



آناطومی کارکردی تصویرسازی ذهنی حاصل از اسامی ذات: یک مطالعه fMRI

دکتر نیما دهقانی

دانشگاه علوم پزشکی ایران

دکتر امیر حسین نجفی

دانشگاه علوم پزشکی ایران

دکتر همایون هادیزاده خرازی^۱

دانشگاه علوم پزشکی ایران

این مقاله، اولین گزارش در مورد به کارگیری fMRI در مطالعات عصب‌شناسی در ایران است. اسکن fMRI در یک طراحی قطعه‌ای (block paradigm)، هنگام تصویرسازی ذهنی (mental imagery) یک فرد طبیعی از اسامی ذات (concrete)، صورت گرفت. شنود غیرفعال اسامی معنی (abstract) و نیز شرایط استراحت، به عنوان شاهد مورد استفاده قرار گرفتند. به هنگام تصویرسازی ذهنی، فعالیت منطقه اولیه بینایی و همچنین فعالیت مناطق دخیل در بازشناخت شیء، بازیافت حافظه، حافظه در کار بینایی و درک محرک‌های پیچیده شنوایی نشان داده شد. همچنین با افزایش زمان تخصیص یافته جهت تصویرسازی ذهنی از اسامی ذات، فعالیت بیشتری در منطقه اولیه بینایی مشاهده گشت. این یافته‌ها نشانگر سازوکارهای مشترک تصویرسازی ذهنی و ادراک بینایی هستند.

مقدمه

تصویرسازی ذهنی (mental imagery) حالتی شناختی است که بر اساس اطلاعات ذخیره شده پیشین (و نه درون داده‌های حاصل از چشم‌ها) موجب ایجاد تجربه بینایی می‌شود. نتایج مطالعات سایکوفیزیک و مطالعاتی که روی بیماران مبتلا به آسیب‌های مغزی انجام شده، همگی نشان داده‌اند که تصویرسازی ذهنی در بسیاری از ویژگی‌های کارکردی و ساختارهای کورتکس مورد استفاده، با ادراک بینایی مشترک است (کلاین و همکاران، ۲۰۰۰). یک موضوع اساسی همچنان حل نشده باقی مانده است: آیا تصویرسازی ذهنی از سازوکارهای عصبی «سطح پایین» که

جهت ادراک بینایی از دنیای پیرامون مورد نیاز هستند، مشترکاً استفاده می‌کند؟ به عبارت دیگر آیا منطقه اولیه بینایی (PVA = primary visual area) یا V1 نقشی در تصویرسازی ذهنی دارد یا خیر؟ (مزرد و همکاران، ۲۰۰۲؛ کلاین و همکاران، ۲۰۰۰؛ فرح، ۲۰۰۰) برخلاف بسیاری از پژوهشگران که منکر فعال شدن این منطقه در هنگام تصویرسازی ذهنی هستند (فلچر و همکاران، ۱۹۹۵؛ ملت و همکاران، ۱۹۹۶؛ رولند و گولیا، ۱۹۹۴؛ ملت و همکاران، ۲۰۰۰)، بعضی پژوهشگران نشان داده‌اند که V1 هنگام ساختن تصاویر ذهنی بینایی به شدت فعال می‌شود (کاسلین و همکاران، ۱۹۹۷؛ کلاین و همکاران، ۲۰۰۰؛ لامبرت و همکاران، ۲۰۰۲). از اولین باری که از تکنیک

^۱ مدیر گروه تصویربرداری تشخیصی



ذات بود. هدف ما از این کار این بود که ببینیم آیا افزایش زمان (داشتن فرصت بیشتر برای رسیدن به تفکیک بالاتر) منجر به فعالیت بیشتر PVA می‌شود یا خیر؟ پیش از این دانشمندان علوم اعصاب این چالش را مطرح ساخته‌اند که شاید هنگام تصویرسازی ذهنی این جزئیات یک تصویر است که موجب فعال شدن V1 می‌شود (ملت و همکاران، ۱۹۹۸؛ ملت و همکاران، ۲۰۰۰؛ کاسلین و تامسون، ۲۰۰۰؛ کلاین و همکاران، ۲۰۰۰).

