

## MENTALE FORESTILLINGSBILLEDETS NEUROPSYKOLOGI

Anders Gade

*Forestillingsbilleder spillede en central rolle i antikkens og tidlige filosofers begreber om tænkning, og i forrige århundredes eksperimentelle psykologers undersøgelser og teoridannelser. De var næsten fraværende fra det psykologiske univers under behaviorismens dominans, men har de sidste to årtier været genstand for fornyet og tiltagende interesse blandt kognitive psykologer. Neuropsykologisk er forestillingsbilleder interessante både i sig selv, på grund af deres lighed med perceptuelle processer, og på grund af deres rolle i hukommelsen. En sammenhængende teori om mentale forestillingsbilleder (Kosslyn) muliggør analyser af de enkelte komponenter i hjernens bearbejdning af (visuelle) forestillingsbilleder, og har givet muligheder for at studere deres cerebrale repræsentation.*

Den evne fortjener særlig beundring, som Gud har givet menneskets sjæl til når-somhelst at genfremstille billeder, der er modtaget ved sansning af tingene, og til at se fraværende ting, som om de var nærværende, og alle enkeltheder, der tidligere er iagttaget ved disse, med samme ydre, størrelse, farve og position.

Nicolai Stenosis: Disputatio Anatomica de Glandulis Oris, 1661

Den eksperimentelle psykologis oprindelse er knyttet tæt sammen med forestillingsbilleder. Wilhelm Wundt, selve grundlæggeren af en videnskabelig psykologi, ønskede at udforske den »umiddelbare erfaring«. Hans mål var en bestemmelse af bevidsthedens elementære bestanddele, og lovene for deres sammensætning. Bevidsthedens elementer skyldes oprindeligt sansepåvirkninger, som senere (via »associationslovene«) kan genfremkaldes i mere vag og afbleget form som forestillingsbilleder. Muligheden for tænkning uden forestillingsbilleder blev benægtet. Metoden var introspektion.

Introspektion som metode ved undersøgelse af forestillingsbilleder har overlevet på Psykologisk Laboratorium, blandt andet i laborantøvelsen »Forestillingsbilleder«. Øvelsen er bl.a. baseret på Galton's (1883) spørgeskema om morgenbordet. Den studerende skal for sit »indre blik« fremkalde et billede af bordet med morgenmaden, og besvare en række spørgsmål om billedet. Hvor tydeligt er billedet, sammenlignet med bordet i virkeligheden? Hvilke detaljer kan ses? Etc. Der er også spørgsmål om lugte og

lyde, og den studerende ledes frem til overvejelser af, om han er »eidetiker« eller tilhører en anden af de såkaldte »forestillingstyper« oprindeligt opstillet af Charcot.

Introspektion som metode og forestillingsbilleder som genstand for psykologien blev i 1913 (Watson, 1913) udsat for et angreb, som den introspektive metode med enkelte undtagelser ikke overlevede, og som gjorde bevidsthed og tænkning suspekter som videnskabelig forskningsgenstand i over 50 år i angelsaksisk psykologi. Mentale begivenheder var ikke objektive:

But the behaviorist, having made a clean sweep of all the rubbish called consciousness, comes back at you: »Prove to me«, he says, »that you have auditory images, visual images, or any other kinds of disembodied processes. So far I have only your unverified and unsupported word that you have them«. Science must have objective evidence to base its theories upon. The behaviorist, on the contrary, founds his systems upon the belief supported at every point by known facts of physiology that *the brain is stimulated always and only from the outside by a sense organ process.*

– – – What then becomes of images? Why, they remain unproven – mythological, the figment of the psychologist's terminology (Watson, 1928, pp 75-77).

Introspektionsdata er upålidelige, men en dybere årsag til behavioristernes (og gestaltpsykologernes) succes i redefinitionen af psykologiens emner lå i associationspsykologernes grundlæggende antagelse af, at *al* tænkning blev formidlet af forestillingsbilleder (Kosslyn, 1980). Denne antagelse går helt tilbage til Aristoteles (»tænkning er ikke mulig uden et forestillingsbillede«), og »imaginatio« fortsatte til langt op i renæssancen som en fast og central bestanddel i beskrivelser og afbildninger af de menneskelige fakulteter (fig. 1). Som anført aftvang den Niels Stensen særlig beundring, og filosoffer fra Descartes til Kant – mest udtalt de britiske empirister – har tillagt forestillingsbilleder så central betydning for tænkningen, at de ofte synes synonyme med »ideer«. Psykologien overtog denne arv. Forskere fra Würzburger-skolen påviste imidlertid, at ikke al tænkning ledsages af forestillingsbilleder. For eksempel fandt de, at forsøgspersoner forstod betydningen af et ord hurtigere end de kunne danne et billede af den pågældende genstand. Resultatet blev en kontrovers, som man ikke havde muligheder for at løse ad empirisk vej, og efter Watson's angreb blev såvel forestillingsbilleder som det større spørgsmål om de mentale repræsentationer stort set ignoreret af specielt amerikanske psykologer.



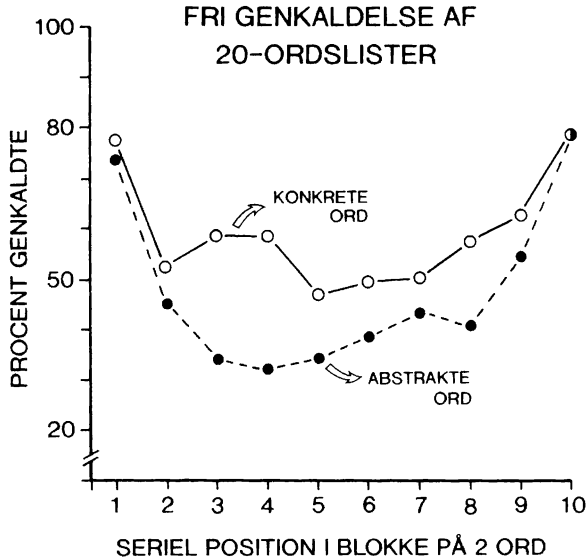
*Figur 1.* I følge den middelalderlige celledoktrin blev indtryk fra de specielle sanser modtaget i det første hjernehulrum («sensus communis»). Forestillingsbilleder blev dannet heraf, og »imaginativa« var derfor lokaliseret i den bageste del af første eller i andet hulrum. Afbildningen her er en variant af Reisch-figuren fra en bog af de Kyrspæ fra 1520.

### Forestillingsbilleder og hukommelse

Det har været et klassisk behavioristisk argument, at medens forestillingsbilleder er subjektive og hypotetiske, er ord objektive og eksperimentalt kontrollable. I indlæringspsykologien blev konsekvensen, at studier af virkningen af meningsfuldhed alene angik verbale enheder, der oftest blev defineret som mængden af verbale associationer til et givet ord. Dette førte dels til sterilitet i de dominerende S-R teorier og undersøgelsesparadigmer, dels til at de verbale associative processer som hypotetiske størrelser alligevel krøb ind i og dominerede modeller af tænkning og problemløsning.

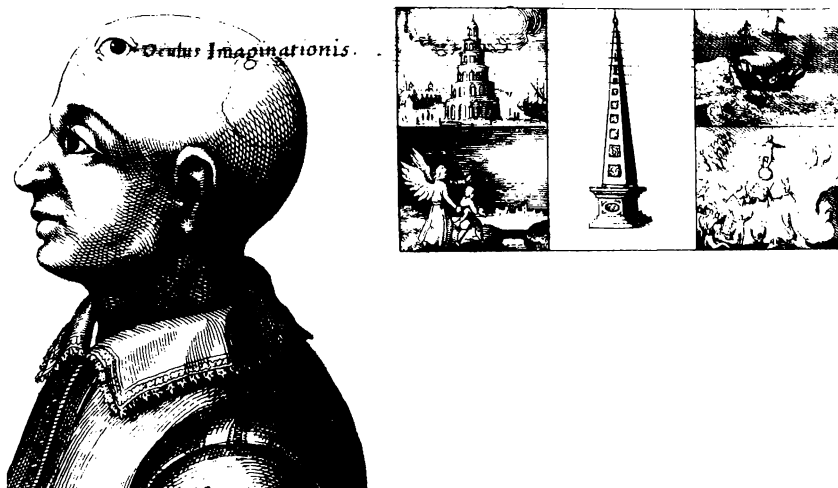
Denne traditions utilstrækkelighed, og den uafhængige betydning af forestillingsbilleder også i verbal indlæring, blev kraftigst fremført af Paivio (1969, 1970) og Bower (1972). Paivio viste i en serie eksperimenter med normale forsøgspersoner, at konkrete ord (ord for konkrete genstande, som fx. cykel) huskes bedre end abstrakte ord (ord for begreber og andre ikke-billedlige ting, som fx. kærlighed), og at instruktioner om at bruge forestillingsbilleder i indlæring af serier af ord eller ordpar konsekvent forbedrede indlæringen.

