visat på att människans utövande av kognitiv kontroll resulterar i bland annat aktivering av frontala områden (Lerman-Sinkoff et al., 2017; Aron et al., 2007). Andra områden som visat på ökad dominant aktivitet har varit occipitala cortex, vänstra inferior temporal cortex, angular gyrus, basala ganglia, insulan (Dreher & Faith, 2002; Garavan et al., 1999; Lerman-Sinkoff et al., 2017).

Med självreglering har studier visat på aktivitet i både kortikala och sub-kortikala områden (Nigg, 2017). Utövande av självreglering däremot har visat på aktiveringar av anterior cingulate cortex (ACC), ventromedial Prefrontal cortex (VMPFC), ventrolateral Prefrontal cortex, dorsolateral Prefrontal cortex (DLPFC), lateral prefrontala cortex (LPFC) och subkortikala regioner som talamus, hippocampus samt insulan (Nigg, 2017).

Anledningen till användning av en artikel (Gailliot et al., 2007) som är av icke-neurovetenskaplig natur var för att få ett möjligt divergent perspektiv på självreglering och bristande självreglering och på så sätt visa på att låga blodsockervärden i hjärnan i relation till kapaciteten av

självreglering ökar risken för bristfällig kognitiv kapaciteten. Det behöver inte vara neurologiska skador vid tillfällig bristande självreglering, det är dock när denna bristfälliga förmåga blir frekvent som det möjligen kan öka risken för problematik hos individen. Med självreglering pekar fynden från studierna på en förmåga att reglera känslor, tankar och beteende som består av både bottom-up och top-down processer, dock sker inte detta under samma gång. Genom tidigare undersökningar har självreglering även visat på ett aktiverat arbetsminne (Nigg, 2107).

Användandet av en artikel som i huvudsyfte utgick från psykometri var inte för att diskutera psykometri som ämne utan denna artikel specifikt hade valid information om hur vi kan se på kognitiv kontroll på ett intressant sätt (Cooper et al., 2017).

Vidare till bristande kognitiv kontroll, bristande självreglering och impulsivitet har studierna som samlats ihop i uppsatsen visat på aktiviteter i den sub-kortikala regionen av nucleus accumbens. Vidare regioner som lyst upp med hjälp av fMRI i relation till impulsiva beteenden är patienter som har skador på ventromediala prefrontala cortex (VMPFC) som är en del av orbitala prefrontala cortex (OFC). Ytterligare aktiveringar från ”go/no-go” studien var regionerna ventrala striatum, inferior prefrontal gyrus, dorsolaterala prefrontala cortex (DLPFC), anterior cingulate cortex (ACC), presupplementary motor area (pre-SMA), insulan, rostrala prefrontala cortex, samt precuneus och intraparietal sulcus (IPS). Där inferior prefrontal gyrus visade dominant aktivitet när deltagaren skulle inhibera respons (”no-go”). Faktum är, de kognitiva testerna som presenterats i uppsatsen har givit mer insikt inom detta område av kognitiv kontroll i relation till korrelationer mellan testet, prestationer, brister och neurala områden. Ett bra exempel på detta var artikeln (Chikazoe et al., 2009) som diskuterade ”go/no-go” testet för att undersöka impulsivitet med hjälp av fMRI för att ta reda på vilka regioner av hjärnan som visade på möjliga dominanta aktiviteter. Med hjälp av detta test visade respektive hjärnområden som möjligen kan vara kopplat till impulsiva beteende.

Varför valet att skriva om detta ämne? Intresset av individualismen i relation till kognitiv neurovetenskapen är det som lockade mest. Vid första anseende är kognitiv kontroll som sådan i

mångt och mycket relativt trivialt och en fundamental egenskap som människan erhåller mer eller mindre i dess olika kontexter. Faktum är att inga av våra kognitiva förmågor ska tas för givna. Detta kan dock återspeglas i alla olika individer på flera olika sätt under växlande förhållanden. Detta är en mikrodel av varför människans natur och kunskapsgapet om medvetandet är så fascinerande och enormt komplext. Hur hjärnan och nervsystemet möjliggör sinnen och beteenden.