روش

آزمودنی - آزمودنی مرد ۲۴ ساله‌ای بود با تحصیلات عالی که داوطلبانه در این تحقیق شرکت کرد. پارادایم - پارادایم از ۶ قطعه تشکیل شده بود که ترتیب قطعه‌ها به شرح زیر بود: ذات (قطعه ۱)، معنی (قطعه ۲)، استراحت (قطعه ۳)، ذات (قطعه ۴)، معنی (قطعه ۵)، استراحت (قطعه ۶).

در قطعه اول (ذات)، برای ساختن تصاویر ذهنی بصری، تعداد ۲۱ اسم ذات (اسامی حیوانات و اشیاء مثل نهنگ و آبنه، ولی از اسامی ابزار آلات مانند پیچ گوشتی استفاده نشد). با سرعت یک کلمه در هر ۲ ثانیه به آزمودنی ارائه شد. قطعه ۴ کاملاً همانند قطعه ۱ بود، با این تفاوت که کلمات با سرعت کمتر (یک کلمه در هر ۳ ثانیه) ارائه می‌شد. در قطعات معنی، آزمودنی به طور غیر فعال به فهرستی شامل ۲۱ اسم معنی (کلماتی مانند وجود، برتری، فعلاً، فهمیدن) گوش می‌داد (یک کلمه در هر ۲ ثانیه). در شرایط استراحت، آزمودنی به آرامی دراز کشیده بود (همانند سایر قطعات)، بدون آنکه دستورالعمل خاصی به وی داده شده باشد. وی می‌بایست از هر گونه حرکتی خودداری می‌کرد. چشم‌های آزمودنی در تمام مراحل با یک پوشش چشم پوشیده شده بود و آزمون در یک اتاق تاریک اجرا می‌گردید.

اسکن fMRI و آنالیز داده‌ها - نوسانات موضعی در سطح اکسیژن خون در تصاویر T2 با توالی EPI تک نما (single shot) با TE = 50ms، FA = ۹۰، ۶۴×۶۴ پیکسل، FOV = 23cm) با استفاده از یک دستگاه MRI، تمام بدن با قدرت مغناطیسی ۱/۵ تسلا (Gyrosan, Intera, Philips) ثبت شد. در طول آزمون، با استفاده از TR = 300ms، ۸۰ حجم که هر یک شامل ۱۶ برش

fMRI در بررسی تصویرسازی ذهنی استفاده شد، زمان زیادی نمی‌گذرد. در آن مطالعه، محققان فعالیت PVA را به هنگام یادآوری محرک بصری نشان دادند (لیان و همکاران، ۱۹۹۳) اما با توجه به یافته‌های ناهمگون پژوهش‌های پیشین، بحث مربوط به نقش دقیق PVA در تصویرسازی ذهنی همچنان باز می‌باشد (ملت و همکاران، ۱۹۹۸). پیش از این، بعضی محققان تلاش کرده‌اند که ساختن تصویر ذهنی از اسامی ذات (concrete) را با شنود غیر فعال کلمات معنی (abstract) مقایسه کنند. دو گروه از ایشان (دسپوزیتو و همکاران، ۱۹۹۷؛ ملت و همکاران، ۱۹۹۸) اظهار کردند که PVA به هنگام تصویرسازی ذهنی در مقایسه با شنود غیر فعال، فعالیت بیشتری نشان نمی‌دهد. از سوی دیگر، بعضی محققان (کلاین و همکاران، ۲۰۰۰؛ لامبرت و همکاران، ۲۰۰۲)، فعالیت گذرا در V1 را هنگام ساختن تصاویر ذهنی از اسامی ذات گزارش کرده‌اند. بنابراین، کاملاً مشهود است که حتی در این بخش از مقوله تصویرسازی ذهنی، جای بحث همچنان باقی است.

