**Præsentation af artiklen**

Hvad handler den overordnet om?

At den begrænsede kapacitet i vSTM er neuralt reflekteret af aktivitet i posterior parietal cortex.  
Posterior parietal cortex er nøglen til vores begrænsede mentale repræsentation af den visuelle verden.

Hvorfor de gerne vil undersøge det neurale grundlag for vSTM´s begræ**Korttidshukommelse/arbejdshukommelse**

**vSTM**

Todd, J & Marois, R (2004): Capacity of visual short-term memory in human posterior parietal cortex

Hvilke spørgsmål undersøges? (Hypotese)

* PPC har en afgørende betydning for kapaciteten i vSTM, hvorfor dennes aktivitet vil korrelere med opgaver, hvor man holder mentale repræsentationer i ens vSTM.
* Undersøger om IPS/IOS reflekterer en repræsentation af den ikoniske hukommelse, og ikke antallet af items, som kan være i vSTM.
* For at IPS/IOS er involveret i vSTM lagring skal disse være aktiv under vedligeholdelse, og ikke kun indkodning og/eller fremhentning.
* Undersøger om IPS/IOS er involveret i vSTM når opgaven kun omhandler objekt-identificering (dvs. hvor placering ikke er relevant).
* Undersøger om andre hjerneområder udover IPS/IOS også er involveret i vSTM lagringskapacitet (særligt anterior cingulate (AC) cortex) og ventral-occipital (VO) cortex)

Hvordan undersøges spørgsmålene? (Metode)

**Eksperiment 1: delayed matching-to-sample task**  
17 Fp´er FP blev scannet (fMRI) mens de udførte en parametric-load-manipulation af en delayed visual matching-to-sample task

figur 1.

1. FP bliver først præsenteret auditivt for 2 tal som FP skal huske (verbal working memory/articulory suppression task) - dette gøres for at mindske verbal indøvning af selve opgaven i det phonologiske lopp jf. baddeley
2. Derefter kommer et fiksationskryds
3. Så vises der x antal discs (cirkler) i forskellige farver i 150 ms - sample displayet
4. Så er der en retention periode (pauseperiode) i 1200ms : kortere delays end det vil den ikoniske hukommelse stadig virke, men ved længere delays vil det give tid til rehearsal
5. Der vises en specifik farvet probe: FP skal angive om denne probe havde samme placering i sample displayet
6. To tal blev vist på skærmen og FP skulle angive om disse var de samme som de var blevet præsenteret ved forsøgets start

**Eksperiment 2: iconic memory**

(Delvist) identisk med eksperiment 1, men her vises et disc display, hvor FP skal angive om der er (eller ikke er) en disc placeret centralt i displayet, samtidig med at der også er andre disc i displayet.

* Undersøger om IPS/IOS reflekterer en repræsentation af den ikoniske hukommelse, og ikke antallet af items, som kan være i vSTM

**Eksperiment 3: inkodning, maintenance and retrival**

N=6 FP (af de 17 FP) skulle gennem endnu et eksperiment identisk til det første eksperiment, med undtagelse af at retention periode var ændret fra 1200 ms til 9200 ms (grundet temporal opløsning af fMRI ift. aktivitet i IPS/IOS ved encoding, maintenance og retrieval)

* kun to set sizes (3 og 1)

**eksperiment 4:**

* Identisk med eksperiment 1, men hvor stimulis placering blev gjort ligegyldigt da probe disken altid blev præsenteret på fixationskrydset
* Grundlag for eksperiment: Ved eksperiment 1 er det blevet vist at IPS/IOS er involveret i vSTM ved feature integration altså både objektets identitet (eks. farve) og lokation ( placering). man ønsker nu at undersøge at IPS/IOS også er involveret, hvis det kun er objektets identitet som skal holdes i vSTM.  
  IPS og IOS (tænker vi) ligger jo alligevel langs den dorsale strøm (hvor strømmen), så det giver jo god mening at man allerede går ud fra at placering af objekter bliver behandlet af IPS og IOS, men det kunne jo så være interessant at finde ud af om IPS/IOS også aktiveres i en opgave hvor man kun skal identificere et objekt (det vil sig HVAD = ventral strøm normalt - den umiddelbare tanke er vel nok at IPS/IOS ikke har noget at gøre med dette).

