

MINDFULNESS, MEDITATION OG HJERNEPROCESSER

Klaus B. Bærentsen

Meditation er en klassisk spirituel praksis, rettet mod at bringe sindet i ro. I artiklen rapporteres en undersøgelse af hjerneprocesser under meditation med anvendelse af fMRI. Formålet er at identificere og karakterisere hjerneprocessernes forløb under skiftet fra normal hvile til meditation og under kontinuert vedvarende meditation. Under skiftet til meditation blev der fundet øget aktivitet i hjerneområder, som er involverede i regulering af strukturerede aktiviteter, og mindsket aktivitet i områder af cortex, som er af stor betydning for selvrelateret opmærksomhed. I scanninger af skiftet fra hvile til meditation, kontinuert meditation, almindelig hvile og fingertapning blev identificeret komponenter af hjerneprocesser, som kendes fra undersøgelser af hvile. Komponenterne udviser forskellige mønstre af skiftende indbyrdes korrelation under de forskellige bevidsthedstilstande. På baggrund af undersøgelsens resultater fremsættes den hypotese, at hjerneprocesser under meditation ikke primært er karakteriserede ved, at specifikke dele af hjernen er særlig aktive, men ved at hjernens processer som helhed udviser en særlig dynamik.

Indledning

Meditation er en ældgammel spirituel praksis, der sigter mod at udvikle en særlig bevidst opmærksomhed og i videre perspektiv en harmonisk livsform. Meditation er blevet udforsket videnskabeligt, bl.a. mhp. mulige positive helbredsfræmmende effekter (se fx Baer, 2003, 2009; Ospina et al., 2007). Meditation er endvidere blevet undersøgt med diverse adfærds- og neurovidenskabelige metoder mhp. at kortlægge psykobiologiske virkemekanismer og effekter (se fx Cahn & Polich, 2006; Ivanovski & Malhi, 2007; Neumann & Frasch, 2006; Newberg & Iversen, 2003).

Den foreliggende undersøgelse af hjerneprocesser under meditation er gennemført med anvendelse af fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) og hører dermed til inden for det neurovidenskabelige felt. Den er funderet i teorier om dynamiske funktionelle hjernesystemer (jf. Anokhin, 1969; Edel-

man & Tononi, 2000; Freeman, 2000; Leontjev, 1983; Luria, 1973, 1980). Undersøgelsen vedrører meditation i et "tilstandsperspektiv" til forskel fra et "træk-perspektiv" (jf. Cahn & Polich, 2006), dvs. den beskæftiger sig med de neurale processer under meditation i en afgrænset situation og ikke de mere langsigtede adfærds- og personlighedsmæssige forhold og konsekvenser knyttet til udøvelsen af meditation gennem længere tidsrum. Specifikt fokuseres der på hjerneprocesser under skiftet fra almindelig afslapning til meditation (i det følgende betegnet som meditation start) samt under vedvarende opretholdelse af meditationstilstanden i en temporalt afgrænset situation (kontinuert meditation).

Klassisk forståelse af meditation

Meditation er psykologisk set rettet mod at bringe sindet i ro. I Patanjalis klassiske analyse af yoga (synonym for meditation og koncentration) defineres meditation som "kontrol af sindets fluktuationer", som en bestræbelse rettet mod at "udslukke sindets fluktuationer eller forskellige former." Når sindets fluktuationer er under kontrol, og sindet er koncentreret i meditation, "hviler sindet (selvet) i sig selv, og den rene opmærksomhed kan forblive i sin egen natur." Denne tilstand står i kontrast til en "normal" ukontrolleret og ukoncentreret bevidsthedstilstand, hvor selvet (sindet, opmærksomheden) identificerer sig selv med de fluktuerende former i bevidstheden (se Hartranft, 2003; Haughton Woods, 2003; Patanjali, 1968; 2008¹).

Patanjali opridser fem forskellige typer af "fluktuationer", som tilsammen omfatter stort set hele det område af almindelige psykiske og bevidsthedsmæssige fænomener, som moderne psykologi beskæftiger sig med. Ifølge Patanjali findes: 1) *veridikal erkendelse*: korrekte erkendelser på basis af direkte observationer, korrekte logiske slutninger og verbal kommunikation; 2) *misforståelser og fejltagelser*: misperception, falske forestillinger og fejlagtig viden som ikke er i overensstemmelse med virkeligheden; 3) *forestillinger*: fantasier som er frembragt af ord, og som ikke er forbundet med virkelige ting; 4) *søvn*: dyb søvn som er en tom oplevelse (negation af de andre fluktuationer); 5) *hukommelse*: fastholdelsen af tidligere oplevelser (inklusive drømme).

Udslukning af fluktuationerne opnås, ifølge Patanjali, gennem beslutsom og vedholdende praktisk udøvelse af meditation og gennem opøvelse af ikke-tilknytning til sensoriske oplevelser, dvs. ophævelse af afhængigheden af sensoriske stimuli og vurdering af dem. Det bør bemærkes, at Patanjali taler om *praktisk*, dvs. legemlig-praktisk, udøvelse af meditation, og at der mht.

1 Oversættelser af Patanjalis tekst er ikke enslydende. Ordvalget i citaterne fra Patanjali udgør en tolkning af indholdet i flere af oversættelserne.

opøvelse af ikke-tilknytning til sensoriske oplevelser ikke nødvendigvis er tale om askese, men netop *uafhængighed*, dvs. *frihed fra bindingen til sensoriske oplevelser*.

Yoga eller meditation defineres altså som en særlig form for mestring (eliminering) af sindets fluktuationer, som opnåelse af en stabil koncentration af opmærksomheden og ikke-tilknytning til sensoriske oplevelser.

Meditation som virksomhed

Set fra en moderne psykologisk synsvinkel kan meditation forstås som en legemlig-praktisk virksomhed på linje med andre menneskelige virksomheder, der tilsammen udgør menneskers liv. "Det menneskelige liv ... er indbegrebet, eller mere præcist systemet af virksomheder, der til stadighed afløser hinanden" (Leontjev, 1983, p. 85 ff.). Meditation er en motiveret, målrettet, legemlig praktisk virksomhed, som udføres under konkrete betingelser, og ligner derved andre menneskelige virksomheder. Meditation adskiller sig først og fremmest fra andre motiverede virksomheder ved, at den legemlig-praktiske aktivitet typisk består i *ikke* at foretage sig noget ydre, og derved at målsætningen er *ikke* at forholde sig til de indre eller ydre impulser, som dukker op i bevidstheden, men derimod, som omtalt, at opretholde en koncentreret ikke-evaluerende opmærksomhed.

Meditation kan være motiveret af forskellige behov og faktorer, det være sig religiøse, filosofiske, erkendelsesmæssige, helbredsmæssige eller andre. Motivet for at dyrke meditation udstikker langsigtede målsætninger, som har konsekvenser for den måde, meditationen udøves på, og de resultater, som evt. opnås på længere sigt. I denne undersøgelse er formålet ikke at undersøge langsigtede aspekter og konsekvenser, men at belyse meditationens aktualgenetiske forhold, dvs. hvad der sker i et kortvarigt situationelt perspektiv.

Selvom det ikke altid behøver være sådan, kan målsætningen i en konkret meditationsproces beskrives som det at opnå en vågen og fokuseret opmærksomhed, der ikke rives med af de impulser, som dukker op i bevidstheden fra forskellige indre eller ydre kilder.

Meditationsvirksomheden kan fx realiseres ved at man sætter sig ned i en behagelig og afslappet stilling og opretholder en koncentreret vågen opmærksomhed. For at opnå dette kan man med sin vilje rette opmærksomheden mod et objekt, et symbol, et mantra, en bøn, mod åndedrættet eller mod ingenting og forsøge at undlade at tænke, blot lade indtryk komme og gå uden reaktion, afvisning eller fastholdelse. Når man opdager, at man

trods alt er blevet distraheret, skal man vende tilbage til den koncentrerede opmærksomhed uden tanker eller forstyrrelser.

Koncentrativ meditation vs. mindfulness

Inden for psykologien skelnes der ofte mellem koncentrativ meditation og afslapningsmeditation, hvor mindfulness henregnes til den sidste form (se fx Dunn et al., 1999, Lutz et al., 2008). Der er dog ikke tale om principielt forskellige og adskilte klasser af aktiviteter, men derimod en analytisk og beskrivelsesmæssig accentuering af forskellige facetter ved meditation, som gensidigt betinger hinanden, og som ultimativt sigter mod den samme målsætning. I træningen for mindfulness-meditation indgår der således teknikker fra koncentrativ meditation, ligesom evnen til at lade indtryk komme og gå uden at vende opmærksomheden mod dem udgør en del af teknikken i koncentrativ meditation.

I koncentrativ meditation fokuseres sindet på et objekt, et symbol, et mantra eller en anden materiel eller ideel entitet, mens alle andre indtryk eller erindringer, der måtte dukke op i bevidstheden, søges ignoreret som distraktioner. I mindfulness-meditation tilstræbes en åben opmærksomhed over for hvad som helst, der måtte dukke op i sindet i et givent øjeblik. Alle sensoriske indtryk, erindringer og associationer lades passere gennem sindet uden at vende opmærksomheden mod nogen af dem. I begge tilfælde er målsætningen at opdage, genkende og nå frem til at identificere sig med den underliggende sindstilstand, som indtrykkene passerer igennem. Ambitionen er, at den mediterende ved at identificere sig med det formløse medium for sindets fluktuationer overskrider distinktionen mellem observatøren, det observerede og observationsprocessen. I begge tilfælde er målet at opnå en balanceret sindstilstand af uforstyrret koncentration. I denne forstand er det, der beskrives som "koncentration" af Patanjali (jf. Patanjali, I. bog § 41 og § 51) den samme tilstand, som af Lutz et al., (2008, p. 164) omtales som "den 'ubesværede' opretholdelse af årvågenhed uden eksplicit selektion", og i begge tilfælde forstås de beskrevne tilstande som meditation.

Meditation og skiløb

Hvad angår den konkrete målsætning og praktiske metode kan meditationsaktiviteten, til en vis grad, sammenlignes med skiløb. Man skal altid være varsom med denne art metaforiske sammenligninger, og det er på ingen måde hensigten at påstå, at meditation ikke indeholder aspekter, som rækker ud over de, som fremhæves i det følgende.

