

مطالعه تصمیم‌گیری ریسکی به کمک تصویربرداری تشدید مغناطیسی کارکردی مغز:

نقش آمادگی ذهنی مبتنی بر حافظه

احمد سهرابی*

خلاصه

آزمون‌های تصمیم‌گیری ریسکی در مطالعه فرایندهای شناختی، اختلال‌های روانی، و ضایعه‌های مغزی کاربرد زیادی دارند. این مطالعه به بررسی نقش آمادگی ذهنی مبتنی بر حافظه در تصمیم‌گیری ریسکی به کمک تصویربرداری تشدید مغناطیسی کارکردی مغز (fMRI) پرداخته است. بر اساس آزمون ریسک کمبریج یک آزمون جدید ساخته شد و روی ۸ نفر به روش fMRI اجرا گردید. شانس برد و باخت و میزان برد و باخت به تفکیک یا با هم ارایه شدند و از یک آزمون صرفاً ادراکی-حرکتی نیز برای کنترل استفاده شد. نتایج رفتاری نقش میزان شانس و مقادیر برد و باخت را در ریسک‌پذیری نشان داد. به علاوه نقش آمادگی ذهنی با مقایسه ارایه شانس برد و باخت و میزان برد و باخت به صورت جداگانه با ارایه آنها به شکلی همزمان (شبهه آزمون ریسک کمبریج) با نتایج رفتاری و مغزی نشان داده شد. این اثرات در یافته‌های رفتاری با ریسک و سرعت واکنش کمتر و در fMRI با فعال سازی مغزی در قشر سینگولیت قدامی (احتمالاً با داشتن نقش در کنترل و تعارض) و لب گیجگاهی میانی (احتمالاً با داشتن نقش در حافظه) متجلی شد.

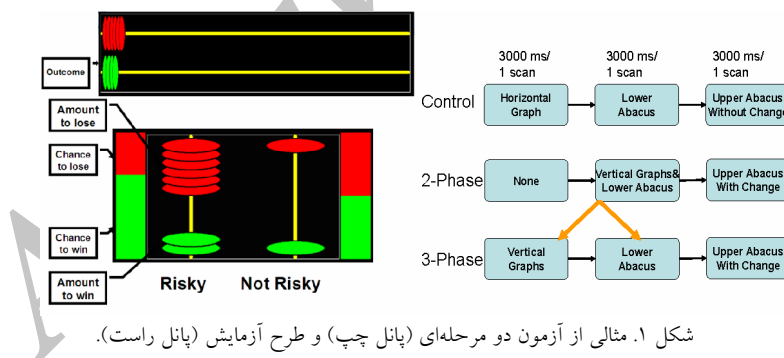
واژه‌های کلیدی: تصمیم‌گیری، ریسک، آزمون‌های نوروپسیکولوژی، fMRI.

مقدمه

در سال‌های اخیر روش‌های زیادی برای مطالعه پایه‌های عصبی تصمیم‌گیری ریسکی ایجاد شده است. در این جهت آزمون‌های ریسکی قمارگونه که منجر به پاداش و تنبیه می‌شوند، مقیاس‌هایی عینی برای مطالعه فرایندهای تصمیم‌گیری در افراد عادی و دچار ضایعه مغزی فراهم نموده‌اند. در بسیاری از مطالعات تصویربرداری کارکردی مغزی به وسیله آزمون‌های قمار، مراحل ارایه قمار، و پیامد با هم ترکیب شده و نتایج تصویربرداری فعالیت‌های مغزی