**eksperiment 5**

* For at finde om andre regioner blev aktiveret så man på den første fMRI scanning BOLD responses → man havde bestemt et threshold (statisk) for hvornår man ville sige der var signifikant aktivitet, og man fandt så at områderne ACC (anterior cingulate cortex) og VOC (ventral-occipital cortex) peakede.
  + VOC stemmer overens med koordinaterne for V4, som normalt behandler farveprocessering. (Se figur 3b)

Hvad er resultaterne?

**Eksperiment 1: delayed matching-to-sample task**

* 1) intet trade-off mellem auditive opgave og matching-to-sample task (visuel).
  + 92-94% accuracy ved den auditive opgave
* 2) ACC i vSTM opgaven faldt i takt med at set size steg
* 3) Det indkodede antal discs steg til og med 3-4, og ved større set size kunne man ikke indkode flere end disse. figur 2
* Ved fMRI: multiple voxel regression analyse ses aktivering/peak-blod-oxygenation level-dependent (BOLD) i intraparietal og intraoccipital sulci (IPS/IOS) indtil 3-4 items, hvorefter denne når et plateau igen. Ligeledes faldt accuracy og RT steg mkl. setsize 4-8.
  + volume element = voxel 3mm\*3mm\*3mm in an fMRI - but you look at many (multivoxel)
  + også figur 2. → IM graf

Note om blod og hjerne:

* neural aktivitet kræver energi.
* energi fås ved at omsætte sukker til ATP, hvilket kræver ilt.
* Ilt og sukker tilføres via blodet.
* Blodgennemstrømningen (cerebral blood flow, CBF) stiger ved øget neural aktivitet.
* OBS: måler formentligt inputtet til den aktive region. det vaskulære respons (blodgennemstrømningen) er forskudt i tid - det tager tid for blodet at nå frem. vi måler på korrelationer!

**Eksperiment 2: Iconic memory**

* Præstation nær ceiling effekt med ACC på 96-98%.
* IPS/IOS BOLD aktivitet var svækket - set size effekt var elimineret. (se figur 2 og 3a)

**Eksperiment 3:**

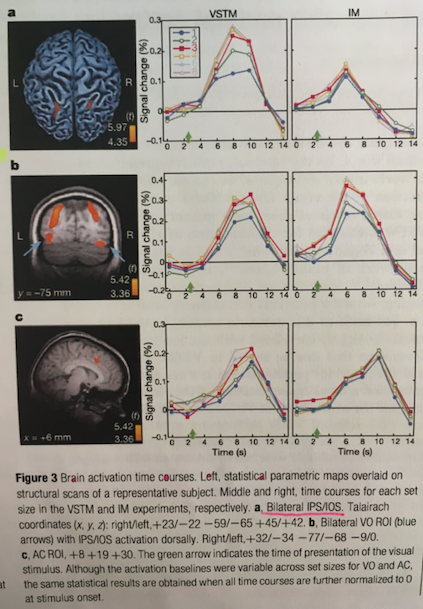
* Antallet af objekter indkodet ved setsize 3, var større end ved setsize 1
* IPS/IOS ROI (region of interest) havde højere aktivering ved større setsize (3) (dvs signifikant forskelligt fra set size 1) ved både encoding og maintenance men ikke ved retrival → figur 4a.
  + Dette (opdelingen af de tre stadier) er praktisk mål af neural aktivitet ved
    - præsentation af sample display=indkodning,
    - retention interval=maintenancen
    - præsentation af probe-display = retrieval

**Eksperiment 4:**

* Man fandt at der også var en signifikant aktivering af IPS/IOS (aktivering afhang af byrden fra opgaven..?), korreleret til K funktion.

**Eksperiment 5:**

* Fandt signifikant aktivitet ved anterior cingulate cortex (ACC) og en region af ventral-occipital (VO) cortex, som stemmer overens med V4 (color processing) → figur 3b, c
* Hverken ACC eller VO viste vedvarende respons ved maintenance i den extended experiment → figur 4b,c
* Begge områder viste lige stor aktivitet ved vSTM opgaven (eksperiemt 1) og ved iconic memory (eksperiment 2)



Hvordan fortolkes resultaterne?