Något som fångat mitt primära intresse inom detta området är resultaten från både WCST och stroop testen där experimentgruppen har bestått av deltagare med neurologiska skador medan kontrollgruppen har bestått av fullt friska individer. Men att de båda grupperna har presterat lika och visat på liknande neurala aktiveringar (Alvarez & Emory, 2006). Men skador i frontala loben resulterar detta i bristande kapacitet av bland annat abstrakt tänkande, planeringsförmågan briser, impulsiviteten ökar, rationellt tänkande, bristande problemlösningsförmåga. Vad kan det vara för avgörande neurologiska och kognitiva faktorer som aktivering under dessa typer av mentala uppgifter?

Faktum är, forskningen inom kognitiv kontroll är idag enliga om att denna process sker genom 'top-down'-processer. Men genom de studier som arbetet lagt sin grund på för att skapa en divergent bild av vad neurovetenskapen säger angående detta komplexa område. Jag medvetet samlat in några artiklar som försöker att beskriva kognitiv kontroll och dess multifaciterade komplexitet på olika sätt, inte för att göra det mer komplext än vad detta redan är, men att få några olika perspektiv. Precis som Hofmann et al., (2012) diskuterar i sin artikel om människans inhiberingsförmåga att den möjligen kan ske genom en aktiv inhibering eller en passiv inhibering. Användandet av denna artikel skapar funderingar kring hur kognitiv kontroll och inhiberingsförmågan kan se ut rent schematiskt. Författarna menar på att inhibering är inte ett allt eller inget fenomen, utan här diskuteras inhiberingsförmåga i form av konsekvenser. Vilket var ett av mina syften med denna uppsats att finna vetenskapliga artiklar som diskuterade kognitionen i form av konsekvenser och hur detta kan se ut. Dock saknade jag djupare diskussion inom detta ämne för att kunna möjliggöra förtydliganden

samt även förtydligande på den neurala nivån. I denna artikel diskuterade Hofmann et al., (2012) ett samarbete av arbetsminnet och PFC. Artikeln diskuterade även en möjlig korrelation mellan individer som har sämre/lägre beteendemässig inhiberingsförmåga visar tydligare mönster på ökad risk att följa sina impulser och falla för korta belöningar till skillnad från de individer som visade högre beteendemässig inhiberingsförmåga (Hofmann et al., 2012). Vidare i samma artikel diskuteras även ämnet om självreglering och om detta är något som kan tränas och förbättras hos individer bland annat som patienter med neurologiska skador, individer med risktagande beteende och även hos friska individer. Att möjliggöra förbättring av självreglering genom regelbunden träning finns det inga tvivel om, det finns inte heller tvivel om att förbättra arbetsminnets kapacitet. Dock är den problematiska frågan hur denna träning och förbättring och dess positiva intentioner kan sträcka sig till en individs vardagliga liv. Faktum är att frekvent träning av arbetsminnets kapacitet har visat på positiva resultat i relation till minskat impulsivt alkoholanvändande. Detta är något som forskningen i framtiden förhoppningsvis med hjälp av både utvecklingen av teknologin, ökad förståelse och kunskap om de neurala processerna som sker samt ett fortsatt optimalt samarbete med flera olika fält inom olika centrala områden för att möjligen komma fram till lösningar till individer vars impulsiva beteende utgör en risk och fara på både individnivå och samhällsnivå (Hofmann et al., 2012).

Det jag vill att läsaren ska ta med från denna litteraturstudie om just kognitiv kontroll är bland annat den divergenta kognitiva individualismen som finns i varje människa du möter är viktig att ha i åtanke. Jag har i min uppsats velat fokusera på och visa hur just kognitiv kontroll kan skilja sig i olika neurala kontexter.

När det kommer till mitt intresse av kognitiv kontroll och fler orsaker för valet att skriva om just detta ämne ville jag införskaffa mer kunskap om min egna hjärna och ta reda på varför det är svårt för min del i vissa situationer att utföra kognitiv kontroll och självreglering under en längre tid. Med fMRI studierna som diskuterats i uppsatsen visar det kognitiva nätverket på flera olika kortikala och subkortikala regioner i hjärnan på dominant aktivitet. Läsaren ska ha i åtanke att denna uppsats är en

generell litterär studie för att möjligen skapa en helhetsbild över det kognitiva fakulteten som reglerar kognitiv kontroll och även självreglering. Idag finns det ännu inga tydliga mönster över vad exakt det kan vara för kognitiv manifestation som skapar ökad eller reducerad kognitiv kontroll och självreglering. Än så länge genom fMRI studiernas insamlade data endast visat på dominanta aktiviteter som möjligen kan potentiellt vara inblandad i denna kognitiva förmåga. Men det finns heller inga klara svar eller signifikanta studier som kan kartlägga de eftertraktade skillnaderna och distinktioner dem emellan. Under framtida utmaningar tar jag upp vad jag önskat kunna utföra under en masteruppsats och om jag hade tillgång till resurserna för att möjligen finna de individuella skillnaderna mellan olika individer för att kunna applicera detta i bland annat i skolsystemet och i skolmiljön.