En skiløber, som bevæger sig ned ad en skråning, bliver undervejs først og fremmest drevet fremefter af tyngdekraften, selvom skistavene måske af og

til tages i brug. Under løbet må skiløberen koncentrere sig om at holde balancen og retningen, styre uden om evt. forhindringer, klare de udfordringer som løjpens eller terrænets udformning byder på og udnytte de muligheder, som viser sig i fht. en vellykket udførelse af de manøvrer, som skal gennemføres undervejs. Hvis skiløberen bevæger sig på en vanskelig løjpe, i et slalom- eller styrtløb, ved skihop eller fx "offpiste" i råt terræn på en bjergside, forudsætter en vellykket gennemførelse af løbet en opretholdelse af koncentration og balance.

De bevægelser og manøvrer, som dygtige skiløbere udfører, kan forekomme fantastiske eller endda naturstridige. I realiteten kan de dog ikke stride mod naturens lovmæssigheder. Vi kan derfor være sikre på, at når det lykkes at udføre de fantastiske manøvrer, skyldes det ikke brud på naturlovene, men tværtimod skiløberens praktiske indsigt i og udnyttelse af fysikkens love. Vi kan ligeledes regne med, at når det mislykkes, er det, fordi beherskelsen glipper, så kroppen kommer ud af balance og bliver kastet rundt af de ofte voldsomme kræfter, som er i sving under løbet.

En dygtig skiløber må besidde evnen til maksimal koncentration parret med maksimal åbenhed over for de øjeblikkelige sensoriske indtryk og impulser, som løbende informerer om de krav og muligheder, som terrænet frembyder. For at forehavendet skal lykkes, er det nødvendigt, at opmærksomheden ikke bliver fanget af eller dvæler ved disse indtryk, at de ikke giver anledning til intellektuelle overvejelser over, om det ene eller det andet ben skal flyttes, om landskabet er pænt eller andre lignende forhold. Evnen til at udføre fantastiske præstationer er resultat af en kombination af talent og intensiv træning, hvor koncentration, sensitivitet og reaktionsevne bliver opøvet.

Skiløberens aktiviteter er fysiske og foregår i et ydre fysisk terræn, hvori- mod det er et indre-psykisk "terræn", den mediterendes aktiviteter udfolder sig i, og de forløber ikke som kropsbevægelse, men som sindsbevægelse, og de kræfter, som udløses, er psykiske. For så vidt denne forskel tages i betragtning, findes der imidlertid en række fællestræk ved de to aktiviteter, som skitseret i tabel 1.

Tabel 1. Meditation sammenlignet med skiløb	
Skiløb	Meditation
<i>Lokalitet:</i> Ydre fysisk terræn.	<i>Lokalitet:</i> Oplevelsen og den samlede livserfaring som indre terræn.
Tyngdekraften er den <i>primære drivkraft</i> . Skaber i samspil med terrænets udformning og løbets målsætning dynamikken i bevægelsen.	Livsprocesserne er den <i>primære drivkraft</i> , som sammen med øjeblikkelige påvirkninger og mere eller mindre ubevidste potentialer og evt. problematiske livserfaringer aflejret i den mediterendes sind (vaner, motivationelle tendenser og komplekser) skaber dynamikken i oplevelsen.
<i>Opgave:</i> At mestre terrænets udfordringer og forhindringer.	<i>Opgave:</i> At mestre oplevelsens (livserfaringens) udfordringer og forhindringer.
At opretholde en årvågen koncentreret opmærksomhed.	At opretholde en årvågen koncentreret opmærksomhed.
At overskue situationen og holde den fysiske balance (holde massemidtunktets bevægelser stabile) så kroppens bevægelse ikke udvikler sig til en turbulent kaotisk dynamik, men beskriver en harmonisk bane.	At overskue den umiddelbare livssituation og opretholde sindslige vægten uden at ydre påvirkninger og indre tendenser bringer sindet ud af ligevægt og koncentration, så oplevelsen "kastes" rundt af dem (sindets fluktuationer).
Undlade at tænke, lade kroppen selv om de udførelsesmæssige detaljer.	Undlade at tænke, lade indtryk komme og forsvinde af sig selv.
At kende, være ét med og beherske de fysiske kræfter.	At kende, være ét med og beherske de psykiske kræfter.

Undersøgelsens problemstilling

Meditation undersøges her som et sensomotorisk procesforløb, der udføres af virkelige, levende og sansende personer af kød og blod i temporalt afgrænsede situationer. Forståelsen af meditation som en særlig afbalanceret, koncentreret og åben opmærksomhed, der ikke forstyrres af øjeblikkets impulser, implicerer, at det neurale grundlag for meditationstilstanden må anses for at være en åben dynamisk flydeligevægtstilstand, ikke en ubevægelig stilstand i et lukket system. Som en reel kropslig aktivitet er meditation dog speciel, ved at kroppen normalt søges holdt helt i ro, og der er derfor ikke et umiddelbart måleligt adfærdsresultat, der kan anvendes som indikator for evnen til at "holde balancen". Vi må i stedet forlade os på undersøgelsesdeltagernes beretning om, at de mediterer.

Ved undersøgelser af andre sensomotoriske aktiviteter, fx kropsbalance (Bertenthal, 2007) og pistolskydning (Arutyunyan, 1968, 1969) er adfærdens resultater ydre objektivt målbare fænomener (kroppens positur og bevægelser, skuddenes placering på målskiven), som de neurale processer kan sammenlignes med. Det har her vist sig, at en høj stabilitet i de opnåede resultater kun hos lidt øvede opnås ved, at kropsmuskulaturens aktivitet mindskes, mens den hos fx mesterskytter går hånd i hånd med øget kompensatorisk aktivitet. Opretholdelsen af en stabil balance i bevægelsen

sker ved en løbende kompensatorisk tilpasning af musklernes spænding og aktiviteter til de uforudsigelige påvirkninger, som kroppen udsættes for fra forskellige kilder.

Ved undersøgelse af meditation findes som omtalt ikke et tilsvarende umiddelbart måleligt adfærdsresultat. Det kan derfor være svært at afgøre, om et lignende forhold mellem adfærdsmæssig stabilitet og neural kompensatorisk aktivitet gør sig gældende (se dog Guo & Pagnoni, 2008).

Målsætningen for nærværende undersøgelse er at karakterisere og forstå den dynamik i hjerneaktiviteterne, som understøtter skiftet til og opretholdelsen af meditation. Undersøgelsen har to dele, som er inspireret af overvejelser hos Travis et al. (1999). De skelner mellem det, de betegner som en “neural switch”, der effektuerer skiftet fra normal bevidsthedstilstand til meditation, og det, de betegner som en “homeostatic threshold regulation mechanism”, der opretholder en afslappet sindstilstand under meditationen.

Det vil dels blive undersøgt, hvilke hjerneområder som er involveret under meditation, og dels hvorledes de interagerer med hinanden. Helt specifikt vil det blive undersøgt, hvordan aktiviteterne i forskellige områder af hjernen er korrelerede med hinanden i løbet af processen.

På trods af deres grundlæggende fællesskab vil forskellige former for meditation, i kraft af deres specifikke teknikker, fremtræde som forskellige, når de gøres til genstand for neurovidenskabelig undersøgelse. Det er derfor ikke hensigten at påstå, at de her fremlagte resultater umiddelbart kan anvendes som karakteristisk af andre konkrete former for meditationsudøvelse.

Andre undersøgelser af meditation

Undersøgelser, der er udført med PET, SPECT eller fMRI, kan sammenlignes med den foreliggende. Mere udførlig omtale af disse kan findes i (Bærentsen et al., 2010; Cahn & Polich, 2006; Ivanovski & Malhi, 2007; Neumann & Frasch, 2006). Undersøgelser af ændringer i hjernens anatomiske struktur som følge af længerevarende udøvelse af meditation er skildret af fx Hölzel et al. (2011).

De fleste neurovidenskabelige undersøgelser har forsøgt at finde anatomiske hjerneområder med øget eller mindsket aktivitet under meditationstilstanden sammenlignet med diverse andre bevidsthedstilstande. Fokus har ikke været på de neurale processers forløb, men på deres lokalisering. Resultaterne har været divergerende og i en vis udstrækning indbyrdes modstridende. Dette kan skyldes en række forskellige faktorer: arten af meditation, der er undersøgt, antallet af undersøgte personer og deres forskellige niveau

af ekspertise, arten af de andre psykiske tilstande, som meditation er sammenlignet med og ikke mindst længden af det tidsrum, hvor meditation er blevet scannet.

Undersøgelser af korte meditationsperioder kan sammenlignes med nærværende undersøgelse af skiftet mellem hvile og meditation (*meditation start*), mens undersøgelser af længerevarende meditation kan sammenlignes med undersøgelsen af *kontinuert meditation*.

Overgangen mellem hvile og meditation er bl.a. undersøgt med fMRI af Brefczynski-Lewis et al. (2007), Farb et al. (2007) og Hölzel et al. (2007b). I disse undersøgelser blev der fundet *øget aktivitet under meditation* i områder af hjernen, som er involveret i kontrol af adfærd og opmærksomhed, situationsopfattelse og regulering af kropsprocesser: dvs. diverse afsnit af frontale cortex: orbitale, superiore mediale og laterale prefrontal cortex; i inferiore og andre dele af parietale cortex, det sekundære somatosensoriske cortex; viscerosomatiske områder, bl.a. insula; i inferiore temporallap; laterale occipitale områder; cerebellum; samt thalamus og basalganglierne (bl.a. putamen). Omvendt blev der fundet *mindsket aktivitet under meditation* i områder af hjernen, som er involveret i kontrol af adfærd og opmærksomhed, situationsopfattelse og regulering af kropsprocesser: dvs. i diverse frontale områder, bl.a. mediale; bilateralt i anteriore afsnit af temporallapperne; i parietale og occipitale områder samt i cerebellum.

Meditation over lidt længere tidsrum er blevet sammenlignet med forskellige andre tilstande, hvorved der er fundet *øget aktivitet* i områder af prefrontal cortex, bl.a. dorso-lateral prefrontal cortex (DLPFC) og anterior cingulum (ACC), i parietal cortex, hippocampus og dele af basalganglierne. Nogle studier har fundet *mindsket aktivitet* i hjerneområder, der til dels overlapper dem, som har vist *øget aktivitet* i andre undersøgelser, fx DLPFC og ACC, samt områder i parietal cortex. (Baron Short et al., 2007; Guo & Pagnoni 2008; Jevning et al., 1996; Lazar et al., 2000; Kjaer et al., 2002; Lou et al., 1999, 2005; Newberg et al., 2001, 2003; Newberg & Iversen, 2003; Pardo et al., 1991; Raffone et al., 2007)

Opsummerende kan det konstateres, at der er fundet aktiveringer i forskellige dele af hjernen, men forskellige undersøgelser har ikke fundet aktiveringerne lokaliseret de samme steder. Bortset fra basalganglierne, thalamus og cerebellum er der endvidere fundet deaktiveringer spredt i de samme dele af hjernen, om end ikke altid præcis de samme steder som aktiveringerne blev fundet.