Vi har eftergjort et par af disse eksperimenter på laborantkursus på Psykologisk Laboratorium i 1988 og 1989. I ét forsøg anvendtes 8 lister med hver 20 ord til fri genkaldelse umiddelbart efter præsentation. 4 lister indeholdt konkrete ord, og 4 lister indeholdt abstrakte ord. Der skiftedes mellem de to ordlistetyper, og forsøgspersonerne var uvidende om de forventede effekter. Her, som i Paivio's eksperimenter (Paivio, Yuille og Madigan, 1968), var konkrete og abstrakte ordlister matchede dels på ordenes hyppighed i sproget, dels på deres »meningsfuldhed« eller »m«, som er et numerisk udtryk for deres associationsværdi. (»m«s potentielle uafhængige effekt på indlæringen kunne vi ikke vurdere i designet). Resultaterne er vist i figur 2 som et eksempel på størrelsen af effekten af konkrete ord over abstrakte. Hvert datapunkt repræsenterer 128 observationer fra i alt 16 forsøgspersoner. Det fremgår af seriepositionskurverne, at effekten er størst i listernes midte, hvor ordene generelt er vanskeligst at huske.



Figur 2. Seriepositionskurver for 20-ordslister viser den bedre genkaldelse af konkrete ord i forhold til abstrakte ord.

Paivio (1969) og andre har tolket disse og lignende robuste effekter af konkretthed på verbal indlæring ud fra den hypotese, at forestillingsbilleder kan have en medierende funktion. Jo mere konkrete ordene er, desto mere sandsynligt vil de vække et sensorisk (visuelt) forestillingsbillede. Forestillingsbilleder og verbale processer antages at fungere som alternative kodningssystemer, og de konkrete ords bedre retention antages at skyldes deres dobbeltkodning (verbalt og visuelt), mens abstrakte ord kun vanskeligt kan kodes visuelt («dual-code hypotesen»). Ved flere ord i sammenhæng, undersøgt specielt ved associationsindlæring, er der ved dobbeltkodning ikke blot flere »indgange« til ordet, men et enkelt forestillingsbillede med de to ord (genstande) i interaktion kan fremkalde begge ordene. Hypotesen om den dobbelte kodning har reminiscenser til den velkendte brug af visuelle forestillingsbilleder hos antikkens oratorer (Yates, 1966). Denne teknik bestod i at knytte de enkelte elementer i talen til bestemte steder eller loci, fx i en bygning, symboliseret ved forestillingsbilleder af genstande. Under talen foretoges en mental runde af huset, hvorved man »så« genstandene i deres naturlige rækkefølge, og genkaldte deres associerede elementer i talen.



Figur 3. Robert Fludd (1574-1637) var paracelsisk mystiker og alkymist, men skrev også om hukommelsen. Tegningen her er fra 1619. Fludd tillagde forestillingsbilleder afgørende betydning for hukommelsen, og foretrak et antal på fem loci i sit hukommelsessystem.

Kan man imidlertid være sikker på, at det virksomme ved en sådan metode, og ved konkrete ords bedre retention end abstrakte, er forestillingsbilleder? Den subjektive fornemmelse af, at det forholder sig sådan, er almindelig,

men introspektion er ikke blevet videnskabeligt rehabiliteret. Det er vanskeligt at afvise forklaringer ved »dybden af processeringen« (Craig & Lockhart, 1972). Konkrete ord kan være forbundet med mere håndgribelige associerede egenskaber, og selv om der i eksperimentet ovenfor var kontrolleret for »m«, kan man næppe afvise, at abstrakte ords associationer kan være mindre éntydige, og derved fungere dårligere som cues for genkaldelse. Det står imidlertid fast, at ingen af de mange andre undersøgte stimulusattributter spiller en blot tilnærmelsesvis så stor rolle for indlæringen som abstrakt – konkretheds-dimensionen (Paivio, 1969).

Instruktioner om at anvende visualisering kan også tænkes at medføre dybere (verbal) processering. Ved verbal associationsindlæring er effekten af en sådan instruktion meget betydelig – typisk en fordobling af antal korrekt huskede, hvor der ikke er loftseffekt – og her har flere typer af evidens antydnet, at virkningen må tilskrives billedlig (pictorial) kodning (Bower, 1972). Mest overbevisende er forsøg med interferens, hvor forsøgspersonen under indlæring og genkaldelse af ordpar under forskellige forhold samtidig udfører en visuel eller non-visuel anden opgave. De visuelle interferensopgaver forstyrrer selektivt visualiseringseffekten.

Interferensparadigmerne bygger på den antagelse, at visuelle forestillingsbilleder og visuel perception har fælles processeringsmekanismer. Dette er naturligvis en gammel antagelse. Hebb's (1968) teori går ud på, at et forestillingsbillede dannes ved aktivering fra hukommelsen af de samme neurale strukturer, som aktiveres ved processeringen af det tilsvarende percept. Neurofysiologisk og neuropsykologisk evidens for denne antagelse vil blive omtalt senere, og her skal kun omtales et elegant forsøg, hvor forestillingsbilleder interfererede med perceptionen i samme modalitet. Segal & Fusella (1970) instruerede deres forsøgspersoner i at danne og fastholde visuelle eller auditive mentale billeder, medens de samtidigt udførte en af to opgaver med signaldetektion. I det ene skulle de rapportere fremkomsten af et svagt visuelt signal på en skærm, medens de i det andet skulle rapportere en svag tone maskeret af støj. Det auditive forestillingsbillede forringede auditiv detektion mere end visuel, og vice versa. Ved dataanalysen blev anvendt gængse signaldetektionsteknikker, således at resultaterne kunne henføres til en reel sensitivitetsnedsættelse.

Den neuropsykologiske betydning af visualiseringseffekten ved indlæring er dobbelt. Kan man hos neurologiske patienter med nedsat indlæringsevne og hukommelse udnytte effekten terapeutisk? Og kan en eventuel forskellig effekt hos forskellige patientgrupper bidrage til en teoretisk afklaring af kodningsspørgsmålet?

Det er velkendt, at der hos patienter med læsioner i eller fjernelse af dele af venstre temporallap forekommer en selektiv forringelse af kodning af verbalt materiale, og ved læsioner i højre temporallap en tilsvarende defekt for billedligt materiale (fx. Milner, 1968). I følge en enkel udgave af dual-kode hypotesen, hvor visualisering tænkes formidlet af de samme strukturer i højre hemisfære som visuel (perception og) hukommelse, vil

patienter med verbale indlæringsforstyrrelser og læsion begrænset til den venstre hemisfære kunne udnytte visualiseringsteknikker. Patienter med global amnesi og formodede bilaterale læsioner vil måske nok kunne danne visuelle forestillingsbilleder, men ikke udnytte disse som medierende faktor ved verbal indlæring. Jones (1974) fandt i en undersøgelse med associationsindlæring under dels standardbetingelse, dels instruktion om at anvende visuelle forestillingsbilleder med de to ord (genstande) i interaktion, at patienter med venstre temporallap fjernet udviste den forventede effekt i omtrent samme udstrækning som normale kontrolpersoner. To amnestiske patienter huskede intet under nogen af forsøgsbetingelserne. Mod forventning var patienter med højre hemisfære fjernet ikke dårligere end kontrolpersonerne under visualiseringsbetingelse. En efterfølgende undersøgelse (Jones-Gotman og Milner, 1978) med en vanskeligere indlæringsopgave for at modvirke loftseffekt (som Jones (1974) antog kunne have forhindret demonstration af den ventede defekt hos højre-hemisfære patienterne) gav heller ikke helt éntydige resultater.