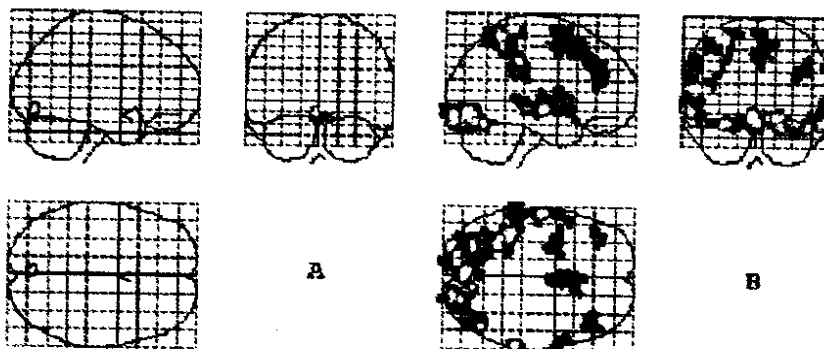
هدف این مطالعه، بررسی اجزای عصبی دخیل در تصویرسازی ذهنی به وسیله fMRI بوده است. ما برای بررسی تصویرسازی از اسامی ذات (در مقایسه با شنود غیر فعال اسامی معنی و شرایط استراحت)، از یک پارادایم قطعه‌ای (block paradigm) استفاده کردیم. fMRI در مقایسه با روش PET، تفکیک مکانی (فضایی) بهتری در اختیار می‌گذارد (ملت و همکاران، ۱۹۹۸). به علاوه، برخلاف سه مطالعه دیگری که ذکر شد (دسپوزیتو و همکاران، ۱۹۹۷؛ کلاین و همکاران، ۲۰۰۰؛ لامبرت و همکاران، ۲۰۰۲) و با توجه به انتقادات و ایرادهای ملت و همکاران (۱۹۹۸) در مورد کاستی‌های مطالعات پیشین در انتخاب شاهد، ما از دو حالت استراحت و شنود غیر فعال اسامی معنی به عنوان شاهد استفاده کردیم.

تفاوت دیگر مدل مطالعه ما با مدل‌های مطالعات پیشین، تفاوت در زمان‌بندی ارائه اسامی بین دو قطعه اسامی



شکل ۱- نگاره‌های آماری پارامتریک

(SPM) کانون‌های اختلاف معنی‌دار در جریان خون منطقه‌ای مغز به هنگام تصویرسازی ذهنی در قطعه ذات با ارائه یک کلمه در هر ۳ ثانیه و قطعه ذات با ارائه یک کلمه در هر ۲ ثانیه (MI3-MI2)، (B) کانون‌های افزایش معنی‌دار در جریان خون منطقه‌ای مغز در قطعات ذات نسبت به قطعات معنی در داخل محدوده مناطقی از مغز که اختلاف معنی‌داری بین قطعات ذات و شرایط استراحت داشتند ($P < 0.05$)



p.3

بعدی نواحی فعال شده مغز را از نماهای مختلف نشان می‌دهد.

بحث

کورتکس اولیه بینایی و مناطق ارتباطی بینایی تک‌وجهی (unimodal) در تصویرسازی ذهنی

همان گونه که پیش از این ذکر شد، در مورد فعال شدن PVA به هنگام تصویرسازی ذهنی اختلاف نظر وجود دارد. در این مطالعه، ما فعال شدن V1 و نیز مناطق ارتباطی تک‌وجهی (مناطق ۱۸ و ۱۹ برودمن) را در زمان تصویرسازی از اسامی ذات نشان دادیم. داده‌های ما منطبق بر یافته‌های آن گروه از محققانی است که معتقدند PVA در تصویرسازی ذهنی بصری فعال می‌شود (کلاین و همکاران، ۲۰۰۰؛ لامبرت و همکاران، ۲۰۰۲)؛ که این برخلاف یافته‌های دسپوزیتو و همکاران (۱۹۹۷) و ملت و همکاران (۱۹۹۸) می‌باشد. بنابراین به نظر می‌رسد که حتی در این بخش خاص از قلمرو تصویرسازی ذهنی نیز، اختلاف نظر وجود دارد؛ اگر چه ممکن است این اختلاف ناشی از نحوه طراحی پارادیم باشد (و نه تصویرسازی ذهنی).

برای شروع بحث درباره نقاط ضعف روش شناختی، به چگونگی حالت‌های شاهد در مطالعات مذکور می‌پردازیم. اختلاف نظر اساسی در مورد دخالت احتمالی V1 در تصویرسازی ذهنی، ناشی از تفاوت‌های موجود بین حالت‌های شاهد می‌باشد (کاسلین و اکستر، ۱۹۹۴؛ ملت و همکاران، ۱۹۹۸). در میان مطالعات ذکر شده، در سه مطالعه دسپوزیتو و همکاران (۱۹۹۷)، کلاین و همکاران (۲۰۰۰) و لامبرت و همکاران (۲۰۰۲) فقط از اسامی معنی به عنوان شاهد استفاده شده است؛ ولی در