Jag vill fortsättningsvis att läsaren ska ta med sig från denna litteraturstudie att denna insamlade data och vetenskapliga artiklar som jag använt mig av är på sätt och vis manövrerat i den riktning som jag fann nödvändig och relevant för mitt perspektiv. Det finns en mängd intressant data och litteratur inom detta område som är av kunskapsvärde.

Vidare gällande kognitiv kontroll, självreglering i relation till impulsivitet så har jag velat hitta litteratur som pekar på korrelationen mellan ökad impulsiva beteenderesponser i relation till ökad risk för missbruksbeteende. Jag hittade en hel del underlag för detta men detta ska påpekas också att impulsiva individer i samhället är inte alla missbrukare. Det som är viktigt att ta med från all vetenskap och hur vetenskapen vinklas ska betraktas högst kritiskt. Du som läsare ska alltid tänka från flera möjliga perspektiv och ifrågasätta det som sägs.

Mina tankar om detta ämne och den intressanta kopplingen mellan dessa tre områden inom kognition är hur allt är sammankopplat i varandra. Med det menas hur det neurala mekanismerna integrerar med varandra och från studierna som utförts genom åren som gått visar på ungefär liknande resultat. Få studier har dock visat på signifikanta resultat gällande inhibering och

impulsivitet och även kognitiv kontroll men detta är inget som ännu kan generaliseras till en hel population.

Jag vill slutligen dela med mig av mina sista tankar om detta ämne gällande kognitiv kontroll och självreglering och de kognitiva fördelarna som träning av den kognitiva kontrollen potentiellt kan resultera i. Finner forskningen angående träning av denna kognitiva kapacitet hoppfull och denna träning av den kognitiva kontrollen även självreglering och inhiberingsförmåga kan relateras till den pågående debatten om den neurala plasticiteten inom kognitiv neurovetenskap. Men som också bör nämnas att när det handlar om inläring av nya incitament av ett beteende hos en individ behövs utsöndring av neurotransmittor dopamin. Fortsättningsvis när det handlar om dopamin kan belöningssystemets inblandning av inhiberingens inläring möjligen involvera. Vilket lyfter en intressant frågeställning inför framtida utmaningar, hur belöning på antingen lång eller kort sikt kan öka en individs impulsiva beteende och öka dess personliga inhiberingsresponser för att möjligen kunna minska missbruk av antingen droger eller andra negativa incitament.

Det mest relevanta med denna litteratur som använts under uppsatsen är att kognitiv kontroll och självreglering är inte ett allt eller inget fenomen och detta syftas även till impulsiva beteendemönster.

Konklusion

Litteraturstudiens primära ambition har varit att söka efter möjliga individuella neurala mönster i relation till kognitiv kontroll, för att ta reda på varför vissa individer brister i självreglering och kontroll. Därav har uppsatsen använts sig av artiklar från journaler av olika genre dock har huvudfokus hela tiden varit kognitiv neurovetenskap.

Nu i efterhand har jag funderat på hur jag möjligen skulle lagt upp denna uppsats för att minimera risken ännu mer och för att göra uppsatsen tydligare. Detta hade varit genom att diskutera de fynd som finns inom kognitiv kontroll idag i generella drag men att sedan fokusera på ett enda område i relation till kognitiv kontroll, exempelvis koncentration/koncentrationssvårigheter. Kognitiv

kontroll och även självreglering som ämne är stort och komplext och innehåller många grenar inom forskningen vilket gör det komplext att göra en litteraturstudie på för att få med så mycket litteratur som möjligt om detta fenomen.

Vill avsluta konklusionen och denna uppsats med att litteraturen som används i denna studie har pekat på möjliga korrelationer dels mellan hypotesen om att missbruksproblematik och impulsivitet i många av fallen går hand i hand. Dock önskar jag ytterligare forskning om både kognitiva tester samt neurala dataanalyser för att undersöka närmare för att möjligen i framtiden kunna applicera och tillämpa denna forskning inom psykiatrin.