Amnestiske patienters muligheder for at bedre verbal indlæring med visualisering er vurderet i flere undersøgelser med indbyrdes modstridende resultater. Kapur (1978) viste hos Korsakoff-patienter, at der ikke var problemer med at danne og inspicere visuelle forestillingsbilleder. I to undersøgelser fandtes imidlertid ingen bedring af verbal hukommelse med visualisering overhovedet (Baddeley og Warrington, 1973; Cutting, 1978), og Baddeley (1982) har omtalt en upubliceret undersøgelse, hvor amnestiske patienter ubesværet tegnede illustrationer af forestillingsbilleder med interaktion for at forbinde ordpar, og alligevel ikke kunne bruge dette til at forbedre retentionen. Cermak (1975) fandt hos seks Korsakoff-patienter statistisk signifikant forbedring under visualisering, omend »uden klinisk værdi«, da patienterne konstant måtte mindes om at bruge teknikken (Cermak, 1980). Howes (1983) fandt også en effekt, men ingen overførsel til lignende opgaver. Kun Leng og Parkin (1988) har rapporteret utvetydigt positive fund. De sammenlignede 13 amnestiske patienters verbale associationsindlæring under standardbetingelse med dels visualisering, dels verbal mediering. Der fandtes ingen indlæringsforbedring ved verbal mediering, medens visualisering (hvad enten forestillingsbillederne var dannet af patienterne selv eller givet af forsøgslederen) gav signifikant bedre resultater end indlæring under både standardbetingelse og verbal mediering. Leng og Parkin foreslog også, at tidligere negative resultater måske kunne forklares ved »gulv-effekt« og/eller for komplicerede visualiseringsprocedurer.

De tilsyneladende modstridende fund ved amnestiske patienter kan måske afklares med endnu upublicerede data, jeg over en årrække har indsamlet ved undersøgelse af visualiseringseffekten hos en større heterogen gruppe af amnestiske patienter. De eksperimentelle betingelser har været som i Jones' (1974) undersøgelse. Der er i gruppen stor individuel variabilitet i visualiseringseffekt, med dramatisk bedring af indlæringskapaciteten under de eksperimentelle betingelser hos nogle patienter, og absolut ingen bedring

hos andre. Disse forskelle er uafhængige af ætiologi. På baggrund af resultaterne i en uafhængig verbal indlæringsprøve har jeg i en præliminær analyse inddelt patienterne i to grupper med svær henholdsvis moderat associativ indlæringsdefekt. Ved svært amnestiske patienter er der i Jones' indlæringsparadigme ingen effekt af visualisering. Moderat amnestiske patienter havde under standardbetingelse en indlæringsdefekt omtrent svarende til de venstre-temporallapsresecerede patienter i Jones' (1974) undersøgelse, og de forbedrede under visualisering også deres præstationer i samme omfang. Dette resultat er vanskeligt foreneligt med nogen enkel antagelse af visualiseringseffekten ved verbal indlæring som formidlet af de samme strukturer, som medierer visuel hukommelse.

Som klinisk anvendelig kompensationsmetode er visualisering muligvis mere lovende end verbal mediering. Det er imidlertid givet, at mange patienter med positiv effekt i den eksperimentelle situation ikke kan overføre virkningen til andre situationer, ofte på grund af manglende motivation og erkendelse af behovet (Richardson, Cermak, Blackford og O'Connor, 1987).

### Forestillingsbilleders funktionelle egenskaber

Meget af det teoretiske arbejde vedrørende forestillingsbilleders natur har angået den centrale kodning, specielt om den beskrives bedst ved analog repræsentation (fx. Kosslyn, 1980) eller i logisk propositionelle termer (fx. Pylyshyn, 1973). Denne diskussion er muligvis ufrugtbar og kan i hvert fald ikke forventes let afgjort (Baddeley, 1986; Marschark, Richman, Yuille og Hunt, 1987; se også Bundesen, 1986). De mere sikre resultater angår forestillingsbilledernes »overfladerepræsentation«: hvordan de fremkaldes, inspireres, omdannes og anvendes i tænkning og problemløsning.

Et udgangspunkt for en forskningslinie har været Shepard og Metzler's (1971) rotationsstudier. Deres forsøgspersoner så 2-dimensionelle afbildninger af to 3-dimensionelle figurer, dannet af et antal kuber. De to figurer var drejet i forhold til hinanden et antal grader enten i billedplanet eller i dybden. Forsøgspersonernes opgave var så hurtigt som muligt at afgøre, om de to figurer var identiske, eller spejlvendte i forhold til hinanden. Forsøgets resultat var 1) at reaktionstiden for afgørelsen ved identiske par steg lineært med forskellen i drejningsvinkel mellem de to figurer, og 2) at den fundne mentale rotationshastighed på ca. 1 sec. pr. 60° var ensartet ved drejning i billedplan og i dybden.

Claus Bundesen og Axel Larsen (1975; Bundesen, 1986; Larsen, 1986) opnåede lignende resultater ved undersøgelse af mentale størrelsestransformationer. De fandt at reaktionstiden steg lineært som funktion af størrelsesforholdet mellem to figurer, som skulle vurderes som ens eller forskellige. Denne type af resultater kan vanskeligt forklares på anden måde end ved at antage, at forsøgspersonen danner et forestillingsbillede af det ene af



figurerne, som han manipulerer til det kan direkte sammenlignes med den anden figur (se dog Rock, Wheeler og Tudor, 1989). Det er da også forsøgspersonernes egen oplevelse, og i tilfældet med mentale rotationer havde forsøgspersonerne også en oplevelse af at den mentale rotation krævede mere tid ved større drejninger. Cooper og Metzler (fx. Cooper, 1976) har overført paradigmet til undersøgelse af rotation af forestillingsbilleder uden det tilsvarende visuelle stimulus, og som ventet også her fundet at reaktionstiden stiger med drejningsvinklen.

Kosslyn (1980) har i en indflydelsesrig bog samlet disse og egne eksperimentelle fund fra et omfattende forskningsprogram i en teoretisk fremstilling af visuelle forestillingsbilleder. Kosslyn skelner i sin model mellem informationsbærende *strukturer* og de *processer*, hvorved informationen bearbejdes og anvendes. Kosslyn har også i et senere arbejde (1987) overvejet, hvorledes komponenter af processeringen kan være implementeret i hjernen, men disse overvejelser er ikke centrale for modellen, ligesom en computersimulation har tjent mere som inspiration end til verifikation. Visuelle forestillingsbilleder er repræsenteret i to strukturer. Information om genstandes udseende er lagret permanent i en »dyb« *repræsentation*. I denne visuelle langtidshukommelse er der både propositionelle »lister« af kendsgerninger om genstande (fx. om dele, delenes lokalisation, objekters omtrentlige størrelseskategori, og deres kategorinavn) og »lister« med information om genstandes udseende. Disse kvasi-billedlige lister er ikke i sig selv spatialt ordnede, men indeholder information om spatialt ordnede punkter i en »overfladerepræsentation«, som Kosslyn kalder den »visuelle buffer«. Det er en korttidshukommelse eller arbejdshukommelse, som i alt væsentligt synes at svare til »the Visuo-Spatial Scratchpad« i Baddeley's (1986) model. Den visuelle »buffer« er det medium, hvori de bevidste forestillingsbilleder dannes, og hvor de kan fastholdes, inspiceres, og bearbejdes. Den har visse faste egenskaber uafhængig af indhold: Den har spatial udstrækning, som er begrænset, og den har begrænset opløsningsevne. Forestillingsbilleder fremtræder skarpest og klarest nær mediets midte, og mere utydelige mod periferien. Den har begrænset kapacitet, og det fremkaldte billede må aktivt vedligeholdes for ikke at svinde bort. Indholdet i den visuelle »buffer« er altså ikke som et fotografi (som metaforen om »the mind's eye« kunne antyde), men indeholder udover den spatiale udstrækning også andre billedlige kvaliteter som farve, kontrast, tekstur og skarphed. Forestillede scener fremtræder ikke umiddelbart samlet i den visuelle »buffer«, men organiseres serielt af deres dele. Kosslyn finder endelig, at objekter i overfladestrukturen fremtræder seer-centreret, som set fra en bestemt synsvinkel (i modsætning til objekt-centreret repræsentation; se Marr, 1982).