محوری ۵ میلی‌متری مجاور (بدون فاصله بین برش‌های مجاور) بود، به دست آمد (ما از نمای مایل استفاده کردیم تا داده‌های مربوط به لوب‌های اکسیپیتال و فرونتال مغز را تماماً ثبت کنیم). همچنین تصاویر ساختاری با استفاده از تکنیک بازیافت معکوس سریع T2، با تفکیک بالا به دست آمد ($TR = 1504 \text{ ms}$ ، $TE = 16 \text{ ms}$ ، $FOV = 23 \text{ cm}$ ، 512×512 پیکسل، فاکتور $TSE = 5$ ، ضخامت برش $3/5$). برای دریافت سیگنال، از یک حلقه (coil) ویژه سر استفاده گردید. مراحل پیش پردازش فضایی عبارت بودند از: هم راستاسازی (realignment)، هنجارسازی (normalization)، و هموارسازی (smoothing). از شاخص t برای مقایسه حالت‌های مختلف استفاده شد.

نتایج

در شکل ۱، نگاره‌های آماری (statistical map) حاصل از آنالیز داده‌ها نشان داده شده‌اند. یافته‌ها حاکی از آن بود که قطعه ۱ (MI2) آزمودنی ۲ ثانیه برای ایجاد تصاویر ذهنی فرصت داشت) و قطعه ۴ (MI3) آزمودنی ۳ ثانیه برای ایجاد تصاویر ذهنی فرصت داشت) فقط از نظر گستردگی منطقه فعالیت در منطقه ۱۹ برودمن (left Cerebellum-Crus 1) و ۱۷ برودمن (Declive) تفاوت دارند؛ به طوری که در قطعه ۴ (MI3) فعالیت بیشتر (شکل A) و از سایر جهات مشابه بود. بنابراین، می‌توان نگاره‌های آماری قطعات ذات در مقایسه با قطعات معنی را برای حالت‌های MI2 و MI3 یکسان فرض نمود. جزئیات نواحی فعال شده در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین، شکل ۲ بازسازی سه



مغز انسان نیز همانند مغز میمون وجود دارد (آنگرلیدر و هاکسی، ۱۹۹۴). البته به نظر می‌رسد که بازشناخت شیء در مغز انسان، به طور قابل ملاحظه‌ای در موقعیتی و نترال تر قرار گرفته است (فرح، ۱۹۹۹). در مجموع، چنین مطرح شده است که مناطقی که هنگام بازشناخت شیء، رنگ و شکل فعال می‌شوند شامل شکنج‌های لینگوال و فوزیفورم، کورتکس تمپورال تحتانی قدامی، اکسیپیتو تمپورال جانبی سمت چپ و کورتکس فرونتال سمت راست (هاکسی و همکاران، ۱۹۹۴؛ سرچنت و همکاران، ۱۹۹۲) می‌باشد. همانطور که مشخص است، ما افزایش جریان خون موضعی در بسیاری از این مناطق را مشاهده کردیم (جدول ۱ و شکل ۲) که این نشان می‌دهد مناطق دخیل در بازشناخت شیء (مسیر بینایی و نترال)، در تصویرسازی ذهنی نیز دخالت دارند.

یافته جالب این مطالعه، فعالیت واضحی بود که در کورتکس پاریتال دیده شد. مناطقی که در کورتکس پاریتال فعال شدند، مناطقی هستند که ظاهراً در جریان «کجاست؟» دخیل هستند (مسیر بینایی دورسال).

پیش از این، تنها در مطالعه لامبرت و همکاران (۲۰۰۲)، به فعالیت مسیر دورسال در جریان تصویرسازی ذهنی اشاره شده است. آنها این یافته را چنین تفسیر کردند که احتمالاً فعالیت پاریتال به ویژگی‌های تحرک‌پذیری مفاهیم اسامی به کار رفته (که از اسامی حیوانات بودند) بر می‌گردد. اما با وجود اینکه در مطالعه حاضر اسامی مورد استفاده منحصر به یک طبقه معنایی خاص نبود، باز هم فعالیت پاریتال دیده شد.

توضیح احتمالی برای این یافته (که قبلاً به وسیله ایشاهی و همکاران (۲۰۰۰) مطرح شده است) این است که شاید در باز یافت اطلاعات بینایی ذخیره شده در حافظه بلند مدت، کورتکس پاریتال به موازات کورتکس فرونتال دخیل باشد و بنابراین، ممکن است در یک فرایند بالا به پایین (top-down process) (ساختن تصاویر ذهنی) فعال شود.