**eksperiment 1:**

* Det ikke eksisterende trade off ml. det auditive opgave og matching-to-sample task stemmer overens med uafhængigheden mellem visuelle og auditive arbejdshukommelseslagre (Baddeley)
* VSTM-opgaven viste hermed en kapacitetsbegrænsning på 4±1 items - ikke grundet en spatiel opmærksomheds begrænsning el. indkodnings begrænsning i tid (ændrer tiden, som sample bliver vist i fra 150-450 ms, men gør ingen forskel).
* Aktivitet i IPS/IOS stemte overens med 3-4 items kapacitetsbegrænsning

**eksperiment 2:**

* Eksperimentet krævede opmærksomhed på displayed - hvor alt stimuli var præsenteret ved fovea - men hvor man kun trækker minimalt på vSTM/trækker ens på vSTM over udviklingen af set sizes.
* Fordi at opgaven ikke kræver at man gemmer stimuli informaiton i vSTM men det blot er repsons lige nu og her (ikonisk billede), må den svækkede aktivitet af IPS/IOS BOLD ikke repræsenterer ikonisk men netop vSTM (fordi der i vSTM opgave VAR højere aktivitet i IPS/IOS).

**eksperiment 3:**

* eksperimentet viste at IPS/IOS er sensitiv for arbejdshukommelsesbyrde særlig ved indkodning og vedligeholdelse af (visuel) information ved setsize 3 vs. setsize 1 .
  + det vil sige, at der er signifikant forskel i IPS/IOS aktivering ml. setsize 1 og set size 3 ved indkodning og vedligeholdelse (maintenance) og IKKE signifikant forskel ved retrieval (fremhentning).
  + se figur 4a

**eksperiment 4:**

* Dette indikerer at IPS/IOS måske er involveret i flere former for vSTM lagring (altså også af identificering af objekt)

**eksperiment 5**

* resultaterne kan indikerer at deres vSTM relateret aktivering kan være forklaret af deres perceptuelle og/eller deres respons komponenter af opgaven
  + særligt ved VO cortex, som i kontrast til IPS/IOS viste en stærk set size effekt under IM-paradigmet, hvilket indikerer at ventral visuel cortex er drevet af perceptuel byrde/mængde af stimuli i scenen (og ikke så meget mængden af information af scenen som kan holdes i vSTM).fig 3b, højre firkant (IM).

Konklusion

At PPC er nøglen til begrænsningen i vSTM kapacitet da dennes aktivering når et plateau ved 3-4 items og herved begrænse vores mental repræsentationer af den visuelle verden.

* herunder intraparietal cortex (IPC) aktivitet korrelerer med korrekt detektion af forandring i den visuelle scene , men at dette områdes aktivering afhænger af opgave-relevans, fremtrædenhed af stimuli i et multi-objekt display *hvorfor forfatterne peger på at scener er repræsenteret sparsommeligt i PPC. Dette hænger sammen med deres idé om den stærkt begrænsede kapacitet i vSTM grundet PPC.*

PPC fungerer (måske) som kapacitetsbegrænsningen på lagring af repræsentationer af den visuelle scene, men frontal/præfrontal cortex er (måske) nødvendig for konsolidering og/eller vedligeholdelse af denne lagring (særligt under udvidede retentions intervaller).

**Kort diskussion**

Er fortolkningen rimelig?

Det kan diskuteres hvorvidt den funktion de tillægger PPC rent faktisk passer - ja man ser aktivering, og aktivering med overensstemmelse ift kapacitet men der er ikke noget der siger at det betyder denne aktivering sætter grænsen for kapaciteten

Har metoden problematiske begrænsninger?

de går ud for flere ting - bl.a. at IPS/IOS er involveret i i objekt-lokalisering fordi dets lokation passer med den dorsale strøm, men det undersøges ikke i eksperienterne. (Vores ide bag)  
De argumenterer ikke for, hvorfor de ikke undersøger IPS/IOS aktivitet ift. dorsal strøm (hvor), men kun ventral strøm (hvad).

fMRI kan ikke adskille indkodning og maintenance!

* derudover er man nødt til at forlænge retention interval (for bare at adskille neural aktivitet ml. indkodning og fremhentning), hvilket kan være problematisk grundet muliggørelse af rehearsal -> LTM.

Kan hypotesen/undersøgelsesspørgsmålene bekræftes?

De bekræfter deres hypoteser,

* en eventuel undtagelse ved om IPS/IOS er involveret i retrieval, da de ikke ser en signifikant forskel på setsize 3 og 1 ved retrieval. (men netop en aktivering som ved begge set sizes er ‘ret høj’ - se figur 4a - men bare ikke signifikant forskellig).

Hvordan bidrager artiklen til det overordnede emne?

En eventuel forklaring på hvorfor vi har en begrænset kapacitet i vSTM (som så er pga. en neural begrænsning i PPC)

Kan du komme på forbedringer eller yderligere studier, som kan undersøge

emnet videre?

Større sample size, bedre scanning (ift. dårlig temporal opløsning ved fMRI).

Evt. perspektivering

Baddeley

TVA