Datastrukturerne kan manipuleres eller behandles på forskellig måde i den visuelle »buffer«, afhængig af hvilken opgave der skal løses. Kosslyn's teori opererer med tre grundlæggende *processer*: *fremkaldelse* af visuelle forestillingsbilleder (overførsel fra dyb til overfladerepræsentation), *inspek-*

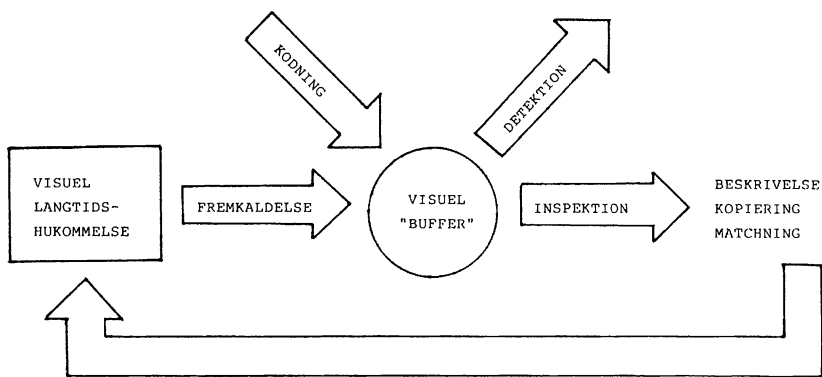
tion (procedurer for vurdering af billedet og for ændring til organiserede helheder), og *transformation* (procedurer for ændring af størrelse, for scanning, og for rotation). Beskrivelsen af hver af disse processer, og i nogle tilfælde delprocesser, er funderet på en imponerende række eksperimenter med normale forsøgspersoner. Nogle af disse kan kritiseres for at tillægge trænede forsøgspersoners introspektion for stor vægt. Flertallet er variationer over reaktionstidsparadigmet med »objektivering« af de forskellige processer. Kosslyn's teori har vist sig frugtbar, blandt andet som grundlag for analyser af hvordan mentale forestillingsbilleder påvirkes af hjerneskader.

### **Tab af visuelle forestillingsbilleder ved hjerneskader: komponent-analyser**

Den funktionelle lighed mellem visuelle forestillingsbilleder og visuel perception er allerede omtalt, og den hypotese er nærliggende, at nogle af deres funktionelle subsystemer formidles af de samme neurale strukturer i synssystemet (Finke, 1986; Kosslyn, 1987; Arditi, Holtzman og Kosslyn, 1988). Er dette tilfældet, kan vi forvente at finde en vis lighed i defekter i perception og forestillingsbilleder efter hjerneskade. Tab af visuelle forestillingsbilleder har været beskrevet i den neurologiske litteratur i form af kasuistikker i årtier, og det har også været bemærket, at disse patienter oftest samtidig havde perceptuelle defekter. Farah (1984) har samlet og nyvurderet denne litteratur i lyset af Kosslyn's (1980) teori. Hendes komponent-analyse er forbilledlig klar og vel gennemført, og da den også kan tjene som model for fremtidige studier, er der grund til at beskrive den nøjere.

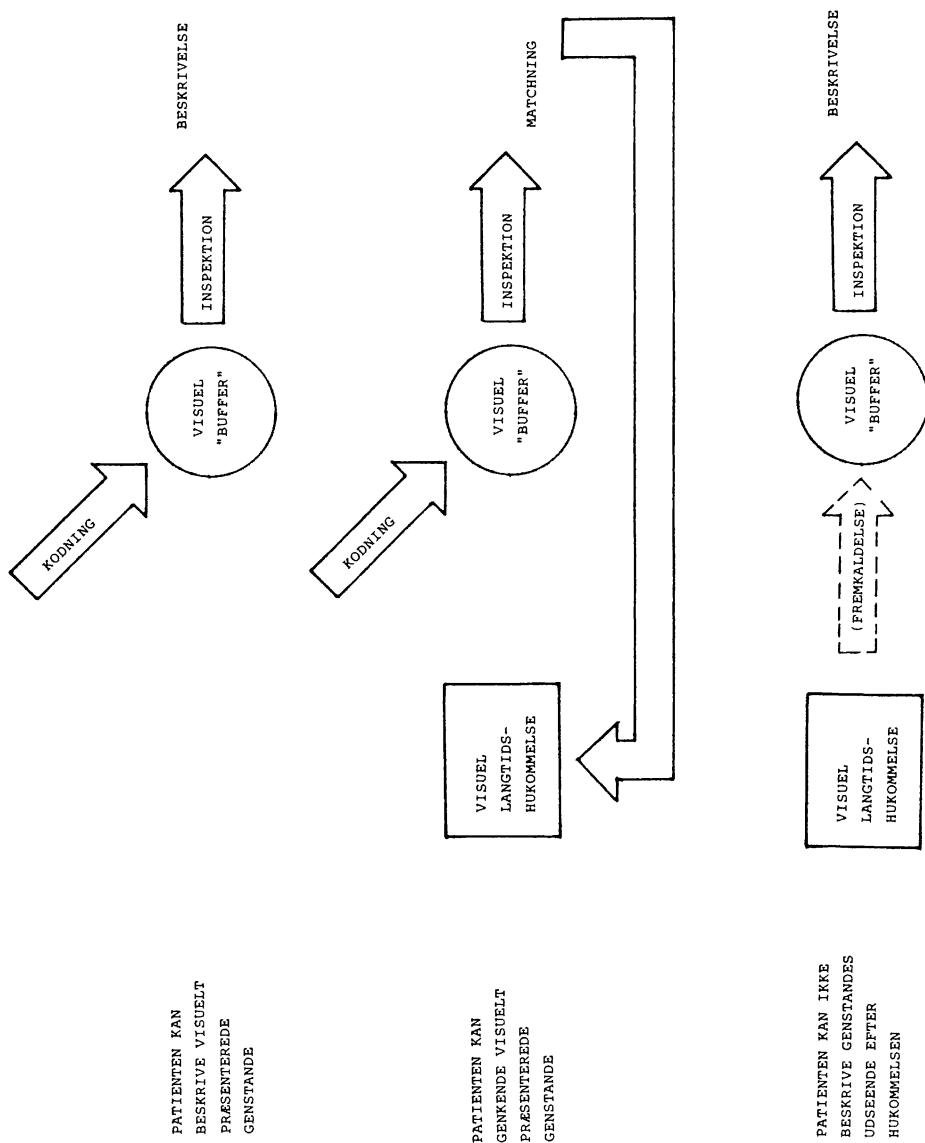
Farah forventer, at en patient vil være uden introspektive forestillingsbilleder og vil være ude af stand til at udføre opgaver, som for deres gennemførelse kræver brug af et forestillingsbillede, såfremt nogen af følgende komponenter er ødelagt ved hjerneskade: (»semantisk«) visuel langtidshukommelse, den visuelle »buffer«, fremkaldelsesprocessen, eller inspektionsprocessen. Tab af transformationsprocesser vil ikke nødvendigvis føre til fuldstændig tab af visuelle forestillingsbilleder, men forventes at kunne medføre defekter i visuo-spatial tænkning. Hun har dernæst gennemført en formel opgaveanalyse af patienternes intakte og defekte funktioner som beskrevet i kasuistikkerne, for om muligt at slutte sig til, hvilke komponenter er skadede. (En opgaveanalyse er en teori om de kognitive processer, som kræves for udførelsen af en opgave). De seks væsentligste og hyppigst undersøgte opgaver med relevans for vurdering af visuelle forestillingsbilleder er: opgaver med spørgsmål til besvarelse (fx.: »Harde George Washington skæg?«), introspektionsopgaver, tegning og konstruktionsopgaver, genkendelse, samt sensoriske og perceptuelle opgaver. For at beskrive alle komponenter i disse opgaver måtte den grundlæggende model tilføjes en »beskrive«-komponent (til opgaver med verbal beskrivelse på grundlag af