مناطق دیگر

در کورتکس فرونتال بعضی مناطق فعال شدند که احتمالاً بعضی از آنها در فرایند بالا به پایین تصویرسازی ذهنی دخالت دارند و بقیه مناطقی هستند که مشخص شده است در حافظه در کار بینایی نقش دارند. در میان سایر مناطق فعال شده که همگی

مطالعه ملت و همکاران (۱۹۹۸) هم از اسامی معنی و هم از شرایط استراحت به عنوان حالات شاهد بهره برده شده بود. مسأله‌ای که سه مطالعه نخست با آن روبه‌رو بودند، از این حقیقت ناشی می‌شود که آنها نقش احتمالی سروصدای دستگاه fMRI را در تصویرسازی ذهنی در نظر نگرفته بودند (این موضوع را مزرد و همکاران [۲۰۰۲] بررسی کرده‌اند). مورد بعدی به ویژگی قطعات ذات بر می‌گردد. لامبرت و همکاران (۲۰۰۲) که تنها از نام حیوانات استفاده کردند، چنین مطرح نمودند که شاید محدود ساختن اسامی ذات به یک گروه خاص باعث فعال شدن PVA می‌شود. در مطالعه حاضر، اسامی ذات مورد استفاده، از گروه‌های مختلف بودند (اشیا، حیوانات، ولی نه ابزار آلات) که از این جهت به مطالعه دسپوزیتو و همکاران (۱۹۹۷) شباهت دارد. با این حال، یافته‌های ما در مورد دخالت V1 به یافته‌های لامبرت و همکاران شباهت داشت و نه یافته‌های دسپوزیتو و همکاران. بنابراین، می‌توان چنین فرض نمود که علت فعالیت PVA، محرک‌های فیگوراتیو نیست، بلکه ممکن است مدت زمانی که جهت ساختن تصاویر صرف می‌شود، موجب فعال شدن V1 گردد. به بیان دقیق‌تر، دسپوزیتو و همکاران از بسامد یک کلمه در ثانیه استفاده کردند (و فعالیتی در V1 مشاهده نکردند)؛ لامبرت و همکاران یک کلمه را در هر ۲ ثانیه ارائه (و فعالیت V1 را ثبت کردند) و اعلام کردند که مدت یک ثانیه برای ساختن یک تصویر ذهنی کافی نبوده و بنابراین V1 فعالیتی نشان نداده است. ما نیز با این نظر موافق هستیم. در مطالعه ما، MI3 در مقایسه با MI2 موجب فعالیت بیشتری در نواحی ۱۷ و ۱۹ برودمن شد.

«چیست؟» و «کجاست؟» در تصویرسازی ذهنی

بر خلاف اختلاف نظرهای ذکر شده درباره فعالیت یا عدم فعالیت مناطق بینایی «سطح پایین» به هنگام تصویرسازی ذهنی، توافقی عمومی وجود دارد مبنی بر آنکه دوگانگی موجود بین مسیرهای دورسال و نترال (به ترتیب برای انتقال اطلاعات مربوط به موقعیت فضایی و ماهیت شیء) که در قلمرو ادراک بینایی دیده می‌شود، در مورد تصویرسازی ذهنی نیز وجود دارد (ملت و همکاران، ۱۹۹۸).

مطالعات fMRI و PET نشان داده‌اند که جریان‌های «چیست؟» و «کجاست؟» در



آنها در حافظه، علاوه بر مسیر «چیست؟»، مناطقی در لب‌های تمپورال و پره‌فرونتال (prefrontal) نقش دارند. در ضمن، به نظر می‌رسد که در ساختن تصاویر ذهنی از اسامی شنیداری، مناطق عالی‌تر شنوایی دخالت دارند.

سپاسگزاری

ما از دپارتمان نورولوژی (University college of London) Welcome و کریس رودن که نرم افزار SPM99 و MRIcro را برای این پژوهش فراهم نمودند، و نیز از استیفن کاسلین و امانوئل ملت که برخی منابع علمی را در اختیارمان گذاردند سپاسگزاریم.