*استادیار گروه روان‌شناسی دانشگاه کردستان

مربوط به این مراحل تفکیک نشده‌اند. البته راجرز و دیگران (۲۰۰۴) آزمون دومرحله‌ای (راجرز و دیگران، ۱۹۹۹) را مورد استفاده قرار دادند که دو مرحله تصمیم و پیامد داشت. آنها از تصویربرداری مغناطیسی کارکردی مغز به روش وابسته به رویداد استفاده کردند و نقش قسمت‌های بالاتر کرتکس قدامی (PFC) را در مرحله تصمیم و قسمت‌های پایین‌تر مانند کرتکس حلقه‌ای پیشانی (OFC) را در مرحله پیامد نشان دادند. بعضی از مشکلات آزمون استفاده شده از سوی راجرز و همکاران (۱۹۹۹) در مقاله بعدی آنها ذکر شده‌است (۲۰۰۴). این مشکلات و برخی عوامل مطالعه نشده در پژوهش‌های قبلی مستلزم بررسی‌های بیشتری در مورد این نوع تصمیم‌گیری است. هدف از مطالعه حاضر شناسایی بیشتر پایه‌های عصبی تصمیم‌گیری پرخطر و نقش آمادگی ذهنی است. برای این منظور از آزمون راجرز و دیگران (۲۰۰۴، ۱۹۹۹) که به آزمون ریسک کمبریج نیز معروف است پس از تغییر، مورد استفاده قرار گرفت. در اینجا نیز مرحله تصمیم و پیامد همانند کار راجرز و همکاران تفکیک شد. ولی همچنین در یکی از شرایط آرایه‌ی شانس و مقدار نیز تفکیک شد. به علاوه هر دو شرایط تصمیم‌گیری ریسکی با هم و نیز با یک آزمون کنترل صرفاً ادراکی مقایسه شدند. در این صورت هرگونه نتایج رفتاری و فعال‌سازی مغزی را می‌توان به نقش آمادگی و اطلاع قبلی از احتمال برد و باخت قبل از تصمیم ریسکی دانست. هدف اصلی پی بردن به نقش دیدن شانس قبل از مواجهه با گزینه‌های بخت آزمایی بود.



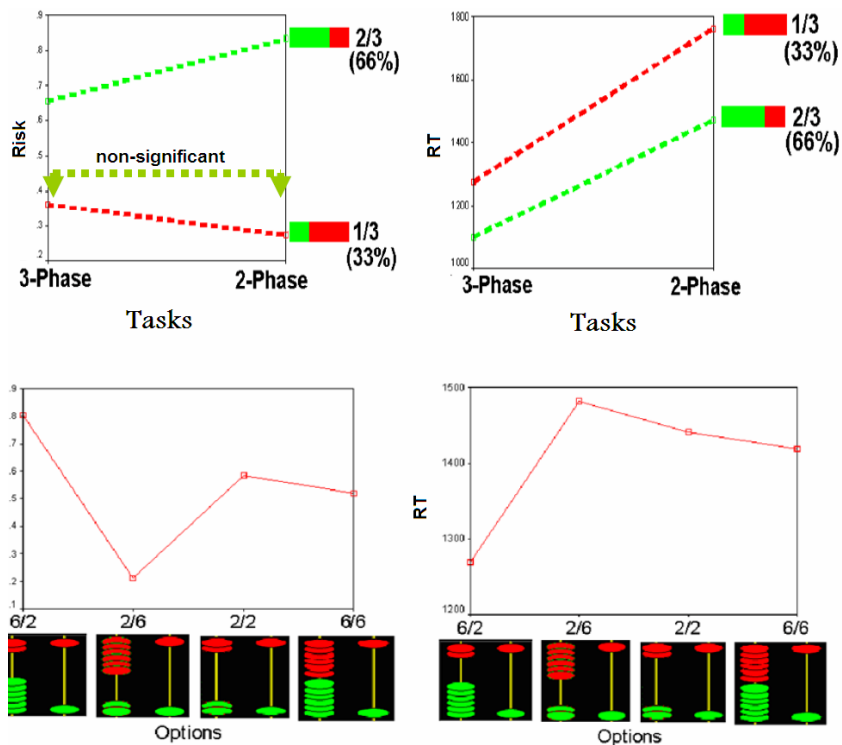
روش

در این مطالعه، آزمودنی‌ها بایستی بین یک گزینه نامطمئن (سود و زیان نابرابر) و یک گزینه امن (سود و زیان کم و برابر) بر اساس اطلاعات مربوط به میزان خطر هر گزینه تصمیم بگیرند. محرک‌های آزمون به وسیله پروژکتور روی صفحه‌ای آرایه شد به گونه‌ای که از طریق