indholdet i den visuelle »buffer«), en »kopierings«-komponent (til konstruktive opgaver, hvor indholdet i den visuelle »buffer« efter inspektion tegnes eller konstrueres), samt en »detektions«-komponent (til simple introspektionsopgaver, hvor det blot drejer sig om at erkende tilstedeværelsen af aktivering i den visuelle »buffer«). Farah's analyse er baseret på den forudsætning, at visuel kodning sker i den visuelle »buffer«, som altså antages at være fælles for perception og forestillen. Endelig opereres med en genkendelsesproces (oversættelse af perceptet til formatet for langtids-hukommelse og sammenligning, hvor genkendelse består i en matchning mellem inputtet og en eksisterende hukommelse) og en yderligere antagelse om, at den visuelle langtids-hukommelse anvendt ved visuel genkendelse også anvendes ved fremkaldelse af forestillingsbilleder. Disse yderligere antagelser forekommer ret uproblematisk. Modellen er illustreret i diagramform i figur 4.



Figur 4. Farah's (1984) generelle model af lagre og processer involveret i perception og forestillen, anvendt i opgave-analysen.

Farah identificerede 37 patienter i litteraturen, hvor der var beskrevet tab af visuelle forestillingsbilleder. I 27 af disse beskrivelser var der tilstrækkelige oplysninger til at gennemføre komponent-analysen. Logikken heri er følgende. Hvis en patient ikke kan udføre en opgave, må én eller flere af de kognitive komponenter, som kræves for opgavens udførelse, være skadet. Antallet af mulige skadede komponenter kan indsnævres ved at iagttage, hvilke af de samme komponenter også kræves i opgaver, som patienten kan udføre. Man kan slutte, at en komponent er skadet, hvis det er den eneste komponent i opgave-analysen af en fejlet opgave, som ikke samtidig optræder i opgave-analysen af en opgave som udføres korrekt.



Figur 5. Eksempel på komponent-analyse af patienters intakte og defekte præstationer i perception og forestilling. I dette eksempel kan slutes, at fremkaldelsesprocessen må være defekt. Efter Farah (1984).

Et eksempel på modellens anvendelse er illustreret i figur 5. Disse patienter kunne ikke besvare spørgsmål, som krævede visuelle forestillingsbilleder (jvf. det tidligere anførte eksempel om George Washington's udseende, som netop en af disse patienter ikke kunne besvare). Derimod havde de ikke nogen vanskelighed ved at besvare lignende spørgsmål om synlige stimuli, og kunne genkende visuelt præsenterede stimuli (dvs. de var ikke visuelt agnostiske). Den eneste komponent i den fejlede forestillingsopgave, som indgår i de to korrekt udførte perceptuelle opgaver, er fremkaldelse fra den dybe repræsentation til arbejdshukommelsen. Hos de fem patienter, som ikke viste dette mønster, kan man derfor antage at deres tab af forestillingsbilleder skyldes fremkaldelsesdefekt. Det samme kan man slutte ved patienter, som ikke kan tegne almindelige genstande efter hukommelsen, selv om de kan kopiere de samme genstande og kan genkende visuelt præsenterede genstande (to patienter). Også fravær af forestillingsbilleder ved introspektion hos ikke-agnostiske patienter, som også oplever at kunne se (intakt detektion) kan antages at skyldes defekt fremkaldelse i følge samme logik. Hos i alt 8 patienter antydede analysen defekt fremkaldelse. Hos syv af disse var der rimeligt detaljerede oplysninger om skadens lokalisation. Den var i alle tilfælde posterior, enten bilateral eller tilsyneladende begrænset til den dominante hemisfære.

Hos andre 13 patienter med tab af visuelle forestillingsbilleder og associativ visuel agnosi kunne en tilsvarende analyse implicere defekt visuel langtidshukommelse (bilaterale posteriore læsioner), og hos 5 patienter kunne de mulige skadede komponenter ikke sikkert indsnævres til en enkelt.

Farah (1914) og Kosslyn (1987) har på grundlag af disse og andre fund (Farah, 1986; Farah, Gazzaniga, Holtzman og Kosslyn, 1985) konkluderet, at mens de fleste processeringsmoduler virksomme i forestillen er ligeligt repræsenteret i de to hemisfærer, så er fremkaldelsesprocessen alene eller overvejende lokaliseret i venstre hemisfære. Dette er både uventet (jvf. den tidligere diskussion om visualiseringseffekten ved verbal indlæring) og af potentiel stor betydning for vor forståelse af hemisfærelateralisering, og spørgsmålet er da også endnu uafklaret. Sergent (1989) har bl.a. påpeget ikke blot det selvfølgelig, at Farah's (1984) analyse er post hoc og baseret på usystematisk undersøgte patienter, men også at en selektiv visuo-verbal afbrydelse (disconnection) kan forklare defekter i den verbale beskrivelse af forestillingsbilleder (figur 5) på samme måde som en interhemisfærisk afbrydelse vil kunne være ansvarlig for manglende evne til at tegne efter hukommelsen. Kun én af Farah's kasuistikker indeholdt oplysninger om defekter på begge områder. Fremtidige undersøgelser af patienter med tab af visuelle forestillingsbilleder må derfor indeholde enten verbal beskrivelse (og evt. tegning) af tachistoskopisk præsenterede stimuli, eller relevante non-verbale eksperimentelle procedurer til vurdering af forestillen (Farah, Levine og Calvanio, 1988), i tillæg til belysning af alle komponenter i Farah's (1984) model.

## Visuelle forestillingsbilleder og de to visuelle systemer

I de tidligere publicerede kasuistikker om tab af visuelle forestillingsbilleder (Farah, 1984) er der flere tilfælde af indholdsspecifik agnosi (specielt defekt ansigtsgenkendelse, prosopagnosi). Hvor forestillingsbilleder blev undersøgt for både genkendelige og ikke-genkendelige kategorier (i alt 4 patienter) var der i alle tilfælde defekt forestillen begrænset til den agnostiske kategori. Dette støtter antagelsen om, at forestillen og perception benytter sig af samme neurale strukturer, og man kan da opstille den hypotese, at visuel forestillen også kan dissocieres i »hvad« og »hvor« (Levine, Warach og Farah, 1985).

Det er velkendt siden Newcombe og Russell's (1969) undersøgelser af patienter med skudlæsioner, at visuel agnosi kan optræde uafhængigt af forstyrrelser i visuel orientering. Patienter med visuel agnosi kan ikke visuelt identificere genstande, men kan orientere sig korrekt i forhold til genstande i omverdenen og kan gribe og pege, etc. Patienter med visuel desorientering kan ikke placere genstande korrekt i forhold til hinanden eller egen krop, men kan identificere dem. Denne dissociation må forstås ud fra eksistensen af to delvist uafhængige kortikale visuelle systemer. Neuroanatomiske, neurofysiologiske og adfærdsdata (Ungerleider og Mishkin, 1982) har vist, at den visuelle information deles i et ventralt system fra occipital korteks til inferotemporal korteks, og et dorsalt system fra occipital korteks til områder i parietalregionen. Det ventrale system bærer information til genkendelse af hvad objekter er, mens det dorsale system er involveret i analyse af, hvor genstande er lokaliseret. (Bemærk, at begge systemer er striatale – jævnfør Willangers artikel, dette nummer). Der er ret detaljeret viden om de to systemer (Ungerleider & Mishkin, 1982), men det nævnte er tilstrækkeligt for at vurdere, om en lignende opdeling af visuel forestillen er mulig og relevant.