در درک محرک‌های پیچیده شنوایی شرکت دارند، می‌توان به مناطق ورنیکه، بروکا، و مناطقی از لبول تمپورال اشاره کرد (جدول ۱ و شکل ۲). از این رو می‌توان چنین گفت که در تصویرسازی ذهنی از اسامی ذات شنیداری، دسترسی به محتوای مفهومی اسامی مورد نیاز است.

نتیجه‌گیری

در مجموع، یافته‌های ما حاکی از آن است که در صورتی که زمان کافی جهت تصویرسازی وجود داشته باشد، V1 بیشتر فعال می‌شود. این مطالعه همچنین نشان می‌دهد که برای ایجاد تصاویر ذهنی از اطلاعات ذخیره شده در حافظه بلند مدت و نیز نگهداری



شکل ۲- بازسازی ۳ بعدی از کانون‌های افزایش معنی‌دار در جریان خون منطقه‌ای مغز در قطعات ذات نسبت به قطعات معنی‌دار در داخل محدوده مناطقی از مغز که اختلاف معنی‌داری بین قطعات ذات و شرایط استراحت داشتند ($P < 0.05$)



جدول ۱- فهرست مختصات Talairach و نام و نواحی برودمن مربوط با کانون‌های افزایش معنی دار در جریان خون منطقه‌ای مغز در قطعات ذات نسبت به قطعات معنی در داخل محدوده مناطقی از مغز که اختلاف معنی داری بین قطعات ذات و شرایط استراحت داشتند ($P < 0.05$)

ناحیه برودمن	نقشه	لوبول
ناحیه ۶	۶۱۸،۶۲، راست، ماده خاکستری، (SMA)	فوقانی
ناحیه ۸	۳۶،۳۴،۲۸، راست، ماده سفید، ۵۰،۴۲،۳۰، راست،	میانی
ناحیه ۶	۴۶،۲۸،۴۰، راست، ماده خاکستری	تحتانی
ناحیه ۴۵	۲،۱۶،۴۶، چپ، ماده خاکستری	پیش مرکزی (precentral)
ناحیه ۶	Frontal-Inf-Tri-Right پیش مرکزی (precentral) چپ	
ناحیه ۷	۳۰،-۵۲،۶۰، چپ، ماده خاکستری	فوقانی
ناحیه ۴۰	۳۰،-۵۰،۵۰، چپ، ماده خاکستری	تحتانی
ناحیه ۴۰	۶۶،-۲۶،۲۶، راست، ماده خاکستری	
ناحیه ۲	۵۸،-۳۶،۲۸، چپ، ماده سفید	
ناحیه ۱	۶۲،-۲۸،۲۴، چپ، ماده سفید	
ناحیه ۴۰	۵۴،-۳۶،۴۲، چپ، ماده خاکستری	پسامرکزی (postcentral)
ناحیه ۲	Supramarginal (چپ و راست)	
ناحیه ۱	پسامرکزی (postcentral) چپ	
ناحیه ۲۲	۶۲،۲،-۲، چپ، ماده خاکستری	فوقانی
ناحیه ۲۲	۶۲،۲،-۶، راست، ماده خاکستری	
ناحیه ۳۸	۵۸،۱۲،-۱۰، راست، ماده خاکستری	میانی
ناحیه ۳۸	Temporal-Pole-Sup-Left	فوزی فورم (fusiform)
ناحیه ۲۱	۶۰،-۱۴،-۸، چپ، ماده خاکستری	
ناحیه ۱۹	۶۸،-۲۸،-۶، چپ	
ناحیه ۱۹	اکسی پیتو تمپورال راست	
ناحیه ۱۷	۱۶،-۹۴،-۱۲، راست، ماده خاکستری	اکسی پیتال لینگوال (lingual)
ناحیه ۱۷	و لینگوال چپ	
ناحیه ۱۸	۴،-۷۸،-۱۰، کالکارین چپ	کالکارین (calcarine)
ناحیه ۱۹	Crus I - راست	مخچه
ناحیه ۱۹	Crus I - چپ	
ناحیه ۱۹	۶- چپ	