آینه تعبیه شده روی اسکنر ام ار آی دیده شود. چنان که در شکل یک مشاهده می‌شود، در آزمون سه مرحله‌ای، دوگراف ارایه شدند که شانس برد و باخت را در دو گزینه بخت آزمایی که هنوز ارایه نشده بودند نشان می‌دادند. سپس گراف‌ها برداشته شدند و دو گزینه بخت آزمایی ارایه شدند (با چرتکه دوستونی کوچک). اطلاعات مربوط به ریسک (گراف‌های شانس برد و باخت) و اطلاعات بخت آزمایی (چرتکه دوستونی کوچک) هر کدام سه ثانیه نمایش داده شدند. آزمودنی‌ها بایستی بخت خود را در حالی که اطلاعات بخت آزمایی در حال نمایش بود بیازمایند (با انتخاب یکی از ستون‌های چپ یا راست به ترتیب با انگشت اشاره یا میانی). به منظور استفاده از اطلاعات ریسک برای انتخاب میان دوگزینه بخت آزمایی، آزمودنی‌ها بایستی اطلاعات ریسک را در حافظه نگهداری می‌کردند. در آزمون دوم مرحله‌ای این اطلاعات (گراف‌ها و چرتکه) همزمان ارایه شدند، و به جای مرحله اول فقط صفحه‌ای خالی نشان داده شد. در هر دو آزمون مرحله نهایی ارایه پس‌خورد مربوط به نتیجه بخت آزمایی (با یک چرتکه افقی در بالا) بود. آزمودنی‌ها در هر آزمون ۲۴ کوشش انجام دادند. شرایط مربوط به هر آزمون به تفکیک شانس برد بالا (۲/۳) و پایین (۱/۳) در بلوک‌های چهار کوششی (چهارحالت بسته به مقدار برد و باخت) مکرراً ارایه شدند. آزمون کنترل (ادراکی) شبیه آزمون سه مرحله‌ای بود ولی صفحه نمایش در طی مرحله پی آمد بدون تغییر باقی ماند. در این آزمون وظیفه آزمودنی‌ها صرفاً مقایسه نسبت قسمت‌های رنگی گراف‌ها (در مرحله اول) با تعداد دیسک‌های مربوطه (در چرتکه مرحله دوم) بود. بنابراین به آنها گفته شد یکی از دو ستون مرحله دوم را که از نظر تعداد دیسک‌های سبز و قرمز با اندازه قسمت سبز و قرمز گراف مرحله اول متناسب بود انتخاب کنند. گزینه‌های دو ستون چرتکه به طور تصادفی گاهی در راست و گاهی در چپ ظاهر می‌شدند. آزمودنی‌ها در این مرحله در تمام آزمون‌ها برای انتخاب ستون چپ و راست بایستی به ترتیب دکمه مربوطه را با انگشت اشاره و میانی دست راست فشار می‌دادند. در آزمون کنترل هیچ پس‌خوردی از جمله در مورد صحت ارایه نشد ولی چرتکه افقی همچنان بدون تغییر تا پایان گزینش نمایش داده شد. آزمون‌ها با ویژوال بیسک ۶ برنامه نویسی شدند که در آن برای دقت هزارم ثانیه از روش اولویت کلاس و رویه (چمبرز و براون، ۲۰۰۳) استفاده شد. برنامه روی یک دستگاه لپ تاپ اجرا شد. محرک‌ها به وسیله یک پروژکتور SVGA روی یک صفحه مخصوص انداخته شدند به نوعی که از طریق آینه متصل به کویل استاندارد ماشین MRI دیده شوند. آزمون‌ها با انگشت اشاره و میانی دست راستشان به وسیله ابزار پاسخ فیبر نوری پاسخ دادند.