Fortsättningsvis som min hypotes lutade åt var att den kognitiva kontrollen och självreglering är en färdighet som är mycket väsentlig för att skapa sig ett värdefullt liv gällande många aspekter av en människas liv och enligt litteraturen visar detta sig vara fallet vilket indikerar att jag vill behålla min hypotes.

Framtida utmaningar

En av de möjliga största utmaningarna är forskningens uppgift att förena olika multipla nivåer av dataanalyser. Dataanalyser av vardagligt beteende, socialt beteende, kognitivt beteende samt neuropsykologiska mätningar. I dagens läge finns det ett tydligt hinder för att vetenskapen skall ta sig framåt och detta är hur alla dessa olika existerande modeller och teorier ska möjliggöra en överenskommande integrerad teori av de multifaciterade neurala korrelaten som kognitiv kontroll och självreglering uppstår från. Kan kognitiv neurovetenskap erbjuda det centrala koncepten och fungera som en möjlig förbindelselänk mellan olika typer av dataanalyser?

Målet för kognitiv neurovetenskapen inför framtiden är bland många, att försöka skapa en djupare förståelse för kognitiv kontroll, självreglering och problematiken med impulsbeteende på psykologisk och neural nivå för att möjliggöra appliceringar till ett bättre samhälle och godare förståelse för den kognitiva individualismen.

Funderar kring om jag hade haft resurserna under en framtida uppsats och möjliggöra en djupare dykning in i detta multifaciterade komplexa förmåga vi människor besitter hade jag velat fokusera på att ta fram med hjälp av andra kunniga inom området kognitiv kontroll och bristande kognitiv kontroll för att utforma någon form av teori kring denna kognitiva kapacitet för att sedan gå ned på en neural och biologisk nivå och utföra experiment och att innefatta så många områden som möjligt ska inkluderas för att skapa en helhetsbild över vart den kognitiva kontrollen sitter med tanke på att det är ett multifaciterat nätverk, både på neural nivå i samarbete med andra delar av kroppens kemi, för att möjliggöra vad det kan vara som gör att en individ har mer eller mindre kognitiv kontroll för att kunna skapa mer kunskap och insikt från ett individualistiskt perspektiv. För att sätta detta i kontext vill jag ta vårt samhälle och hur det är uppbyggt. Det svenska samhället är uppbyggt på ett sätt som gör det komplext för de individer i samhället som avviker i både beteende eller kognitiv förmåga. Detta inkluderar även skolsystemet och karriärsmöjligheter samt även statistiken för brott som sker. Det skulle behöva innefattas stora summor att kunna utföra och det skulle behövas göras i mitt tycke som en longitudinell studie. Eller att göra det möjliga experimentet som korta studier som görs fler gånger för att inkludera flera olika deltagare. Dock tankar och bestämmelser om kontrollgruppen och vilka deltagare som de skulle innehålla och detta gäller även experimentgruppen. Om det ska vara endast friska deltagare eller om deltagarna skall bestå av i experimentgruppen antingen psykiatriska eller neurologiska skador, det vet jag inte än.

Tidigare i uppsatsen diskuterade jag flera artiklar som utförde flertalet experiment gjorda med kvalitativa mätningar vilket kan ge upphov till ökat hot mot validiteten. Men detta innebär inte att kvalitativa mätningar bör undvikas. Det kan dock vara bara att arbeta parallellt med kvantitativa och kvalitativa metoder inom detta ämne för att undvika så mycket hot som möjligt.