Kun en enkelt undersøgelse har haft fokus på meditation som procesforløb (Guo & Pagnoni, 2008). I denne undersøgelse fandt man, at bestemte kom-

ponenter af hjerneprocesser udviste særlige temporale karakteristika hos udøvere af meditation ift. kontrolpersoner, og at dette var kombineret med en bedre og mere fleksibel opmærksomhedskontrol hos dem, som udøvede meditation.

1. Metode

I nærværende undersøgelse anvendtes BOLD fMRI (Blood Oxygenation Level Dependent functional Magnetic Resonance Imaging), der kan registrere lokale ændringer af iltindholdet i blodet forskellige steder i hjernen. Disse variationer afspejler ændringer i de neurale aktiviteter under det viljesmæssige skifte fra normal bevidsthed til meditation og under vedvarende opretholdelse af en meditativ tilstand. Som kontroltilstande anvendtes fingertapning og hvile.

1.1. Forsøgspersoner

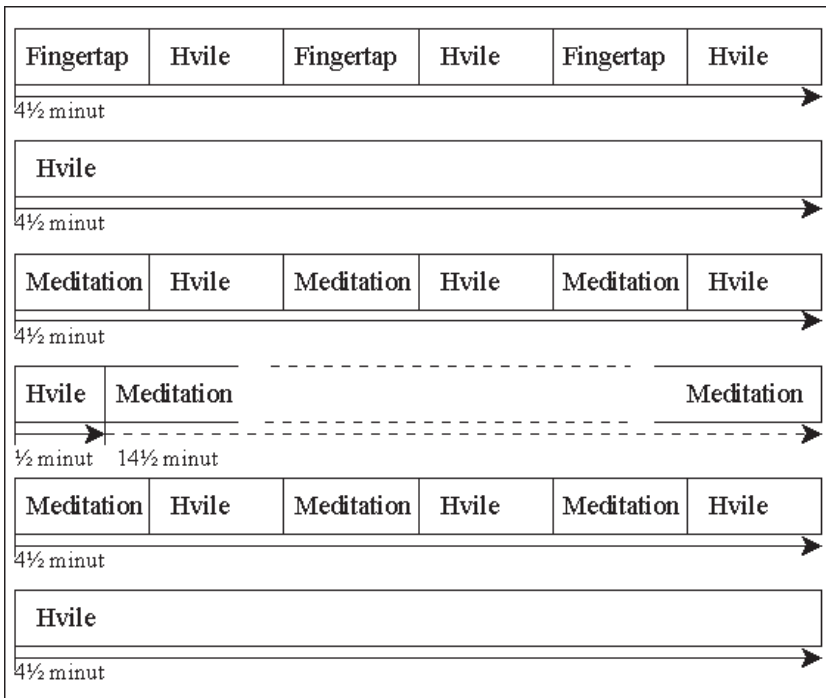
De mediterende, som deltog i undersøgelsen, var 11 kvinder og 11 mænd i alderen 24-61 år (gennemsnit 44.1 år, s.d. 11.2 år). Alle deltagerne hørte til to danske meditationsskoler, der bl.a. var inspireret af yoga og tibetansk tantrisk buddhisme. Omfanget af erfaring med meditation varierede fra 1.5 til 25 år (gennemsnit 11.7 år, s.d. 6.7 år). Alle havde mediteret systematisk mindst 1 år forud for undersøgelsen, hvor de mediterede i overensstemmelse med deres skoles tradition og anvendte specielle tematiske mantraer, frembragt til lejligheden af de respektive lærere.

I den del af undersøgelsen, som vedrører *meditation start*, deltog endvidere 9 personer fra en tredje meditationsgruppe, så der her i alt deltog 14 kvinder og 17 mænd. Alle andre omstændigheder var de samme, bortset fra at gennemsnitsalderen i gruppen var 45 år, og det gennemsnitlige niveau af erfaring med meditation var 11 år i denne del af undersøgelsen.

I den første SPM2 analyse af *meditation start*, (igangsætning af meditation) indgår samlet 60 scanninger. I de øvrige analyser indgår i *fingertapning*: 23 scanninger; *hvile 1*: 23; og *hvile 2*: 21 scanninger. *Meditation start 1*: 23; *meditation start 2*: 21 scanninger og *kontinueret meditation*: 21 scanninger.

1.2. Scanning

Deltagerne blev scannet 6 gange i løbet af en session, der samlet varede op mod en time. Forløbet var som følger: 1) *fingertapning*, 2) *hvile 1*, 3) *meditation start 1*, 4) *kontinuert meditation*, 5) *meditation start 2* og 6) *hvile 2*. Scanninger af fingertapning, almindelig afslappet hvile og meditation start varede hver 4½ minut. Kontinuert meditation omfattede ½ minut hvile efterfulgt af 14½ minut meditation. Fingertapning og meditation start-scanningerne fulgte et standard repeteret blok design, hvor 45 sekunders epoker med opgave (fingertap hhv. meditation) vekslede med 45 sekunders epoker med almindelig hvile (se figur 1).



Figur 1: Eksperimentelt design for scanningsundersøgelse af meditation.

Scanningerne foregik på MR-centret, Århus Universitetshospital, Skejby i en GE Signa 1.5 T scanner (Gradient EPI, TE = 40 msek., TR = 3.5 sek., 34 eller 35 aksiale slices); (se Bærentsen et al., 2010, p. 61 for yderligere detaljer).

1.3. Databehandling

Den statistiske databehandling blev udført med to forskellige typer af programmer. For det første SPM (Statistical Parametric Mapping) mhp. at finde hjerneområder, som spiller en særlig rolle ved skiftet mellem hvile og meditation. Data fra scanninger af meditation start blev analyseret med *SPM2* (Institute of Neurology, London, UK; se Frackowiak et al., 2004; Friston et al., 1994); kontinuert meditation med *SPM5* (Institute of Neurology, London, UK; Friston, 2007; se også <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>).

Den anden metode, ICA (Independent Component Analysis) anvendtes for at finde typiske aktivitetsmønstre i grupper af funktionelle hjerneområder (komponenter) i løbet af meditationen. I forlængelse heraf blev der gennemført en analyse af korrelationer mellem de fundne komponenter. Analyserne af hjerneprocessernes temporale dynamik blev gennemført med anvendelse af uafhængig komponent analyse-metode (PICA – Probabilistic Independent Component Analysis; *FSL 4.0*, *MELODIC 3.05*; se Beckmann et al., 2004, 2005a, 2005b, se også www.fmrib.ox.ac.uk/fsl). En mere udførlig beskrivelse af databehandlingen kan ses i Bærentsen et al. (2010, p. 60 ff.).

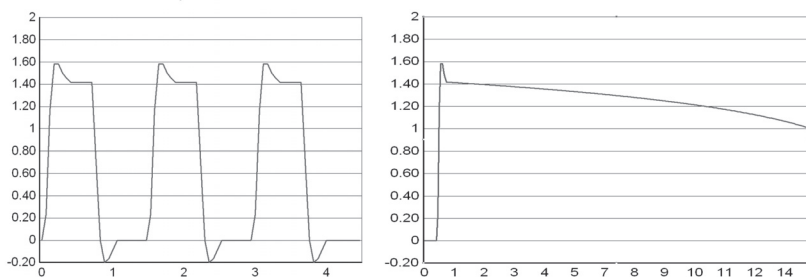
Efterfølgende blev der identificeret sæt af komponenter, der, i så høj grad som muligt, svarer til komponenter, der karakteriserer hjernen under almindelig hvile (Resting-State Networks – RSN; jf. Beckmann et al., 2005b, Fox et al., 2005, Smith et al., 2009).

De identificerede komponenters anatomiske lokaliseringer blev fundet ved hjælp af *Talairach Daemon* efter konvertering af MNI-kordinater til Talairach-systemet (Lancaster et al., 2000, 2007; Talairach & Tournoux, 1988; se også <http://www.talairach.org/>).

RSN-komponenterne blev herefter analyseret mhp. deres temporale overensstemmelse med de eksperimentelle design for de tilsvarende scanninger (se figur 2) og endelig mellem RSN-komponenterne indbyrdes.

2. Resultater

I det følgende beskrives, hvor i hjernen der blev fundet øget eller mindsket aktivitet under skiftet fra hvile til meditation samt under kontinuert meditation.



Figur 2: Kurver som illustrerer de idealiserede BOLD respons tidsserier, der blev anvendt som modeller for analyse af RSN-komponenters temporale korrelation med de eksperimentelle design. Kurven til venstre svarer til de epokerelaterede design i fingertapping og meditation start. SPM2-analysen af meditation start-scanningerne anvendte en tilsvarende, men mere avanceret regressor. Kurven til højre viser den model, som anvendtes ved analysen af kontinuert meditation. En lidt ændret version af sidstnævnte blev også anvendt ved analyse af hvile-scanninger. X-aksen viser scanningstid (minutter), mens Y-aksen viser BOLD signalstyrke (vilkårlige enheder).

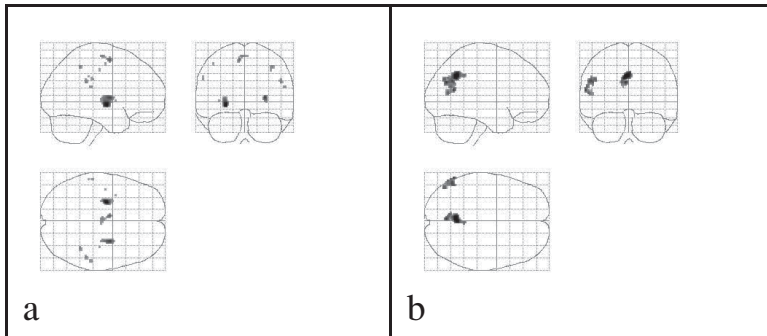
2.1. Analyser af aktiveringer og deaktiveringer

2.1.1. Meditation start

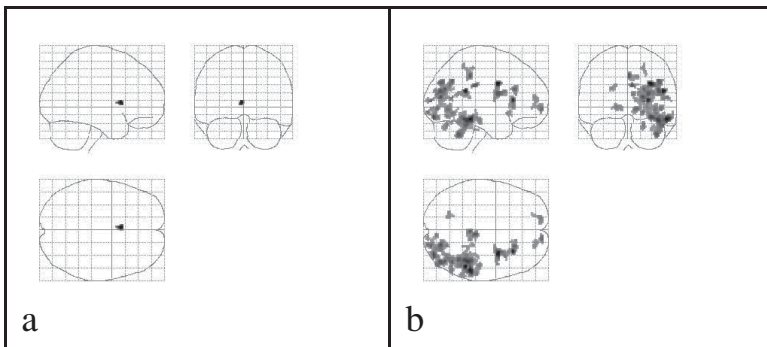
I SPM2-analyser af meditation start blev der fundet øget aktivitet under meditation bilateralt i basalganglierne (putamen strækkende sig ind i globus pallidus externa); i det supplerende motoriske cortex (Brodmanns område, BA 6; jf. Brodmann, 1985); i primært somatomotorisk cortex (BA 4) samt i den inferiore parietallap (BA 40). I højre hemisfære blev der fundet øget aktivitet i insula. Omvendt var der under meditation mindsket aktivitet bilateralt (mest i højre hemisfære) i mediale occipital- og parietallap, precuneus, posterior cingulum (BA 19, 7 og 31) samt i overgangen mellem det parietale og temporale område af cortex ved (BA 22, 39). Aktiveringer og deaktiveringer er illustreret i fig. 3.