آزمودنی‌ها هشت داوطلب عادی راست دست (چهار مؤنث و چهار مذکر با میانگین سنی ۲۵ سال) دارای بینایی طبیعی یا اصلاح شده در حد طبیعی (با کتاکت لنز) بودند. همه آنها رضایت آگاهانه دادند و نیز فرم امنیت MRI در مرکز MRI بیمارستان جنرال اتاوا را امضا کردند.

تصویربرداری به وسیله یک اسکنر MRI از نوع دستگاه زیمنس ۱/۵ تسلا با مجموعه گرادینت کوانتومی انجام شد. آزمودنی‌ها در دستگاه به پشت دراز کشیدند و سرشان درون نگهدارنده استاندارد محکم شد. از آنها تصاویر fMRI اکو پلانر تمام مغز، مبتنی بر سیگنال BOLD به وسیله یک سکانس پالس اکوی گرادینت (تی آر- تی ای ۳۰۰۰/۴۰ هزارم ثانیه، زاویه چرخش ۹۰ درجه، ضخامت برش قاچ ۵ میلی متر، ۲۷ قاچ با محور افقی) گرفته شد. داده‌های fMRI با بسته نرم افزاری SPM۲ (دپارتمان نورولوژی شناختی ولکام) تحلیل شدند. برای همه آزمودنی‌ها، تصاویر گرفته شده باز چینش (همراه با ریسلایس و کورجستر)، هنجار سازی، و سرانجام با کرنل گاوسی ایزوتروپیک FWHM ۱۰ میلیمتری صاف‌سازی فضایی شدند. سپس تمام داده‌ها (به جز چهار تصویر مربوط به کوشش‌های اضافی منظور شده برای اکویلبراسیون همودینامیک T۱) تحلیل شدند و پاسخ همودینامیک و اثر گلوبال با یک طرح بلوکی لحاظ شدند. طرح و محرک‌های استفاده شده در آزمایش در شکل ۲ نشان داده شده است. آزمایش شامل ۷۲ کوشش ۹ ثانیه‌ای بود. در طی هر کوشش سه تصویر برداشته شد. هر چهار کوشش، حاوی یکی از گزینه‌های مقدار بخت آزمایی، یک بلوک ۳۶ ثانیه‌ای را تشکیل دادند. بنابراین هر آزمون شامل ۶ بلوک تکراری (۳ حالت شانسی برد ۲/۳ و سه حالت شانسی برد ۱/۳) بود. ساختارهای مغزی به روش تالایراک و تورناکس (۱۹۸۸) برچسب گذاری شدند و تفاوت میان اطلس‌های تالایراک و MNI مد نظر قرار گرفتند.



شکل ۲. نتایج رفتاری به تفکیک آزمون و شانس (بالا) و گزینه‌های بخت آزمایی (پایین).