Det ser ud til at være tilfældet. Levine et al. (1985) har beskrevet to relevante patienter. Den ene (med bilateral temporo-occipital læsion) havde kun mild resterende generel visuel agnosi, men svær prosopagnosi, og var ude af stand til at beskrive ansigter og dyr. Fx. sagde han, bedt om at beskrive en elefant: »Lange ben, en hals der er lang nok til at bøjes ned mod jorden for at samle ting op – – – det er i store træk, og mere kan jeg vist ikke sige.« Patienten kunne ubesværet kopiere tegninger, men ikke frit tegne fx. ur eller dyr. Der var også svækket farveperception, og svarende hertil usikker farveforestillen. Fx. kunne han ikke angive farven på det indre af en vandmelon. I modsætning til disse deficits i genkendelse var patienten sikker i alle former for spatial orientering og diskrimination, og der var glimrende spatial forestillen. Han kunne tegne grundplanen af sit hus, og han gav en detaljeret og korrekt beskrivelse af, hvordan han orienterede sig fra den ene ende af byen til den anden.

Den anden patient viste det stik modsatte billede, i dette tilfælde på grundlag af bilaterale parieto-occipitale læsioner. Denne patient kunne

identificere objekter og deres afbildninger, samt ansigter og farver. Hans beskrivelse af ansigter og dyr viste også god forestillingsevne for form. Han kunne imidlertid ikke med hænderne ramme en genstand, kunne ikke sikkert afgøre, hvilken af to genstande var nærmest eller fjernest, over eller under, og kunne kun med besvær fiksere en genstand blandt flere. Han kunne ikke skelne en skrå linie fra en lodret, kunne ikke forbinde to punkter med en streg, og kunne ikke kopiere de simpleste geometriske former. Han kunne ikke finde rundt, og for vild i sit eget hjem. Hos denne patient var spatial forestillingsevne også svært skadet. Han kunne ikke beskrive, hvorledes han kom fra sit hus til kiosken på hjørnet, en tur han plejede at gå flere gange om ugen, men kunne godt beskrive butikken og dens ejers udseende. Siddende i sin stol med bind for øjnene kunne han ikke pege i retning af døren, vinduet eller radioen.

Levine et al (1985) har også givet en oversigt over relevante kasuistikker i litteraturen. I cirka halvdelen af de publicerede tilfælde af prosopagnosi uden visuel desorientering, og af visuel desorientering uden prosopagnosi, er der oplysninger om forestillingsevne. Det store flertal af disse patienter har haft defekt forestillingen svarende til den visuelle defekt. Hos de fleste patienter med prosopagnosi var der også defekt farveidentifikation, og hos disse var der en noget svagere sammenhæng med defekt farveforestillingsevne, idet halvdelen af de relevante undersøgte kunne angive almindelige genstandes farve efter hukommelsen. (Det er dog usikkert, i hvilken udstrækning visuel forestillingen er nødvendig for at angive genstandes farver. Fx. forekommer den verbale association mellem postkasse og rød høj). De to syndromer adskilte sig også pato-anatomisk. Svær prosopagnosi og svær visuel desorientering kræver begge bilaterale læsioner, men hvor læsionerne ved prosopagnosi-akromatopsi med tab af form- og farveforestillingsevne er temporo-occipitale, så er de ved visuel desorientering med tab af visuo-spatial forestillingsevne parieto-occipitale. Resultaterne antyder således, at de to visuelle systemer (eller dele deraf) også tjener som neuralt grundlag for to distinkte former for visuel forestilling.

### **Visuel forestilling og visuo-spatial neglekt**

Patienter uden elementære sensoriske eller motoriske defekter har en tilbøjelighed til ikke at orientere sig mod, opdage, eller rapportere stimuli, som præsenteres på den side, som er modsat en cerebral læsion. Denne defekt – neglekt – ses hyppigst og i sværest grad ved læsioner i højre hemisfære.

De dominerende teorier om neglekt antager defekter i opmærksomhedsmekanismer. Heilman (1979) har således foreslået, at højre hemisfære udøver opmærksomhedskontrol over hele det ydre rum, mens venstre hemisfæres kontrol er begrænset til det modsidige felt.

Bisiach og medarbejdere (fx. Bisiach og Berti, 1987) har i stedet foreslået, at forstyrrelsen direkte angår de spatiale skemata i de mentale repræsentationer. To sæt af observationer med forestillingsbilleder hos patienter med unilateral neglekt er centrale for dette synspunkt. Det ene (Bisiach, Luzzatti og Perani, 1979) viste neglekt for venstre side af mentale rekonstruktioner af figurer, som patienterne ikke havde set stationært i deres helhed, men i bevægelse fra højre mod venstre eller omvendt bag en centralt placeret vertikal »rude«. Patienterne havde således haft lejlighed til at fokusere deres opmærksomhed på alle detaljer af figuren successivt, og opfattelsen af helheden krævede en mental rekonstruktion. Et lignende fænomen blev påvist (Bisiach og Luzzatti, 1978; Bisiach, Capitani, Luzzatti og Perani, 1981) hos patienter med visuel neglekt, som skulle fremkalde mentale repræsentationer fra den visuelle langtidshukommelse. Disse patienter blev for eksempel bedt om at forestille sig og give en verbal beskrivelse af domkirkepladsen i Milano, som de »så« den for sig vendt mod domkirken. I denne situation undlod de at rapportere en del af de bygninger og andre detaljer, som befandt sig i venstre »forestillingsfelt«. Når de derefter blev bedt om at forestille sig pladsen, som de så den med ryggen til domkirken, kunne de typisk fortælle om de tidligere udeladte detaljer, nu på højre side, mens de tidligere rapporterede detaljer, nu på venstre side, typisk blev udeladt.

Disse observationer har implikationer for vores forståelse af bevidsthed. Pylyshyn (1973) og andre kritikere af mentale forestillingsbilleder har angrebet »mind's eye« metaforen. Dette kræver, hævdes det, et ekstra processeringssystem, en slags homunkulus i hjernen, til at tolke informationen for »det indre blik«. De mentale spatiale repræsentationer har dog sjældent været forstået som havende fotografi-lignende kvaliteter (som i figur 3). Den retinotopiske organisation i synskortex er imidlertid bevaret over flere synapser (Cowey, 1982), og det er nærliggende at forestille sig mentale forestillingsbilleder som spatiale konfigurationer af aktivitet i disse strukturer i visuel associationskortex. Bevidsthed, den bevidste oplevelse, er ikke i en homunkulus, som »ser« ned på og »oplever« disse konfigurationer, men er et integreret led i selve aktiviteten, måske i kraft af en »intensivering« af aktiviteten (Crick, 1984). »Oculus imaginationis« (figur 3) er *i*, og ikke *over*, de neurale aktivitetsmønstre (Bisiach og Berti, 1987).

Disse aktivitetsmønstre har man de seneste år fået mulighed for at visualisere på en helt anden måde.

### Cerebral aktivering

I alle hidtil omtalte undersøgelser af den cerebrale organisation af forestillen har evidensen været enten kognitiv eksperimentel eller neuropsykologisk. Tendensen går i øjeblikket mod en integration af eksperimentelle og neuropsykologiske metoder yderligere suppleret af nyudviklede neurofysiologiske undersøgelsesmetoder, blandt andet tomografiske neuroimaging metoder



til undersøgelse af cerebral blodgennemstrømning. Disse metoder er baseret på det forhold, at den regionale blodgennemstrømning under normalfysiologiske forhold øges med stigende neuronal aktivitet, og man kan med moderne udstyr aflæse på tomografiske snitbilleder, hvilke områder af hjernen er specielt aktive under udførelsen af kognitive opgaver. Metodernes begrænsning er væsentligst en noget grov spatial og temporal opløsningsevne, afhængig af både radioaktivt sporstof, antal detektorer og computerberegning.

Den første demonstration af kortikal aktivering af et afgrænset område ved forestillen angik en mental motorisk opgave. Per Roland og medarbejdere (Roland, Larsen, Lassen og Skinhøj, 1980) fandt ved en simpel opgave, hvor forsøgspersonerne repetitivt flekterede pegefingern mod en fjeder, en stigning i blodgennemstrømningen i den modsidige hemisfære begrænset til hånden område på begge sider af centralfuren. Ved en efterfølgende sekvens af hurtige, isolerede bevægelser af individuelle fingre registreredes øget aktivitet i de samme modsidige områder, men dertil en lige så stor stigning i blodgennemstrømningen bilateralt i det supplementærmotoriske område mesialt i frontallappen. Tredje fase af forsøget var en gentagelse af sekvensbevægelserne med den vigtige ændring, at forsøgspersonen nu ikke skulle udføre bevægelsen, men simulere sekvensen internt. Elektromyografisk registrering af muskelaktiviteten sikrede, at forsøgspersonerne fulgte instruktionen om alene at udføre bevægelsen mentalt. Aktivitetsstigningen var nu begrænset til det supplementærmotoriske område.