2.1.2. Kontinuert meditation

I en SPM5-analyse af kontinuert meditation blev der fundet øget aktivitet i den forreste del af nucleus caudatus ("hovedet"), mens der sås omfattende deaktiveringer i hovedsagelig hvid substans i højre hemisfære, først og fremmest det posteriore occipito-parieto-temporale område samt i frontalapperne (se fig. 4). Disse deaktiveringer var mest udtalte i insula (BA 13), precentral gyrus (BA 6) samt gyrus temporalis medius (BA 20). Mere



Figur 3: Meditation start. **a.** Områder med øget signal under meditation. **b.** Områder med mindsket signal under meditation (SPM2, Random Effects analyse, FWE korrigeret, $p < 0.05$ tosidet t-test).

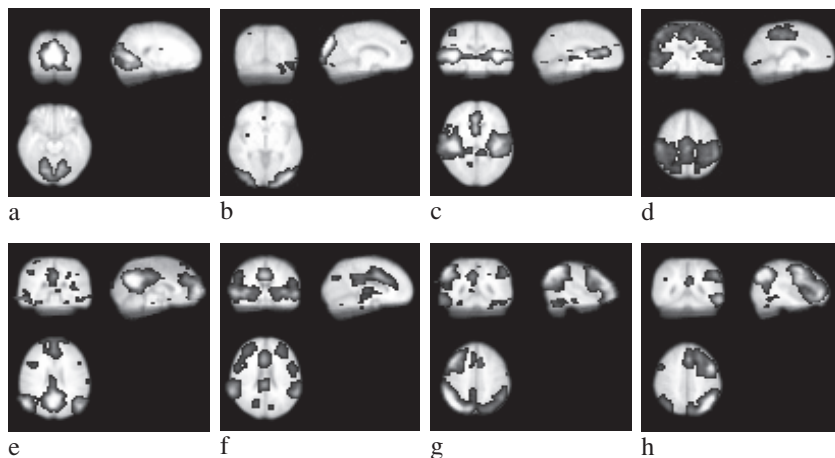


Figur 4: Kontinueret meditation. **a.** Områder med øget signal under meditation. **b.** Områder med mindsket signal under meditation (SPM5, Random Effects analyse, ukorrigeret for multiple sammenligninger, $p < 0.001$ tosidet t-test).

detaljerede oplysninger om resultater fra de to SPM-analyser kan findes i Bærentsen et al. (2010).

2.2. Hjerneprocesser under meditation og andre tilstande

Med ICA blev der i data fra alle scanninger identificeret distinkte komponenter af hjerneprocesser. Otte af disse kendes fra undersøgelser af hjernens hviletilstand og omtales derfor i det følgende som RSN (Resting State Networks; Beckmann et al., 2005; Smith et al., 2009). Disse RSN blev udvalgt til videre analyse. Figur 5 viser de bedste eksempler fra forskellige scanninger i det samlede materiale. I figur 6 vises eksempler på udvalgte komponenters temporale forløb.

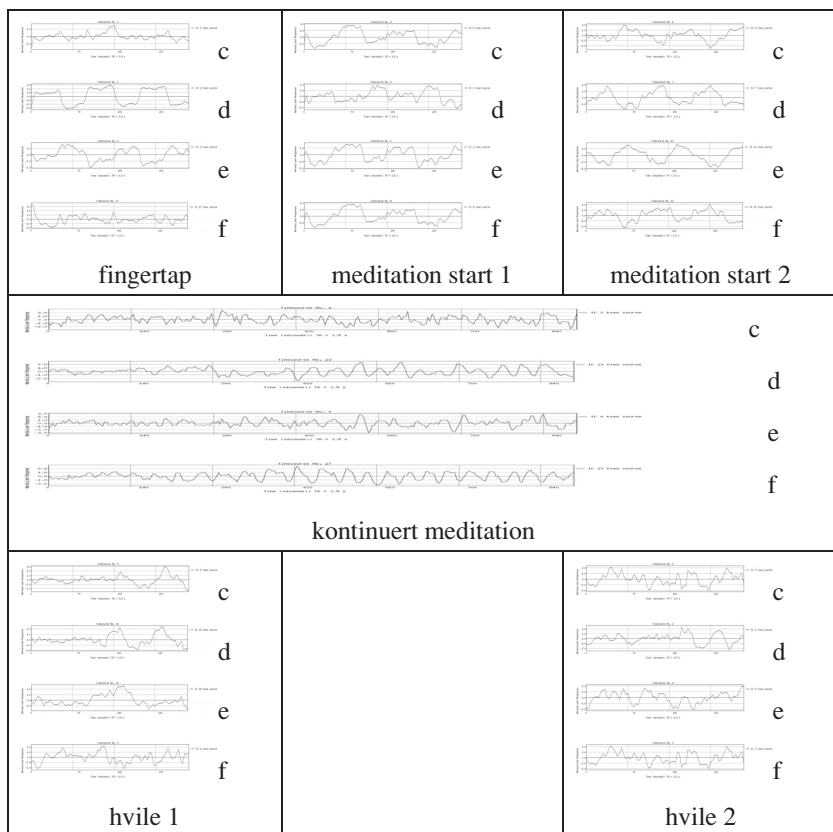


Figur 5: Funktionelle hjerneområder identificeret med ICA. De funktionelle netværk (RSN) udviser koordineret aktivitet under hvile. Betegnelserne a-h følger klassifikationen (Beckmann, 2005b). Eksemplerne er taget fra forskellige scanninger og vises i radiologisk projektion (højre hemisfære er til venstre på billederne). RSN a-c er fra scanning af kontinuert meditation. RSN d-e fra 2. scanning af hvile, mens RSN f-h er fra en kombineret analyse af 1. og 2. hviletilstand. a) Primære visuelle cortikale områder. b) Sekundære visuelle cortikale områder. c) Auditive og andre højere-ordens sensoriske og sproglaterede cortikale associative områder. d) Centrale sensomotoriske områder. e) Selvrelateret visuo-spatialt monitoreringssystem; ("default mode network"). f) Eksekutiv, emotionel og perceptuel kontrol af adfærd. g) Visuo-spatial kognitiv opmærksomhedssystem i højre hemisfære. h) Visuo-spatial kognitiv opmærksomhedssystem i venstre hemisfære. Se i øvrigt forklaring i teksten.

RSN a) det primære visuelle system, som er involveret i simple analyser af visuelle input. Er lokaliseret i de mediale afsnit af occipital cortex. **RSN b) sekundære visuelle områder**, som er involveret i visuo-spatial opmærksomhed og analyser af mere komplekse karakteristika i visuelle input. Er lokaliseret i mere laterale områder af occipital cortex.

RSN c) det auditive sproglaterede system, der er involveret i auditive og højere-ordens kognitive processer, aktiv tale og auditiv perception. Er lokaliseret i mediale frontale, superiore temporale og parietale cortex samt insula og thalamus.

RSN d) sensomotorisk system, involveret i kontrol af sensomotoriske aktiviteter, kropssansning og perception. Er lokaliseret i centrale sensomotoriske cortex samt præmotorisk og supplerende motoriske cortex.



Figur 6: Eksempler på temporale forløb for RSN c), d), e) og f) i scannerne af forskellige opgaver.

RSN e) selvrelateret visuo-spatial opmærksomhed. Er involveret i løbende overvågning af, om der sker noget, som er relevant for en selv, og ukontrollerede selvrelaterede tanker, som forekommer under afslapning. Udgør det såkaldte "default mode network", der er et knudepunkt for hjernens spontane aktiviteter under hvile. Ses i almindelighed deaktiveret i forbindelse med udførelse af kognitive opgaver. Er hovedsagelig lokaliseret i områder langs hjernens midtlinje (ventro-mediale frontale cortex, posterior cingulum og precuneus) samt laterale inferiore parietale områder af cortex.

RSN f) eksekutiv kontrol. Er involveret i eksekutiv, emotionel og perceptuel kontrol af adfærd. Indbefatter de mediale områder af frontal cortex, inkl. anterior cingulum og paracingulate cortex.

RSN g) & h) udgør henholdsvis højre og venstre **visuo-spatiale opmærksomheds netværk**. Højre del (g) ses ofte involveret i kognitive processer, som inkluderer sprogfunktioner, perception og kropssansning. Venstre del (h) ses ofte involveret i sproglige kognitive processer. Begge er lokaliseret i dorsolaterale prefrontale samt parietale områder af cortex (i højre hhv. venstre hemisfære).

2.2.1. Temporale korrelationer med eksperimentelle design

RSN-komponenterne udviser forskellige mønstre af korrelation med det eksperimentelle design og indbyrdes korrelationer under de forskellige scannede tilstande. De nedenfor omtalte korrelationer er beregnet på grundlag af de samlede resultater for de undersøgte persongrupper (eigenvektorer) frem for resultater fra konkrete enkeltpersoner.

De temporale korrelationer mellem komponenterne og de idealiserede BOLD respons-tidsserier, der svarer til de eksperimentelle design, er vist i figur 7. De rapporterede korrelationer var signifikante på et niveau svarende til eller bedre end $p < 0.001$ (ukorrigeret for multiple sammenligninger).

RSN vs eksperimentelt design

	Finger	Hvile 1	Medi.Start 1	Kont.Medi.	Medi.Start 2	Hvile 2
a						
b	-					
c				+		
d	++		+		++	
e	-					
f					+	
g						
h					+	+

Figur 7: Korrelationer mellem egenvektor tidsserier for RSN og eksperimentelle design i forskellige scanninger. Positive korrelationer er angivet ved “+” på lys grå baggrund, mens negative korrelationer er angivet ved “-“ på mørk grå baggrund ($p < 0.001$).