منابع

- D'Esposito, M., Detre, J.A., Aguirre, G.K., Stallsup, M., Alsop, L.J. & Farah, M.J. (1997). A functional MRI study of mental image generation. *Neuropsychologia*, 35, 725-730.
- Farah, M.J. (1999). Object and face recognition. In Zigmund MJ, Bloom FE, Landis SC, Robertd JL & Squire LR (Eds), *Fundamental neuroscience* (1st ed). San Diego: Academic press.
- Farah, M.J. (2000). The Neural basis of mental imagery. In M Gazzaniga (Ed.), *The new cognitive neuroscience* (2nd Ed, pp. 965-974). Cambridge: MIT press.
- Fletcher, P.C., Frith, C.D., Baker, S.C., Shallice, T., Fracowiak, R.S. & Dolan, R.J. (1995). The mind's eye—precuneus activation in memory-related imagery. *Neuroimage*, 2, 195-200.
- Haxby, J.V., Horwitz, B., Ungerleider, L.G., Maisog, J.M., Pietrini, P. & Grady, C.L. (1994). The functional organization of human extrastriate cortex: A PET-rCBF study of selective attention to faces and locations. *Journal of Neuroscience*, 14, 6336-6353.
- Ishai, A., Ungerleider, L.G. & Haxby, J.V. (2000). Distributed neural systems for the generation of visual images. *Neuron*, 28, 979-990.
- Klein, I., Paradis, A.L., Polone, J.B., Kosslyn, S.M. & Le Bihan, D. (2000). Transient activity in the human calcarine cortex during visual-mental imagery: an event-related fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2, 15-23.
- Kosslyn, S.M. & Ochsner, K.N. (1994). In search of occipital activation during visual mental imagery. *Trends in Neuroscience*, 17, 290-292.
- Kosslyn, S.M., Thompson, W.L., Alpert, N.M. (1997). Neural systems shared by visual imagery and visual perception: a positron emission tomography study. *Neuroimage*, 6, 320-334.
- Kosslyn, S.M. & Thompson, W.L. (2000). Shared mechanisms in visual imagery and visual perception: Insights cognitive neuroscience. In M Gazzaniga (Ed.), *The new cognitive neuroscience* (2nd ed, pp. 975-987). Cambridge: MIT press.
- Lambert, S., sampaio, E., Scheiber, C. & Mauss, Y. (2002). Neural substrates of animal mental imagery: calcarine sulcus and dorsal pathway involvement—an fMRI study. *Brain Resaerch*, 924, 176-183.
- LeBihan, D., Turner, R., Zeffiro, T.A., Cuenod, C.A., Jezzard, P. & Bonnerot, V. (1993). Activation of human primary visual cortex during visual recall: a magnetic resonance imaging study. *Proceeding of National Academy of Science USA*, 90, 11802-11805.
- Mazard, A., Joliot, M., Tzurio-mazoyer, N., Mazoyer, B. & Mellet, E. (2002). Functional variability in the calcarine fissure during mental imagery of drawings as revealed by fMRI study. *Neuroimage human brain mapping 2002 meeting*, Sendai, Japan. (abstract).
- Mazard, A., Mazoyer, B., Etard, O., Tzoyer, N., Kosslyn, S.M. & Mellet, E. (2002). Impact of fMRI acoustic noise on functional anatomy of visual imagery. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 172-186.
- Mellet, E., Tzourio, N., Crivello, F., Jolio, M., Denis, M. & Mazoyer, B. (1996). Functional anatomy of spatial mental imagery generated from verbal instructions. *Journal of Neuroscience*, 16, 6504-6512.
- Mellet, E., Petit, L., Mazoyer, B., Denis, M. & Tzourio, N. (1998). Reopening the mental imagery debate: lessons from functional anatomy. *Neuroimage*, 8, 129-139.
- Mellet, E., Tzourio, N., Denis, M. & Mazoyer, B. (1998). Cortical anatomy of mental imagery of concrete nouns based on their dictionary definition. *Neuroreport*, 9, 803-808.
- Mellet, E., Tzourio-Mazoyer, N., Bricogne, S., Mazoyer, B., Kosslyn, S.M. & Denis, M. (2000). Functional anatomy of high resolution visual mental imagery. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 98-109.
- Roland, P.E. & Gullyas, B. (1994). Visual imagery and Visual representation. *Trends in Neuroscience*, 17, 281-297.
- Sergent, J., Ohta, S. & MacDonald, B. (1992). Functional neuroanatomy of face and object processing: A positron emission tomography study, *Brain*, 115, 15-36.
- Ungerleider, L.G. & Haxby, J.V. (1994). "What" and "Where" in the human brain. *Current Opinion in Neurobiology*, 4, 157-165.