Referenser

- Ainslie, G. (1975). Specious reward: a behavioral theory of impulsiveness and impulse control. *Psychological Bulletin*, 82(4), 463-496. doi:10.1037/h0076860
- Alvarez, A. J., & Emory, E. (2006). Executive function and the frontal lobes: a meta-analytic review. *Neuropsychology Review*, 16(1), 17-42. doi:10.1007/s11065-006-9002-x
- Ardila, A. (2008). On the evolutionary origins of executive functions. *Brain and Cognition*, 68(1), 92-99. doi:10.1016/j.bandc.2008.03.003
- Aron, A. (2007). The neural basis of inhibition in cognitive control. *The Neuroscientist*, 13(3), 214-228. doi:10.1177/1073858407299288
- Aron, R. A., Behrens, E. T., Smith, S., Frank, J. M., & Poldrack, A. R. (2007). Triangulating a cognitive control network using diffusion-weighted magnetic resonance imaging (MRI) and functional MRI. *The Journal of Neuroscience*, 27(14), 3743-3752. doi:10.1523/JNEUROSCI.0519-07.2007
- Baumeister, F. R., & Heatherton, F. T. (1996). Self-regulation failure: an overview. *Psychological Inquiry*, 7(1), 1-15. doi:10.1207/s15327965pli0701_1
- Bechara, A., Damasio, R. A., Damasio, H., & Anderson, W. S. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition*, 50(1-3), 7-15. doi:10.1016/0010-0277(94)90018-3
- Berg, W. K., & Byrd, L. D. (2002). The tower of London spatial problem-solving task: enhancing clinical and research implementation. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 24(5), 586-604. doi:10.1076/jcen.24.5.586.1006
- Botvinick, M. M., Carter, S. C., Braver, S. T., Barch, M. C., & Cohen, D. J. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108(3), 624-652. doi:10.1037/0033-295X.108.3.624

- Botvinick, M. M., & Cohen, D. J. (2014). The computational and neural basis of cognitive control: charted territory and new frontiers. *Cognitive Science*, 38(2014), 1249-1285. doi:10.1111/cogs.12126
- Braver, S. T., Paxton, L. J., Locke, S. H., & Barch, M. D. (2008). Flexible neural mechanism of cognitive control within human prefrontal cortex. *Pnas*, 106(18), 7351-356. doi:10.1073/pnas.0808187106
- Chikazoe, J., Jimura, K., Asari, T., Yamashita, K., Morimoto, H., Hirose, S., ... Konishi, S. (2009). Functional dissociation in right inferior frontal cortex during performance of g/no-go task. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(6), 835-847. doi:10.1093/cercor/bhn065
- Cole, W. M., & Schneider, W. (2007). The cognitive control network: Integrated cortical regions with dissociable functions. *Neuroimage*, 37(1), 343-360. doi:10.1016/j.neuroimage.2007.03.071
- Collette, F., Hogge, M., Salmon, E., & Van der Linden, M. (2006). Exploration of the neural substrates of executive functioning by functional neuroimaging. *Neuroscience*, 139(1), 209-221. doi:10.1016/j.neuroscience.2005.05.035
- Connor, E. C., Egeth, E. H., & Yantis, S. (2004). Visual attention: Bottom-up versus top-down. *Current Biology*, 14(19), 850-852. doi:10.1016/j.cub.2004.09.041
- Cooper, R. S., Gonthier, C., Barch, M. Deanna, & Braver, S. T. (2017). The role of psychometrics in individual differences research in cognition: A case study of the AX-CPT. *Frontiers in Psychology*, 8(1482), 1-16. doi:10.3389/fpsyg.2017.01482
- Cooper, R. S., Jackson, J. J., Barch, M. D., & Braver, S. T. (2018). Neuroimaging of individual differences: A latent variable modeling perspective. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 98(2019), 29-46. doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.12.022
- Dalley, W. J., Everitt, J. B., & Robbins, W. T. (2011). Impulsivity, compulsivity and top-down cognitive control. *Neuron*, 69(4), 680-694. doi:10.1016/j.neuron.2011.01.020

- Damasio, H., Grabowski, T., Frank, R., Galaburda, M. A., & Damasio, R. A. (1994). The return of Phineas Gage: Clues about the brain from the skull of a famous patient. *Science*, *264*(5162), 1102-1105. doi:10.1126/science.8178168
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review Psychology*, *64*, 135-168. doi:10.1146/annurev-psych-113011-143750
- Dosenbach, U.F. N., Fair, A. D., Cohen, L. A., Schlaggar, L. B., & Petersen, E. S. (2008). A dual-networks architecture of top-down control. *Trends in Cognitive Science*, *12*(3), 99-105. doi:10.1016/j.tics.2008.01.001.
- Dreher, J.-C., & Berman, F. K. (2002). Fractionating the neural substrate of cognitive control processes. *Pnas*, *99*(22), 14595-14600. doi:10.1073/pnas.222193299
- Duncan, J., & Owen, M. A. (2000). Common regions of the human frontal lobe recruited by diverse cognitive demands. *Trends in Neuroscience*, *23*(10), 475-483. doi:10.1016/S0166-2236(00)01633-7
- Few, L. R., Lynam, D. R., & Miller, J. D. (2015). Impulsivity-related traits and their relation to DSM-5 section II and III personality disorders. *Personality Disorders: Theory, Research, and Treatment*, *6*(3), 261-266. doi:10.1037/per0000120
- Gailliot, T. M., Baumeister, F. R., DeWall, C. N., Maner, K. J., Plant Ashby, E., Tice, M. Dianne, ... Schmeichel J. B. (2007). Self-control relies on glucose as a limited energy source: willpower is more than a metaphor. *Journal of Personality and Social Psychology*, *92*(2), 325-336. doi:10.1037/0022-3514.92.2.325
- Garavan, H., Ross, J. T., & Stein, A. E. (1999). Right hemispheric dominance of inhibitory control: An event-related functional MRI study. *Psychology*, *96*(14), 8301-8306. doi:10.1073/pnas.96.14.8301
- Goldstein, S., Naglieri, A. J., Princiotta, D., & Otero, M. T. (2013). Introduction: A history of executive functioning as a theoretical and clinical construct. In: Goldstein S., Naglieri J.