Under **fingertapning** følger de somatomotoriske områder (RSN d), det eksperimentelle design, med øget aktivitet i perioderne med fingertapning og mindsket aktivitet i hvileperioderne. Omvendt er der mindsket aktivitet i de visuelle (RSN a, b) og det selvrelaterede opmærksomhedsnetværk (e) under fingertapning.

I *hvile*-scanningerne er det kun det visuo-spatiale opmærksomhedsnetværk i venstre hemisfære (RSN h), som i *hvile 2* udviser et aktivitetsmønster, der minder svagt om en kontinuert designmodel.

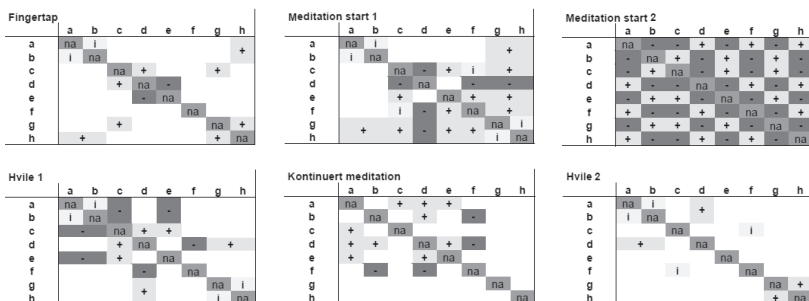
I **meditation start** har de somatomotoriske områder (RSN d) øget aktivitet i perioderne med meditation. De sekundære visuelle områder (b), de auditive (c), det selvrelaterede opmærksomhedsnetværk (e) og det visuo-spatiale opmærksomhedsnetværk i højre hemisfære (g) har mindsket aktivitetsniveau under meditation. De primære visuelle områder (a), det eksekutive kontrolnetværk (f) og det visuo-spatiale opmærksomhedsnetværk i venstre hemisfære (h) viser mindsket aktivitet under meditation i *meditation start 1*, men øget aktivitet i *meditation start 2*.

Kun de auditive sproglaterede kognitive områder (RSN c) følger design og viser øget aktivitet med langsomt faldende tendens i scanningen af **kontinuert meditation**.

Samlet set er det bemærkelsesværdigt, at under såvel fingertapning som meditation start er der øget aktivitet i de somatomotoriske områder (d) og mindsket aktivitet i det selvrelaterede opmærksomhedsnetværk (e).

2.2.2. Temporale korrelationer mellem RSN-komponenter

De funktionelle netværk af hjerneområder udviser såvel positive som negative indbyrdes korrelationer, dvs. at øget aktivitet i det ene netværk forekommer samtidig med øget aktivitet i det andet netværk eller omvendt, hvis der er en negativ korrelation mellem de to netværk. De indbyrdes temporale korrelationer mellem RSN a) til h) komponent-tidsserier (for egenvektorer) i forskellige opgaver kan ses i figur 8.



Figur 8: Gensidige korrelationer mellem egenvektor-tidsserier for RSN-komponenter i forskellige scanninger. Positive korrelationer er angivet ved + på lys grå baggrund, mens negative korrelationer er angivet ved - på mørk grå baggrund ($p < 0.001$). Hvor to RSN udgør én komponent, er det angivet med "i".

I scanningen af **fingertapning** er der samtidig øget og mindsket aktivitet i de visuelle områder (a, b) og det visuo-spatiale opmærksomhedsnetværk i venstre hemisfære (h). Aktiviteten i netværk (h) er i samklang med områderne i højre hemisfære (g), hvis aktivitet er positivt korreleret med de auditive sprogrelaterede kognitive områders (c). Aktiviteten i de somatomotoriske områder (d) varierer i overensstemmelse med (c), men omvendt af det selvrelaterede opmærksomhedsnetværk (RSN e).

Mønstret af korrelation mellem komponenter er ret forskelligt i de to **hvile**-scanninger. Der er først og fremmest ikke blot positive, men også negative korrelationer mellem netværk under *hvile 1*, hvilket der ikke er i *hvile 2*. I begge scanninger er de visuelle områder (a, b) samlet i én komponent eller positivt korrelerede med hinanden (g, h) og med det sensomotoriske netværk (d). I *hvile 1* er de auditive (c), sensomotoriske (d) og selvrelaterede opmærksomhedsnetværk (e) positivt (c, d, e) eller negativt (d, f) korrelerede med hinanden og med andre netværk, hvilket ikke er tilfældet i *hvile 2*. De auditive sprogrelaterede områder (c) og det eksekutive kontrolnetværk (f) udgør én komponent i *hvile 2*.

Under **meditation start** er de fleste RSN enten positivt eller negativt korrelerede med hinanden, men mønstret er forskelligt i de to scanninger. I *meditation start 1* er de fleste korrelationer positive med undtagelse af de somatomotoriske områder (d), hvis aktivitetsniveau varierer omvendt af de andre netværks. I *meditation start 2* er aktivitetsniveauet i alle funktionelle netværk enten positivt eller negativt korrelerede, og de fleste korrelationer er negative. Fælles for de to scanninger er, at de somatomotoriske områders (d) aktivitet er negativt korreleret med aktiviteten i de auditive sprogrelaterede (c) og de selvrelaterede opmærksomhedsområder (e).

I **kontinuert meditation** er det mest bemærkelsesværdige, at de somatomotoriske områders (d) aktivitet er korreleret med aktivitetsniveauet i det selvrelaterede opmærksomhedsnetværk (e), hvilket er modsat i de to *meditation start*-scanninger. Mønstret af korrelationer har flest lighedspunkter med det, som ses i *hvile 2*.

3. Diskussion

3.1. Aktiveringer og deaktiveringer

3.1.1. Meditation start

Ved SPM2-analyse af meditation start blev der konstateret aktiveringer i putamen, der er en del af basalganglierne, som omkranser thalamus i hjernens centrale indre. Lignende aktiveringer i putamen er også konstateret sammen

med aktiveringer i thalamus i andre undersøgelser af meditation (Bærentsen et al., 2001; Brefczynski-Lewis et al., 2007).

Basalgangliernes aktivitet er af central betydning for udførelsen af indøvede og strukturerede handlingsforløb, tankeprocesser og psykiske processer i det hele taget. Lignende aktiveringer er fundet i en undersøgelse af Wisconsin Card Sorting Test (WCST; se Monchi et al., 2001), hvor opgaven er at finde den korrekte måde at sortere kort udelukkende på grundlag af information om, hvorvidt man gør det rigtigt eller forkert. Hver gang, testpersonen finder ud af det korrekte mønster, ændrer forsøgslederen kriterierne for, hvad der er rigtigt og forkert. Testens egentlige formål er at afdække, hvordan man reagerer i situationer, som hele tiden skifter.

I undersøgelsen af WCST fandt man deaktivering af samme område i putamen i det øjeblik, hvor forsøgspersonen fik besked om, at sorteringen af et kort var fejlagtig. Området i putamen blev fundet aktiveret under det efterfølgende forsøg på at følge en ny strategi i sorteringen, hvor forsøgspersonen var opmærksom på, om den nye valgte strategi var korrekt eller ej. Under skiftet fra hvile til meditation kan man derfor antage, at opmærksomheden rettes mod at observere, om den valgte "mentale strategi" leder i retning af meditation.

I nærværende undersøgelse blev også fundet aktiveringer i supplerende motorisk cortex, hvilket er i overensstemmelse med, at den mediterende retter opmærksomheden mod sin indre psykiske og kropslige tilstand. I WCST-undersøgelsen, hvor opmærksomheden er rettet mod en ydre opgave, blev der fundet aktivering i præmotorisk cortex.

De fundne aktiveringer i inferiore parietallap og deaktivering i det parieto-temporale område befinder sig begge i områder, der er involveret i integration af sensorisk information til meningsfuld situationsforståelse og regulering af opmærksomhed (Luria, 1973; Dosenbach et al., 2007). Aktiviteter i disse områder kan derfor tænkes involveret, hvis meditationen fordrer en sådan semantisk integration (Bærentsen et al., 2001; Farb et al., 2007), og kun i mindre omfang hvis det ikke er tilfældet (Brefczynski-Lewis et al., 2007; Hölzel et al., 2007b).

Aktiveringerne i insula er også fundet af andre (Brefczynski-Lewis et al., 2007; Bærentsen et al., 2001; Farb et al., 2007). De kan skyldes, at meditation implicerer regulering af autonome og somatiske processer (jf. Critchley et al., 2001), men kan også hænge sammen med insulas rolle i eksekutiv kontrol (Dosenbach et al., 2007; Sridharan et al., 2008).

Aktiveringer i den mediale frontale gyros og mere laterale aktiveringer i den inferiore frontale gyros svarer til dem, som er fundet i lignende studier af meditation (Brefczynski-Lewis et al., 2007; Farb et al., 2007; Hölzel et al., 2007b; se tillige Cahn & Polich, 2006). Disse områder er antagelig impliceret i den opgaverelaterede kontrol af opmærksomheden (jf. fx Dosenbach et al., 2007), der er en gennemgående fælles faktor i alle undersøgelser af meditation.

Der blev i undersøgelsen konstateret udbredt deaktivering af områder i posterior cingulum (PCC) bagtil på hjernehemisfærernes indre overflade, som udgør et knudepunkt i det selvrelaterede opmærksomhedsnetværk (e), der ofte betegnes “default mode network”, (se fx Fox et al., 2005; Raichle et al., 2001; Raichle & Snyder, 2007). Deaktivering i dette område er en tydelig indikation af, at meditation er en målrettet kognitiv opgave, som indebærer ophør af den form for diskursiv selvrelateret opmærksomhed, som er karakteristisk for almindelig afslapning.

At undersøgelsen ikke fandt samtidig deaktivering i de afsnit af anterior cingulum, som indgår i samme netværk, og som er af stor betydning for kontrol af motiverede målrettede handlinger, kan fortolkes på den måde, at opmærksomheden under meditation ganske vist ikke rettes mod løsning af opgaver i det ydre rum, men at den forbliver fokuseret mod sindets indre i en målrettet bestræbelse på ikke at lade sig fange af indtryk eller opsluge af tanker. At området ikke blev aktiveret, som det er set i andre undersøgelser af meditation, kan skyldes forskelle i det relative engagement, som var nødvendigt i de forskellige meditationer og kontrolopgaver (Brefczynski-Lewis et al., 2007; Bærentsen et al., 2001; Farb et al., 2007; Hölzel et al., 2007b; se også Cahn & Polich, 2006). Fraværet af aktivering kan også skyldes deltageres høje niveau af meditationserfaring, idet involveringen af mediale prefrontale områder måske følger en omvendt U-kurve som en effekt af træning og ekspertise, sådan som det er foreslået af Brefczynski-Lewis et al. (2007).