Ved visuel forestillen har resultaterne været mindre éntydige. Ved både emissionstomografi (Goldenberg et al, 1987 og 1989) og fremkaldte potentialer med topografisk mapping (Peronnet, Farah og Gonon, 1988) har de opnåede mønstre ganske vist klart støttet antagelsen om, at visuel forestillen og perception har delvis fælles repræsentation (inferotemporalt og occipitalt), men der ses forskelle i aktivitetsmønstre, hvis betydning endnu ikke er klarlagt. Årsagen er muligvis at højre henholdsvis venstre hemisfære kan dominere ikke blot afhængig af hvilke forestillingsdelprocesser aktiveres, men også afhængig af hvilken kognitiv opgave forestillingen betjener.

Således gav et forsøg med associationsindlæring med konkrete navneord uden speciel instruktion aktivitetsstigning occipitalt og inferotemporalt i begge hemisfærer, mest udtalt i højre. Med eksplicit instruktion om at anvende visualisering forekom der et udtalt skift mod venstre hemisfære (Goldenberg, Podreka, Steiner og Willmes, 1987). Disse resultater er i klar modstrid med den tidligere omtalte simplistiske antagelse om visualiserings-effekten som højre-hemisfæreformidlet. Læsioner temporo-occipitalt i venstre side synes også selektivt at forstyrre den sædvanlige visualiserings-effekt ved verbal indlæring (Goldenberg, 1989), selv om disse patienter kunne udføre visuo-spatiale forestillingsopgaver. Goldenberg og medarbejdere (Goldenberg, Podreka, Steiner, Willmes, Suess og Deecke, 1989) fandt også emissionstomografisk evidens for venstresidig occipital dominans ved en visuel sætningsverifikationsopgave (fx. »en grapefrugt er større end en

appelsin«), men et noget andet mønster ved en opgave, som krævede inspektion af forestillede bogstaver. Det er endnu uklart, hvordan disse resultater skal tolkes, og Corballis og Sergent (1988, 1989) har i tachistoskopforsøg med en patient med overskåret corpus callosum opnået resultater, som yderligere komplicerer billedet. Hos denne patient kunne kun højre hemisfære mentalt rotere figurer. Ved andre opgaver med krav om forestillen, hvor billedet skulle fremkaldes (fx. små bogstaver svarende til store bogstaver), var højre hemisfære hurtigst, men venstre hemisfære begik færre fejl. Det synes endnu for tidligt at sige, om den endelige forklaring på disse fund vil kunne gives i form af en forskellig bearbejdningsmåde i de to hjernehalvdele (fx. at venstre hemisfære bidrager i forestillingsopgaver svarende til hvor komplekse og bevidste de er), om hemisfæredominansen i forestillen er påvirket af materialet, eller om der er reel hemisfæredeling mellem delkomponenter i forestillen. Dissociationen mellem »hvad« og »hvor« er allerede omtalt, og de spatiale aspekter ved forestillingsbilleder kan yderligere tænkes at være multimodale (Arditi, Holtzman og Kosslyn, 1988; Goldenberg et al, 1989). Hvad der forekommer sikkert er, at der ved visuelle forestillingsbilleder ikke er tale om et enkelt invariant cerebralt forestillingssystem, men at visuelle forestillingsbilleder betjener sig af forskellige neurale strukturer afhængig af opgaven.

### Afsluttende bemærkninger

Richardson, Denis og Engelkamp (1988) har i en kommentar til det første europæiske møde om forestillen og kognition udtalt, at fremskridt i udforskningen af mentale forestillingsbilleders neuropsykologi vil være afhængig af en yderligere udvikling og afprøvning af detaljerede teoretiske specifikationer af de kognitive processer, som antages at være involveret. Dette synspunkt svarer til grundtanken i denne artikel, at den, omend meget ufuldstændige, så dog væsentlige neuropsykologiske indsigt opnået i dette årti havde teoretiske kognitive formuleringer som Kosslyn's (1980) og Farah's (1984) som forudsætning. Der er også grund til at antage, at yderligere undersøgelser på dette grundlag kan være frugtbare, for eksempel af deficit i tegnefærdigheder (Grossi, Orsini og Modafferri, 1986; Grossman, 1988; van Sommers, 1989). Andre fænomener med relation til forestillingsbilleder som hallucinationer (Brown, 1985) og drømme (fx. Greenberg og Farah, 1986) vil formentlig kræve en mere omfattende model.

I denne som i andre nutidige artikler om mental forestillen har næsten kun visuel og visuo-spatial forestillen været omtalt. Dette indebærer *ikke* en tilbagevenden til nogen antagelse om, at visuel forestillen er central eller ligefrem en betingelse for tænkning – som hos associationspsykologerne. Årsagen må snarere søges dels i konventionel sprogbrug, hvor »forestillen« oftest reserveres den visuelle modalitet, dels i det forhold at tilsvarende processer i andre modaliteter kan være sværere at manipulere eksperimen-

telt. Baddeley's (1986, 1988) formulering af »arbejdshukommelsen« er formentlig den bedst udbyggede overordnede model. Her er en fonologisk korttidshukommelse (the »articulatory loop«) og en visuel korttidshukommelse (the »visuo-spatial scratchpad«) begge underordnede »slavesystemer« til et mere hypotetisk centralt system med opmærksomhedskontrol.

## LITTERATUR

- ARDITI, A., HOLTZMAN, J.D. & KOSSLYN, S.M. (1988). Mental imagery and sensory experience in congenital blindness. *Neuropsychologia*, 26, 1-12.
- BADDELEY, A.D. (1982). Amnesia: A minimal model and an interpretation. I L.S. Cermak (red.), *Human memory and amnesia*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, pp. 305-336.
- BADDELEY, A.D. (1986). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.
- BADDELEY, A.D. (1988). Cognitive psychology and human memory. *Trends in Neurosciences*, 11, 176-181.
- BADDELEY, A.D. & WARRINGTON, E.K. (1973). Memory coding and amnesia. *Neuropsychologia*, 11, 159-165.
- BISIACH, E. & BERTI, A. (1987). Dyschiria. An attempt at its systemic explanation. I M. Jeannerod (red.), *Neurophysiological and neuropsychological aspects of spatial neglect*. Amsterdam: Elsevier, pp. 183-201.
- BISIACH, E. & LUZZATTI, C. (1978). Unilateral neglect of representational space. *Cortex*, 14, 129-133.
- BISIACH, E., LUZZATTI, C. & PERANI, D. (1979). Unilateral neglect, representational schema and consciousness. *Brain*, 102, 609-618.
- BISIACH, E., CAPITANI, E., LUZZATTI, C. & PERANI, D. (1981). Brain and conscious representation of outside reality. *Neuropsychologia*, 19, 543-551.
- BOWER, G.H. (1972). Mental imagery and associative learning. I L.W. Gregg (red.). *Cognition in learning and memory*. New York: Wiley, pp. 51-88.
- BROWN, J.W. (1985). Hallucinations. Imagery and the microstructure of perception. I J.A.M. Frederiks (red.), *Handbook of Clinical Neurology*, bind 1 (45): *Clinical Neuropsychology*. Amsterdam: Elsevier, pp. 351-372.
- BUNDESEN, C. (1986). *Studier af visuel informationsbehandling: sammenfattende redøgørelse*. Psykologisk Forskningsrapport nr. 5. Psykologisk Laboratorium, Københavns Universitet.
- BUNDESEN, C. & LARSEN, A. (1975). Visual transformation of size. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1, 214-220.
- CERMAK, L.S. (1975). Imagery as an aid to retrieval for Korsakoff patients. *Cortex*, 11, 163-169.
- CERMAK, L.S. (1980). Improving retention in alcoholic Korsakoff patients. *Journal of Studies on Alcohol*, 41, 159-169.
- COOPER, L.A. (1976). Demonstration of a mental analog of an external rotation. *Perception & Psychophysics*, 19, 296-302.
- CORBALLIS, M.C. & SERGENT, J. (1988). Imagery in a commissurotomized patient. *Neuropsychologia*, 26, 13-26.
- CORBALLIS, M.C. & SERGENT, J. (1989). Mental rotation in a commissurotomized subject. *Neuropsychologia*, 27, 585-597.
- COWEY, A. (1983). Sensory and non-sensory visual disorders in man and monkey. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, B 298, 3-13.
- CRAIK, F.I.M. & LOCKHART, R.S. (1972). Levels of processing: a framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.
- CRICK, F. (1984). Function of the thalamic reticular complex: The searchlight hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 81, 4485-4490.