(eds) *Handbook of Executive Functioning*. Springer, New York, NY.

doi:10.1007/978-1-4614-8106-5_1

Heatherton, F. T., & Wagner, D. D. (2011). Cognitive neuroscience of self-regulation failure. *Trends in Cognitive Science*, 15(3), 132-139. doi:10.1016/j.tics.2010.12.005

Hofmann, W., Schmeichel, J. B., & Baddeley, D. A. (2012). Executive functions and self-regulation. *Cell Press*, 16(3), 174-180. doi:10.1016/j.tics.2012.01.006

Hogrefe. (2019). Wisconsin card sorting task. Hämtad 2019-04-19 från <https://www.hogrefe.se/>

Klinisk-psykologi/Neuropsykologi-och-minne/Wisconsin-Card-Sorting-Test--WCST/

International society for research on impulsivity. (2019). Home. Hämtad 2019-10-04 från

<http://www.impulsivity.org/index.htm>

Jurado, B. M., & Rosselli, M. (2007). The Elusive Nature of Executive Functions: A Review of our Current Understanding. *Neuropsychological Review*, 17(3), 213-233. doi:10.1007/

s11065-007-9040-z

Kalenscher, T., Ohmann, T., & Güntürkün, O. (2006). The neuroscience of impulsive and self-controlled decisions: A meta-analysis. *International Journal of Psychophysiology*, 62(2006), 203-211. doi:10.1016/j.ijpsycho.2006.05.010

Koechlin, E., Ody, C., & Kouneiher, F. (2003). The architecture of cognitive control in the human prefrontal cortex. *Science*, 302(5648), 1181-1185. doi:10.1126/science.1088545

Lerman-Sinkoff, B. D., Sui, J., Rachakonda, S., Kandala, S., Calhoun, D. V., & Barch, M. D.

(2017). Multimodal neural correlates of cognitive control in the human connectome project.

Neuroimage, 163(2017), 41-54. doi:10.1016/j.neuroimage.2017.08.081

Lopez-Garcia, P., Lesh, A. T., Salo, T., Barch, M. D., MacDonald III, W. A., Gold, M. J., ... Carter,

S. C. (2016). The neural circuitry supporting goal maintenance during cognitive control: a

comparison of expectancy AX-CPT and dot probe expectancy paradigms. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 16(1), 164-175. doi:10.3758/s13415-015-0384-1

- Muraven, M., & Baumeister, F. R. (2000). Self-regulation and depletion of limited resources: does self-control resemble a muscle? *Psychological Bulletin*, *126*(2), 247-259. doi: 10.1037//0033-2909.126.2.247
- Miller, K. E. (2000). The prefrontal cortex and cognitive control. *Nature Reviews*, *1*, 59-65. doi: 10.1038/35036228
- Miller, T. B., & D'Esposito M. (2005). Searching for "the top" in top-down control. *Neuron*, *48*(4), 535-538. doi:10.1016/j.neuron.2005.11.002
- Mitchell, H. S. (2004). Measuring impulsivity and modeling its association with cigarette smoking. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, *3*(4), 261-273. doi: 10.1177/1534582305276838
- Niendam, A. T., Laird, R. A., Ray, L. K., Dean, Y. M., Glahn, C. D., & Carter, S. C. (2012). Meta-analytic evidence for a superordinate cognitive control network subserving diverse executive functions. *Cognitive Affective Behavior Neuroscience*, *12*(2), 241-268. doi:10.3758/s13415-011-0083-5
- Nigg, T. J. (2017). Annual Research Review: On the relations among self-regulation, self-control, executive functioning, effortful control, cognitive control, impulsivity, risk-taking, and inhibition for developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology Psychiatry*, *58*(4), 361-383. doi:10.1111/jcpp.12675
- Nyberg, L. (2009). *Kognitiv neurovetenskap, studier sambandet mellan hjärnaktiviteter och mentala processer* (2:2). Lund: Studentlitteratur.
- Reynolds, B., Ortengren, A., Richards, B. J., & de Wit, H. (2006). Dimensions of impulsive behavior: personality and behavioral measures. *Personality and Individual Differences*, *40*(2), 305-3015. doi:10.1016/j.paid.2005.03.024