Når aktiveringerne i mediale prefrontale cortex ses i sammenhæng med aktiveringer i basalganglierne og thalamus og deaktivering af posterior cingulum mv., kan disse områder tilsammen måske anses for at udgøre det fasiske kontrolsystem (“the neural switch”) for opmærksomhedsregulering ved skiftet til meditation, som blev foreslået af Travis & Wallace (1999).

3.1.2. Kontinuert meditation

Travis & Wallace (1999) foreslog også, at der skulle eksistere et tærskelværdi-regulerende system (“threshold regulation mechanism”) til at varetage tonisk kontrol af det cortikale aktivitetsniveau under meditation. Også dette

system blev antaget at involvere de subcortikale strukturer i basalganglierne som centrale dele i feedback-sløjfer mellem cortex, basalganglierne, thalamus og tilbage til cortex.

Der blev konstateret øget aktivitet i nucleus caudatus og samtidig udbredt deaktivering af hvid substans i højre hemisfære under kontinuert meditation. Det er værd at bemærke, at den fundne aktivering befinder sig i en lokalitet, som ligger tæt på et område i RSN c). Det bør dog også bemærkes, at der, specielt mht. de fundne deaktiveringer, kan være tale om et artefakt, frembragt af faktorer uden relation til meditation (jf. Bærntsen et al., 2010).

3.1.3. Relationer mellem komponenter af hjerneprocesser

De foregående analyser har hovedsageligt drejet sig om identifikation af områder med øget og mindsket aktivitet under meditation sammenlignet med hvile. Resultaterne fra denne og andre undersøgelser er ikke helt overensstemmende, men peger i retning af forskellige hjerneområder afhængig af de nøjagtige undersøgelsesbetingelser. Under alle omstændigheder er de lokale forøgelser og formindskelser af hjernens aktivitetsniveau, som undersøgelserne afdækker, meget små (1-5 %) i forhold til det samlede omfang af psykologisk relevante neurale aktiviteter (Raichle & Mintun, 2006).

Lokale ændringer i det neurale aktivitetsniveau kan også tænkes at gøre sig gældende ved meditation i lidt længere tidsperspektiv, hvilket dog er vanskeligt at undersøge med fMRI. En undersøgelse udført med SPECT antyder, at der faktisk sker sådanne ændringer (Newberg et al., 2010), ligesom de tidligere nævnte anatomiske (MRI) undersøgelser peger i samme retning (Hölzel et al., 2011).

De blandinger af aktiveringer og deaktiveringer, som er konstateret i denne og andre undersøgelser, stiller spørgsmålstegn ved Travis og Wallaces (1999) antagelse om, at "afslapning" i den meditative tilstand indebærer generel sænkelse af den cortikale tonus. Men "afslapning" kan også forstås som, at den "mentale" (vurderende, narrative, diskursive) bearbejdning af oplevelser bliver hæmmet, hvorved den direkte og umiddelbare oplevelse bliver mindre forstyrret, og der opstår større klarhed i sindet (Josephson, 1978). Dette kan forenes med, at den cortikale tonus opretholdes på et højt niveau eller endda øges under meditation, hvilket kan antages at være en baggrundsfaktor for den skærpelse af opmærksomheden og forøgelse af mental kraft, som er fundet i flere studier af meditation (fx Carter et al., 2005; Guo et al., 2008; Jha et al., 2007; Newberg et al., 2003, 2010; Srinivasan et al., 2007; Tang et al., 2007; Valentine et al., 1999).

3.2. Hjerneprocessernes dynamik

I det følgende præsenteres nogle analyser af dynamikken i de neurale processer under meditation. Da de eksisterende undersøgelses- og analysemetoder på grundlæggende måde er farvet af bestræbelsen på at finde anatomiske lokaliteter, er de følgende analyser og overvejelser om den neurale dynamik af en ret foreløbig og forsøgsvis karakter.

3.2.1. Identifikation af RSN på tværs af scanninger

Det var som omtalt muligt til en vis grad at identificere 8 kendte funktionelle netværk af hjerneområder (RSN a-h) i scanninger fra alle opgaver.²

3.2.2. RSN-korrelationer med eksperimentelle design og med hinanden

Processerne i somatomotorisk cortex (RSN d) viste sig højt positivt korreleret med det eksperimentelle design under **fingertapning**, hvorimod det var omvendt for det selvrelaterede opmærksomhedsnetværk (RSN e). Dette mønster er, som forventet, med øget somatomotorisk aktivitet, mens fingrene bevæges, ligesom det selvrelaterede opmærksomhedsnetværk (e) netop er kendetegnet ved højere aktivitet i hvile end under løsning af specifikke opgaver (jf. Raichle, 2001, 2007).

Det samme mønster forekommer også i analysen af indbyrdes korrelationer mellem komponenter under fingertapning, hvor aktiviteterne i somatomotorisk cortex og det selvrelaterede opmærksomhedsnetværk (d og e) var negativt korrelerede med hinanden.

Under **hvile**-opgaverne var der ikke noget egentligt eksperimentelt design, og der blev ikke fundet nogen korrelationer med en lineær uændret stabil tilstand. I de to scanninger af hvile blev der fundet et inkonsistent mønster af korrelationer mellem komponenter med den undtagelse, at de auditive sprogrelaterede netværk (c) og de somatomotoriske netværk (d) samt områder relateret til visuel perception (a og b) og opmærksomhed (g og h) hver for sig udviser positive indbyrdes korrelationer i begge scanninger.

Under **meditation start** havde de somatomotoriske områder (d) øget aktivitet under meditation, hvorimod auditive og tilhørende associationsområder (c) og det selvrelaterede opmærksomhedsnetværk (e) viste mindsket akti-

2 En præcis vurdering af deres anatomiske overensstemmelse kræver dog udvikling og anvendelse af andre metoder end de, som er anvendt her (jf. Smith et al., 2009).

vitet. Samme mønster blev fundet ved at korrelere komponenterne direkte, ligesom det er i overensstemmelse med de aktiveringer og deaktiveringer, som blev fundet i analysen af *meditation start* med SPM2. Dette mønster underbygger forståelsen af meditation som en målrettet aktivitet, der er forskellig fra simpel hvile, og som involverer kroppen.

Det er overraskende, at det auditive sproglaterede netværk (c) udviste mindsket aktivitet under meditation, når det havde øget aktivitet under den *kontinuerte meditation*. Ved sammenligning af *meditation start 1* og *2* viste (c) forskellige mønstre af korrelation, ligesom de øvrige funktionelle netværk viste ret inkonsistente mønstre af korrelationer i begge analyser (korrelation i forhold til design og indbyrdes). Dette underbygger den opfattelse, at det ikke er mekanisk gentagelse af et bestemt mønster af aktivering og deaktivering, som adskiller de forskellige tilstande fra hinanden, men at der derimod er tale om unikke situationsbestemte procesforløb, som løser den samme opgave.

Det er iøjnefaldende, at *meditation start*-scanningerne havde det største antal positive og negative korrelationer, såvel i forhold til det eksperimentelle design som mellem de analyserede RSN indbyrdes. Sammenlignet med *finger-tapning* antyder det, at skiftet fra hvile til meditation er en mere omfattende psykisk proces end skiftet mellem hvile og fingertapning. Forskellen mellem *meditation start 1* og *2* mht. omfanget af indbyrdes korrelationer mellem komponenter kan måske ses i dette lys. *Meditation start 2* blev scannet efter den lange *kontinuerte meditation* og kan tænkes at repræsentere en mere effektiv udførelse af den stillede opgave, i.e. en større grad af kontrol over sindstilstanden.

Under **kontinuert meditation** var det kun det auditive sproglaterede netværk (c), der udviste en positiv korrelation med det eksperimentelle design. Dette netværk omfatter bl.a. thalamus, hvis betydning for overordnet integration af hjerneaktiviteter i relation til bevidsthed er velkendt (se fx Edelman & Tononi, 2000). Komponenten rummer, som omtalt, også et område, der ligger meget tæt på den del af nucleus caudatus, som i SPM 5-analysen blev fundet aktiveret under kontinuert meditation.

Selvom det ikke på den baggrund er muligt at konkludere, at disse områder i hjernen udgør det tærskelværdi-regulerende system, som if. Travis et al., (1999) danner basis for meditationen, er der dog grund til at antage, at de områder, som udgør (c), er involverede og spiller en vigtig rolle. Det bør også bemærkes, at alle de scannede personer benyttede sprogligt formulerede tematiske mantraer i deres meditation, og at RSN (c) netop er primært involveret i eksekutiv kontrol af sproglige handlinger. Endelig er det bemærkelsesværdigt, at denne komponent i nogle scanninger optræder sammen med det eksekutive handlingskontrol netværk (f) i én komponent.

En foreløbig analyse af data fra enkeltpersoner viser, at aktiviteterne i (RSN c og f) under *kontinuert meditation* er positivt korrelerede hos omtrent 1/3 af deltagerne, men er negativt korrelerede hos lidt flere end 1/3 af deltagerne. Denne uensartethed i mønstret af relationer mellem de neurale netværk hos de individuelle deltagere indbyrdes og i forhold til de gennemsnitlige fælles aktivitetsmønstre (eigenvektorerne) er i det hele taget karakteristisk for materialet som helhed. Der er kun ganske få tilfælde, hvor der synes at være overensstemmelse mellem mønstret af korrelationer hos samtlige personer indbyrdes og i forhold til grupperesultaterne (eigenvektorerne).

Foreløbige analyser af de indbyrdes relationer mellem de udvalgte funktionelle netværk i kortere tidsudsnit viser endvidere, at der løbende hen igennem scanningerne forekommer gentagne positive og negative interaktioner mellem de forskellige netværk, uanset deres overordnede positive og negative indbyrdes relationer som helhed, der er beskrevet ovenfor.

De udvalgte RSN-komponenters korrelationer med de eksperimentelle design kan forstås som udtryk for de former for kontrol over sindstilstanden, som karakteriserer udførelsen af de forskellige opgaver. Det forekommer nærliggende at konkludere, at *skiftet fra hvile til meditation* er en mere omfattende og krævende proces end skiftet mellem hvile og *finger tapping*, idet den indbefatter regulering af langt flere af de udvalgte RSN-komponenters aktiviteter. Der er færre korrelationer mellem komponenter i *hvile-scanningerne* og i den *kontinuerte meditation*. Dette kan forstås som udtryk for, at sindstilstanden forbliver i den samme modus under hele scanningen og derfor kun kræver mindre justeringer.