- CUTTING, J. (1978). A cognitive approach to Korsakoff's syndrome. *Cortex*, 14, 485-495.
- FARAH, M.J. (1984). The neurological basis of mental imagery: A componential analysis. *Cognition*, 18, 245-272.
- FARAH, M.J. (1986). The laterality of mental image generation: a test with normal subjects. *Neuropsychologia*, 24, 541-551.
- FARAH, M.J., GAZZANIGA, M.S., HOLTZMAN, J.D. & KOSSLYN, S.M. (1985). A left hemisphere basis for visual mental imagery? *Neuropsychologia*, 23, 115-118.
- FARAH, M.J., LEVINE, D.N. & CALVANIO, R. (1988). A case study of mental imagery deficit. *Brain and Cognition*, 8, 147-164.
- FINKE, R.A. (1986). Mental imagery and the visual system. *Scientific American*, March 1986, 76-86.
- GALTON, F. (1883). *Inquiries into human faculty and its development*. London: Mac-Millan.
- GOLDENBERG, G. (1989). The ability of patients with brain damage to generate mental visual images. *Brain*, 112, 305-325.
- GOLDENBERG, G., PODREKA, I., STEINER, M. & WILLMES, K. (1987). Patterns of regional cerebral blood flow related to memorizing of high and low imagery words – an emission computer tomography study. *Neuropsychologia*, 25, 473-485.
- GOLDENBERG, G., PODREKA, I., STEINER, M., WILLMES, K., SUESS, E. & DEECKE, L. (1989). Regional cerebral blood flow patterns in visual imagery. *Neuropsychologia*, 27, 641-664.
- GREENBERG, M.S. & FARAH, M.J. (1986). The laterality of dreaming. *Brain and Cognition*, 5, 307-321.
- GROSSI, D., ORSINI, A. & MODAFFERI, A. (1986). Visuoimaginal constructional apraxia: On a case of selective deficit of imagery. *Brain and Cognition*, 5, 255-267.
- GROSSMAN, M. (1988). Drawing deficits in brain-damaged patients' freehand pictures. *Brain and Cognition*, 8, 189-205.
- HEBB, D.O. (1968). Concerning imagery. *Psychological Review*, 75, 466-477.
- HEILMAN, K.M. (1979). Neglect and related disorders. I.K.M. Heilman & E. Valenstein (red.). *Clinical neuropsychology*. New York: Oxford University Press, pp. 268-307.
- HOWES, J. (1983). Effects of experimenter and self-generated imagery on the Korsakoff patient's memory performance. *Neuropsychologia*, 21, 341-349.
- JONES, M.K. (1974). Imagery as a mnemonic aid after left temporal lobectomy: contrast between material-specific and generalized memory disorders. *Neuropsychologia*, 12, 21-30.
- JONES-GOTMAN, M. & MILNER, B. (1978). Right temporal-lobe contribution to image-mediated verbal learning. *Neuropsychologia*, 16, 61-71.
- KAPUR, N. (1978). Visual imagery capacity of alcoholic Korsakoff patients. *Neuropsychologia*, 16, 517-519.
- KOSSLYN, S.M. (1980). *Image and mind*. Cambridge: Harvard University Press.
- KOSSLYN, S.M. (1987). Seeing and imagining in the cerebral hemispheres: A computational approach. *Psychological Review*, 94, 148-175.
- LARSEN, A. (1986). Om visuel genkendelse af form. *Psyke & Logos*, 7, 228-243.
- LENG, N.R.C. & PARKIN, A.J. (1988). Amnesic patients can benefit from instructions to use imagery: evidence against the cognitive mediation hypothesis. *Cortex*, 24, 33-39.
- MARR, D. (1982). *Vision*. New York: Freeman.
- MARSCHARK, M., RICHMAN, C.L., YUILLE, J.C. & HUNT, R.R. (1987). The role of imagery in memory: On shared and distinctive information. *Psychological Bulletin*, 102, 28-41.
- MILNER, B. (1968). Visual recognition and recall after right temporal-lobe excision in man. *Neuropsychologia*, 6, 191-209.

- NEWCOMBE, F. & RUSSELL, W.R. (1969). Dissociated visual perceptual and spatial deficits in focal lesions of the right hemisphere. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 32, 73-81.
- PAIVIO, A. (1969). Mental imagery in associative learning and memory. *Psychological Review*, 76, 241-263.
- PAIVIO, A. (1970). On the functional significance of imagery. *Psychological Bulletin*, 73, 385-392.
- PAIVIO, A., YUILLE, J.C. & MADIGAN, S.A. (1968). Concreteness, imagery, and meaningfulness values for 925 nouns. *Journal of Experimental Psychology*, 76, Monograph supplement 1, part 2, 1-25.
- PERONNET, F., FARAH, M.J. & CONON, M.-A. (1988). Evidence for shared structures between imagery and perception. I M. Denis, J. Engelkamp & J.T.E. Richardson (red.). *Cognitive and neuropsychological approaches to mental imagery*. Dordrecht: Martinus Nijhoff, pp. 357-362.
- PYLYSHYN, Z.W. (1973). What the mind's eye tells the mind's brain: A critique of mental imagery. *Psychological Bulletin*, 80, 1-24.
- RICHARDSON, J.T.E., CERMAK, L.S., BLACKFORD, S.P. & O'CONNOR, M. (1987). The efficacy of imagery mnemonics following brain damage. I M.A. McDaniel & M. Pressley (red.). *Imaginal and related mnemonic processes*. New York: Springer, pp. 303-328.
- RICHARDSON, J.T.E., DENIS, M. & ENGELKAMP, J. (1988). European contributions to research on imagery and cognition. I M. Denis, J. Engelkamp & J.T.E. Richardson (red.). *Cognitive and neuropsychological approaches to mental imagery*. Dordrecht: Martinus Nijhoff, pp. 421-426.
- ROCK, I., WHEELER, D. & TUDOR, L. (1989). Can we imagine how objects look from other viewpoints? *Cognitive Psychology*, 21, 185-210.
- ROLAND, P.E., LARSEN, B., LASSEN, N.A. & SKINHØJ, E. (1980). Supplementary motor area and other cortical areas in organization of voluntary movements in man. *Journal of Neurophysiology*, 43, 118-136.
- SEGAL, S.J. & FUSELLA, V. (1970). Influence of imaged pictures and sounds on detection of visual and auditory signals. *Journals of Experimental Psychology*, 83, 458-464.
- SERGEANT, J. (1989). Image generation and processing of generated images in the cerebral hemispheres. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 170-178.
- SHEPARD, R.N. & METZLER, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171, 701-703.
- UNGERLEIDER, L.G. & MISHKIN, M. (1982). Two cortical visual systems. I D.J. Ingle, M.A. Goodale & R.J.W. Mansfield (red.). *Analysis of visual behavior*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, pp. 549-586.
- VAN SOMMERS, P. (1989). A system for drawing and drawing-related neuropsychology. *Cognitive Neuropsychology*, 6, 117-164.
- WATSON, J.W. (1913). Psychology as the behaviorist views it. *Psychological Review*, 20, 158-177.
- WATSON, J.B. (1928). *The ways of behaviorism*. New York: Harper and Brothers.
- YATES, F.A. (1966). *The art of memory*. London: Routledge & Kegan Paul.