Rougier, P. N., Noelle, C. D., Braver, S. T., Cohen, D. J., & O'Reilly, C. Randall. (2005). Prefrontal cortex and flexible cognitive control: Rules without symbols. *Pnas*, *102*(20), 7338-7343.

doi:10.1073pnas.0502455102

Rueda, R. M., Posner, I. M., & Rothbart, K. M. (2005). The development of executive attention: contributions to the emergence of self-regulation. *Developmental Neuropsychology*, *28*(2), 573-594. doi:10.1207/s15326942dn2802_2

doi:10.1207/s15326942dn2802_2

Schmitt H., Kray J. (2015). Cognitive Control and Self-Regulation. In: Pachana N. (eds) Encyclopedia of Geropsychology. Singapore: Springer.

Sesia, T., Bulthuis, V., Tan, S., Lim, W. L., Vlamings, R., Blokland, A., Steinbush, W.M. H., Sharp, ... Temel, Y. (2010). Deep brain stimulation of the nucleus accumbent shell increases impulsive behavior and tissue levels of dopamine and serotonin.

Experimental Neurology, *225*(2010), 302-309. doi:10.1016/j.expneurol.2010.06.022

Kaller, P. C., Unterrainer, M. J., Kaiser, S., Weisbrod, M., Debelak, R., & Aschenbrenner, S. (2011).

Schuhfried. Hämtad 2019-04-22 från <http://www.neuromite.com.au/wp-content/uploads/2015/11/Executive-Planning-Technical-Manual.pdf>

Phillips, L. H., Wynn, V. E., McPherson, S., & Gilhooly, K. J. (2001). Mental planning and the tower of London task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *54*(1), 579-597.

doi:10.1080/713755977

Psychology today. (2019). Self-control. Hämtad 2019-02-23 från [https://](https://www.psychologytoday.com/us/basics/self-control)

www.psychologytoday.com/us/basics/self-control

Psykologiguiden. (2019). Psykologi lexikon. Hämtad 2019-04-17 från

<https://www.psykologiguiden.se/psykologilexikon?Lookup=kognitiv%20neurovetenskap>

Psytoolkit. (2018). Go/no go task. Hämtad 2019-04-24 från

<https://www.psytoolkit.org/experiment-library/go-no-go.html>

Teffer, K. & Semendeferi, K. (2012). Human prefrontal cortex: evolutions, development, and pathology. *Progress in Brain Science*, 195(), 191-2018. doi:10.1016/B978-0-444-53860-4.00009-X

Tower of London test. (2019, 29 January). *Tower of London test*. Hämtad 2019-04-22 från https://en.wikipedia.org/wiki/Tower_of_London_test

Wagner, D. D., Altman, M., Boswell, G. R., Kelley, M. W., & Heatherton, F. T. (2013). Self-Regulatory Depletion Enhances Neural Responses to Rewards and Impairs Top-Down control. *Psychological Science*, 24(11), 2262-2271. doi:10.1177/0956797613492985.

Winstanley, A. C., Theobald, E. H. D., Cardinal, N. R., & Robbins, W. T. (2004). Contrasting roles of basolateral amygdala and orbitofrontal cortex in impulsive choice. *The Journal of Neuroscience*, 24(20), 4718-4722. doi:10.1523/JNEUROSCI.5606-03.2004

Yuan, P., & Raz, N. (2014). Prefrontal Cortex and Executive Functions in Healthy Adults: A Meta-Analysis of Structural Neuroimaging Studies. *Neuroscience Behavior Review*, 0(2014), 180-192. doi:10.1016/j.neubiorev.2014.02.005