Der synes at være en udvikling fra *hvile og meditation start-scanningerne* for den lange *kontinuerte meditation*, til efter denne. Omfanget af indbyrdes korrelationer mellem komponenter stiger i *meditation start-scanningerne*, mens det falder i *hvile-scanningerne*. Udviklingen fra *hvile 1* til *hvile 2*, hvor der er langt færre indbyrdes korrelationer, kan måske forstås som udtryk for, at de personer, som blev scannet, havde større ro i sindet under den sidste *hvile-scanning*.

De ovenfor fremlagte fortolkninger af RSN-korrelationerne er noget spekulative og bør underkastes yderligere afprøvning i fremtiden. Som helhed er de i overensstemmelse med forståelsen af den involverede kontrol af sindstilstanden som balancering, der er desto mere krævende, desto større udfordringen er i de opgaver, som skal udføres i løbet af scanningsforløbet. I *finger tapping* skal der ganske vist flyttes et fysisk legeme, men opgaven kræver ikke den store opmærksomhed. Derimod skal hele sindstilstanden ændres i *meditation start-opgaverne*. I *hvile* hhv. *kontinuert meditation* drejer det sig "kun" om at opretholde en dynamisk psykisk balance ift. for-

styrrelser. Analogien til skiløb peger i retning af, at sindet i hvile-opgaven kastes rundt af tilfældige indfald, hvorimod den mediterende styrer klar af forstyrrelser uden at lade sindet fanges ind af disse. Den sidste påstand er dog stadig en hypotese, der skal testes.

Konklusion

På baggrund af undersøgelsens resultater kan det konkluderes, at meditation er en målrettet handlingsproces, som er forskellig fra simpel afslapning. Analysen af de temporale relationer mellem hjerneprocessernes komponenter understøtter den hypotese, at det at "bringe sindet i ro" ikke består i at nå en form for inaktiv tilstand, karakteriseret ved et lavt energiniveau, men at såvel "ro" som "afslapning" og "udslukning af fluktuationer" skal forstås som former for adaptiv balancering ift. ydre såvel som indre forstyrrelser af sindsligevægten. Det, som karakteriserer hjerneprocesser under meditation, er ikke primært, at specifikke dele af hjernen er særlig aktive, men derimod en særlig dynamik i den måde, aktivitetsniveauet skifter i hjernens forskellige områder som helhed.

Undersøgelsen demonstrerer, at netværk af hjerneområder (komponenter), som understøtter forskellige funktioner, er involveret i realiseringen af så forskellige bevidsthedsprocesser som meditation, fingertapning og hvile. Dette er i overensstemmelse med resultater fra andre undersøgelser (Beckmann et al., 2005b; Fox et al., 2005; Guo et al., 2008; Smith et al., 2009). Disse netværks universelle tilstedeværelse og de forskellige mønstre af kombinationer, hvori de optræder under løsning af opgaverne, peger på, at den neurale basis for udførelsen udgøres af situationelt bestemte interaktioner mellem involverede hjerneområder.

Det fremgår af analyserne, at de temporale korrelationer mellem RSN varierer under forskellige opgaver, og at nogle af dem helt eller delvis optræder som én komponent i en opgave, men som to eller flere separate komponenter i andre opgaver og omvendt. I den udstrækning dette ikke er en rent beregningsmæssig effekt af ICA's heuristiske natur (jf. Smith et al., 2009), indikerer det, at komponenternes indbyrdes relationer bestemmes af den konkrete situations krav, altså af de aktuelle målsætninger, motivationer og situationsbestemte bindinger. Noget lignende er tidligt blevet foreslået i teorier om dynamiske funktionelle systemer (Anokhin, 1969, 1974; Leontjev, 1983; Luria, 1973), og det stemmer overens med moderne teorier om dynamisk selvorganisering og små-verdens netværk (Bullmore et al., 2009; Edelman et al., 2000; Freeman, 2000; Sporns, 2010). Hjernens funktionelle struktur er hverken på kort eller langt sigt statisk, men under konstant forandring i en vedvarende proces af dynamisk selvorganiserende

tilpasning til den øjeblikkelige situations betingelser. Dette bevirker på den anden side også, at den ikke varierer arbitrært, men følger udviklingslinjer som med stor stabilitet genskaber former, der ligner hinanden så meget, at vi kan genkende dem som repræsentanter for bestemte klasser (fx RSN).

Ved studiet af ydre aktiviteter er det muligt at definere et målbart kriterium for opnåelsen af balance, som de neurale processers dynamik kan sættes i relation til. I den her rapporterede analyse af meditations neurale grundlag er der imidlertid ikke et sådant målbart vidnesbyrd om sindsligevægt, men kun de neurale processers dynamik. I forhold til det mål at finde en entydig indikator for sindsligevægt i denne dynamik har den foreliggende undersøgelse kun ydet et mindre bidrag. I forlængelse af det lille skridt, som trods alt er taget i den retning, forekommer det nødvendigt at bevæge sig fra undersøgelsen af korrelationer mellem hele tidsserier, som sammenfatter grupper af individers processer over hele scanningsforløb, til et mere indgående studium af de løbende forandringer af relationerne mellem de involverede funktionelle netværk hos enkeltpersoner i kortere tidsudsnit.

Tak

De scanninger og analyser, som omtales her, er foretaget i samarbejde med en lang række kolleger og (tidligere) studerende, blandt hvilke især Hans Stødkilde-Jørgensen, som programmerede og superviserede scanningerne, Bo Sommerlund, Niels Væver Hartvig og Thordis L. Thorarinsdottir, der bidrog med uvurderlig statistisk bistand, Jakob Erland Pedersen, Anders C. Green og Tue Hartmann, som deltog i gennemførelse af scanninger og dele af dataanalysen samt Pernille Bruhn, Johannes Damsgaard Bruhn, Mark Fosnæs, Mads Hansen, Cecilie Møller, Louise Pedersen, Kirstine Sonne Berg og Freya Winther, som på forskellige måder deltog i analysen af data, fortjener en særlig tak, ligesom jeg er taknemmelig for de personers indsats, som lod sig scanne, mens de mediterede. Endelig takkes en anonym reviewer for konstruktiv kritik.

LITTERATUR

- ANOKHIN, P. K. (1969). Cybernetics and the Integrative Activity of the Brain. In M. Cole & I. Maltzman (Eds.), *A Handbook of Contemporary Soviet Psychology* (pp. 830-856). N. Y. Etc., Basic Books.
- ANOKHIN, P. K. (1974). *Biology and neurophysiology of the conditioned reflex and its role in adaptive behavior*. Oxford: Pergamon Press.
- ARUTYUNYAN, G. A., GURFINKEL, V. S. & MIRSKII, M. L. (1968). Study of taking aim at a target. *Biophysics*, 13 (3), 642-645.
- ARUTYUNYAN G. A., GURFINKEL, V. S. & MIRSKII, M. L. (1969). The organization of movements in human execution of a task involving exactness of pose. *Biophysics*, 14 (6), 1162-1167.
- BAER, R. A. (2003). Mindfulness training as a clinical intervention: a conceptual and empirical review. *ClinPsycholSciPract*, 10, 125-143.
- BAER, R. A. (2009). Self-Focused Attention and Mechanisms of Change in Mindfulness-Based Treatment. *CognBehavTher*, 38 (1), Supplement 1, 15-20.

- BANDETTINI, P. A., KWONG, K. K., DAVIS, T. L., TOOTELL, R. B., WONG, E. C., FOX, P. T., BELLIVEAU, J. W., WEISSKOFF, R. M. & ROSEN, B. R. (1997). Characterization of cerebral blood oxygenation and flow changes during prolonged brain activation. *Hum Brain Mapp*, 5, 93-109.
- BARON SHORT, E., KOSE, S., MU, Q., BORCKARDT, J., NEWBERG, A., GEORGE, M. S. & KOZEL, F. A. (2007). Regional brain activation during meditation shows time and practice effects: an exploratory fMRI study. *eCAM. Evid Based Complement Alternat Med* 1-7 (eCAM). doi:10.1093/ecam/nem163.
- BECKMANN, C. F. & SMITH, S. (2004). Probabilistic independent component analysis for functional magnetic resonance imaging. *IEEE Trans Med Imaging*, 23, 137-152.
- BECKMANN, C. F. & SMITH, S. (2005a). Tensorial extensions of independent component analysis for multisubject fMRI analysis. *Neuroimage*, 25, 294-311.
- BECKMANN, C. F., DELUCA, M., DEVLIN, J. T. & SMITH, S. (2005b). Investigations into resting-state connectivity using independent component analysis. *Philos Trans R Soc Lond B BiolSci*, 360, 1001-1013.
- BERTENTHAL, B. I. (2007). Dynamical systems: it's about time. In S. M. Boker & M. J. Wenger (Eds.), *Data analytic techniques for dynamical systems. Notre Dame series on quantitative methodology* (pp. 1-24). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- BREFCZYNSKI-LEWIS, J. A., LUTZ, A., SCHAEFER, H. S., LEVINSON, D. B. & DAVIDSON, R. J. (2007). Neural correlates of attentional expertise in long-term meditation practitioners. *Proc Natl Acad Sci USA*, 104 (27), 11483-11488.
- BRODMANN, K. (1909/1985). *Vergleichende Lokalisationslehre der Großhirnrinde*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth.
- BULLMORE, E. & SPORNS, O. (2009). Complex brain networks: graph theoretical analysis of structural and functional systems. *Nature Reviews Neurosci*, 10 (3), 186-198.
- BÆRENTSEN, K. B., HARTVIG, N. V., STØDKILDE-JØRGENSEN, H. & MAMMEN, J. (2001). Onset of meditation explored with fMRI. *Neuroimage*, 13 (6, part 2), 297.
- BÆRENTSEN, K. B., STØDKILDE-JØRGENSEN, H., SOMMERLUND, B., HARTMANN, T., DAMSGAARD-MADSEN, J., FOSNÆS, M. & GREEN, A. C. (2010). An investigation of brain processes supporting meditation. *Cognitive Processing*, 11 (1), 57-84.
- CAHN, B. R., POLICH, J. (2006). Meditation states and traits: EEG, ERP, and neuroimaging studies. *Psychol Bull*, 132, 180-211.
- CARTER, O. L., PRESTI, D. E., CALLISTEMON, C., UNGERER, Y., LIU, G. B. & PETTIGREW, J. D. (2005). Meditation alters perceptual rivalry in Tibetan Buddhist monks. *Curr Biol*, 15 (11), R412-R413.
- CRITCHLEY, H. D., MATHIAS, C. J. & DOLAN, R. J. (2001). Neuroanatomical basis for first- and second-order representations of bodily states. *Nat Neurosci*, 4 (2), 207-212.
- DOSENBACH, N. U., FAIR, D. A., MIEZIN, F. M., COHEN, A. L., WENGER, K. K., DOSENBACH, R. A., FOX, M. D., SNYDER, A. Z., VINCENT, J. L., RAICHLE, M. E., SCHLAGGAR, B. L. & PETERSEN, S. E. (2007). Distinct brain networks for adaptive and stable task control in humans. *Proc Natl Acad Sci USA*, 104 (26), 11073-11078.
- DUNN, B. R., HARTIGAN, J. A. & MIKULAS, W. L. (1999). Concentration and mindfulness meditations: unique forms of consciousness? *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 24 (3), 147-165.
- EDELMAN, G. M. & TONONI, G. (2000). *A universe of consciousness. How matter becomes imagination*. New York: Basic Books.
- FARB, N. A. S., SEGAL, Z. V., MAYBERG, H., BEAN, J., MCKEON, D., FATIMA, Z. & ANDERSON, A. K. (2007). Attending to the present: mindfulness meditation reveals distinct neural models of self-reference. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2, 313-322.
- FOX, M. D., SNYDER, A. Z., VINCENT, J. L., CORBETTA, M., VAN ESSEN, D. C. & RAICHLE, M. E. (2005). The human brain is intrinsically organized into dynamic, anticorrelated functional networks. *Proc Natl Acad Sci USA*, 102, 9673-9678.

- FRACKOWIAK, R. S. J., FRISTON, K. J., FRITH, C. D., DOLAN, R. J., PRICE, C. J., ZEKI, S., ASHBURNER, J. T. & PENNY, W. D. (Eds.). (2004). *Human brain function*, 2nd ed. London: Elsevier, Academic Press.
- FREEMAN, W. J. (2000). *How brains make up their minds*. New York: Columbia University Press.
- FRISTON, K. J., HOLMES, A., WORSLEY, K. J., POLINE, J. B., FRITH, C. D. & FRACKOWIAK, R. S. J. (1994). Statistical parametric maps in functional imaging: a general linear approach. *Hum Brain Mapp*, 2, 189-210.
- FRISTON, K. J., ASHBURNER, J., KIEBEL, S., NICHOLS, T. & PENNY, W. (Eds.). (2007). *Statistical parametric mapping: the analysis of functional brain images*. London: Academic Press.
- GUO, Y. & PAGNONI, G. (2008). A unified framework for group independent component analysis for multi-subject fMRI data. *Neuroimage*, 42, 1078-1093.
- HARTRANFT, C. (2003). *The Yoga-Sutra of Patanjali: a new translation with commentary*. Boston: Shambala Classics.
- HAUGHTON WOODS, J. (1927/2003). *The Yoga-Sutra of Patanjali*. New York: Dover.
- HÖLZEL, B. K., OTT, U., HEMPEL, H., HACKL, A., WOLF, K., STARK, R. & VAITL, D. (2007b). Differential engagement of anterior cingulate and adjacent medial frontal cortex in adept meditators and non-meditators. *NeurosciLett*, 421, 16-21.
- HÖLZEL, B. K., CARMODY, J., VANGEL, M., CONGLETON, C., YERRAMSETTI, S. M., GARD, T. & LAZAR, S. W. (2011). Mindfulness Practice leads to increases in regional brain gray matter density. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 191 (1), 36-43.
- JEVNING, R., ANAND, R., BIEDEBACH, M. & FERNANDO, G. (1996). Effects on regional cerebral blood flow of transcendental meditation. *PhysiolBehav*, 59, 399-402.
- JHA, A. P., KROMPINGER, J. & BAIME, M. J. (2007). Mindfulness training modifies subsystems of attention. *Cogn Affect BehavNeurosci*, 7 (2), 109-119.
- JOSEPHSON, B. D. (1978). A theoretical analysis of higher states of consciousness and meditation. In J. Rose (Ed.), *Current topics in cybernetics and systems* (pp. 3-4). Berlin: Springer.
- KJAER, T. W., BERTELSEN, C., PICCINI, P., BROOKS, D., ALVING, J. & LOU, H. C. (2002). Increased dopamine tone during meditation-induced change of consciousness. *Brain Res Cogn Brain Res*, 13, 255-259.
- LAZAR, S. W., BUSH, G., GOLLUB, R. L., FRICCHIONE, G. L., KHALSA, G. & BENSON, H. (2000). Functional brain mapping of the relaxation response and meditation. *Neuroreport*, 11, 1581-1585.
- LEONTJEV, A. N. (1983). *Virksomhed. Bevidsthed. Personlighed*. København: Sputnik/Progress.
- LOU, H. C., KJAER, T. W., FRIBERG, L., WILDSCHIODTZ, G., HOLM, S. & NOWAK, M. (1999). A 15O-H2O PET study of meditation and the resting state of normal consciousness. *Hum Brain Mapp*, 7, 98-105.
- LOU, H. C., NOWAK, M. & KJAER, T. W. (2005). The mental self. *Prog Brain Res*, 150, 197-204.
- LURIA, A. R. (1973). *The Working Brain*. Harmondsworth etc., Penguin.
- LURIA, A. R. (1980). *Higher cortical functions in man*, 2nd ed. New York: Basic Books.
- LUTZ, A., SLAGTER, H. A., DUNNE, J. D. & DAVIDSON, R. J. (2008). Attention regulation and monitoring in meditation. *Trends CognSci*, 12 (4), 163-169.
- NEWBERG, A. B. & IVERSEN, J. (2003). The neural basis of the complex mental task of meditation: neurotransmitter and neurochemical considerations. *Med Hypotheses*, 61, 282-291.
- NEWBERG, A., ALAVI, A., BAIME, M., POURDEHNAD, M., SANTANNA, J. & D'AQUILI, E. (2001). The measurement of regional cerebral blood flow during the complex cognitive task of meditation: a preliminary SPECT study. *Psychiatry Res*, 106, 113-122.

- NEWBERG, A., POURDEHNAD, M., ALAVI, A. & D'AQUILLI, E. G. (2003). Cerebral blood flow during meditative prayer: preliminary findings and methodological issues. *Percept Mot Skills*, 97, 625-630.
- NEWBERG, A. B., WINTERING, N., WALDMAN, M. R., AMEN, D., KHALSA, D. S. & ALAVI, A. (2010). Cerebral blood flow differences between long-term meditators and non-meditators. *Conscious Cogn*, 19 (4), 899-905.
- OSPINA, M. B., BOND, T. K., KARKHANEH, M., TJOSVOLD, L., VANDERMEER, B., LIANG, Y., BIALY, L., HOOTON, N., BUSCEMI, N., DRYDEN, D. M. & KLASSEN, T. P. (2007). Meditation practices for health: state of the research. *Evid Rep Technol Assess (Full Rep)*, 155, 1-263.
- PATANJALI (1968). *Yoga Sutras*. De mnemoniske regler, den ældgamle hindu-doktrin om sindets koncentration. Med de klassiske kommentarer. Ved G. Raman. København: Strubes Forlag.
- PATANJALI (2008). *Yoga Sutras*. In S. Ranganathan, *Patanjalis Yoga Sutra*. New Delhi: etc. Penguin.
- PARDO, J. V., FOX, P. T. & RAICHLE, M. E. (1991). Localization of a human system for sustained attention by positron emission tomography. *Nature*, 349, 61-64.
- RAFFONE, A., MANNA, A., PERRUCCI, G. M., FERRETTI, A., DEL GRATTA, C., BELARDINELLI, M. O. & ROMANI, G. L. (2007). Neural correlates of mindfulness and concentration in Buddhist monks: an fMRI study. In *Proceedings of NFSI & ICFBI*.
- RAICHLE, M. E., MCLEOD, A. M., SNYDER, A. Z., POWERS, W. L., GUSNARD, D. A. & SHULMAN, G. L. (2001). A default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 98, 676-682.
- RAICHLE, M. E. & GUSNARD, D. A. (2005). Intrinsic Brain Activity Sets the Stage for Expression of Motivated Behavior. *The Journal of Comparative Neurology*, 493, 167-176.
- RAICHLE, M. E. & MINTUN, M. A. (2006). Brain work and brain imaging. *Annual Review of Neuroscience*, 29, 449-476.
- RAICHLE, M. E. & SNYDER, A. Z. (2007). A default mode of brain function: A brief history of an evolving idea. *NeuroImage*, 37 (4), 1083-1090.
- SMITH, S. M., FOX, P. T., MILLER, K. L., GLAHN, D. C., FOX, P. M., MACKAY, C. E., FILIPPINI, N., WATKINS, K. E., TORO, R., LAIRD, A. R. & BECKMANN, C. F. (2009). Correspondence of the brain's functional architecture during activation and rest. *ProcNatAcadSci U S A*, 106 (31), 13040-5.
- SPORNS, O. (2010). *Networks of the Brain*. Boston: MIT Press.
- SRIDHARAN, D., LEVITIN, D. J. & MENON, V. (2008). A critical role for the right fronto-insular cortex in switching between central-executive and default-mode networks. *ProcNatAcadSci USA*, 105 (34), 12569-12574.
- SRINIVASAN, N. & BAIJAL, S. (2007). Concentrative meditation enhances preattentive processing: a mismatch negativity study. *Neuroreport*, 18 (16), 1709-1712.
- TALAIRACH & TOURNOUX (1988). *Co-Planar Stereotaxic Atlas of the Human Brain*. New York: Thieme.
- TANG, Y. Y., MA, Y., WANG, J., FAN, Y., FENG, S., LU, Q., YU, Q., SUI, D., ROTHBART, M. K., FAN, M. & POSNER, M. I. (2007). Short-term meditation training improves attention and self-regulation. *ProcNatAcadSci USA*, 104 (43), 17152-17156.
- Travis, F. & Wallace, R. K. (1999). Autonomic and EEG patterns during eyes-closed rest and transcendental meditation (TM) practice: the basis for a neural model of TM practice. *Conscious and Cognition*, 8, 302-318.
- Valentine, E. R. & Sweet, P. L. G. (1999). Meditation and attention: a comparison of the effects of concentrative and mindfulness meditation on sustained attention. *Ment Health Relig Cult*, 2 (1), 59-70.