نتایج

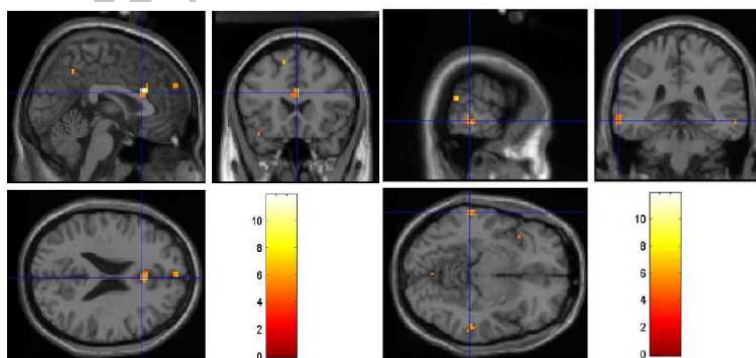
نتایج تحلیل رفتاری

داده‌های مربوط به سرعت واکنش و داده‌های ریسک پذیری (انتخاب از ستون‌هایی غیر از آنهایی که یک دیسک سبز و یک دیسک قرمز داشتند) با دو ANOVA اندازه‌گیری مکرر $2 \times 2 \times 4$ (دو نوع آزمون ریسکی با دو میزان شانس با چهار حالت بخت) به وسیله SPSS تجزیه و تحلیل شدند. در هر دو تحلیل، عوامل اصلی و تعامل‌ها معنادار بودند. در کل، آزمودنی‌ها در آزمون دو مرحله‌ای نسبت به سه مرحله‌ای ریسک بیشتر و سرعت واکنش طولانی‌تری از خود نشان دادند. در هر دو حالت، آزمودنی‌ها بیشترین میزان ریسک و کوتاه‌ترین سرعت واکنش را در گزینه ۶ سبز/۲ قرمز و یا ۲/۳ شانس داشتند و برعکس کمترین ریسک و طولانی‌ترین سرعت واکنش را در گزینه ۲ سبز/۶ قرمز و یا ۱/۳ شانس داشتند (شکل ۲). این نتایج اثر آمادگی در تصمیم‌گیری را با تدبیر استفاده شده در آزمون سه مرحله‌ای

نشان داد. داده‌های رفتاری آزمون ادراکی (کنترل) تحلیل نشد ولی نتایج توصیفی نشان داد که همه آزمودنی‌ها دستورالعمل آزمون را در تمامی آزمون‌ها فهمیده بودند.

نتایج تصویربرداری

همچنان که ذکر شد، در این آزمایش هر چهار ارایه (شامل یکی از چهار گزینه متفاوت) یک بلوک ۳۶ ثانیه‌ای تشکیل دادند. بنابراین هر یک از شرایط شامل ۶ بار تکرار بلوک‌ها (سه ۱/۳ شانس و سه ۲/۳ شانس) بود. اثرات دو شانس متفاوت اینجا گزارش نمی‌شود تا درک نتایج آسان‌تر شود و مخصوصاً مقایسه شرایط دارای مقدار پاداش (برد) متفاوت معتبر نیست، چون پاداش متفاوت fMRI فعال‌سازی مغزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (سهرابی و دیگران، ۲۰۰۷). پس از انجام تحلیل اثرات ثابت یا سطح اول (که به علت اعتبار پایین اینجا گزارش نمی‌شود) تحلیل‌های اثر تصادفی با سطح $p = 0.01$ (تصحیح نشده) و اندازه خوشه حداقل ۴ واکسل انجام شد. فقط یکی از مقابله‌ها در تمام مقایسه‌ها (دو آزمون خطرپذیری و یک آزمون کنترل) با این روش معنادار بود (۲مرحله ای - ۳مرحله ای). چنانچه در شکل ۳ نشان داده شده است، با مقایسه آزمون خطرپذیری ۳ مرحله‌ای با ۲مرحله ای، فعال‌سازی بیشتری در dACC (شکل ۳ چپ) و گیجگاهی میانی (شکل ۳ راست) نشان داده شد که احتمالاً به ترتیب در کنترل و حافظه نقش دارند. در آزمون ۳ مرحله‌ای، آزمودنی‌ها بایستی شانس بردشان را در بخت آزمایی در مرحله اول به حافظه می‌سپردند و در مرحله بعدی برای کنترل و هدایت تصمیم‌شان مورد استفاده قرار می‌دادند. این فرایند در آزمون‌های دو مرحله‌ای و کنترل (ادراک) درگیر نبود و در نتیجه در آن، قسمت‌های مغزی فعال‌سازی نسبت به آزمون ۳ مرحله‌ای کمتر بود.



شکل ۳. با مقایسه شرایط آزمون خطرپذیری ۳ مرحله‌ای نسبت به ۲مرحله‌ای، فعال‌سازی بیشتری در dACC

(پانل سمت چپ) و گیجگاهی میانی (پانل سمت راست) نشان داده شد.

بحث و نتیجه گیری

همبسته‌های عصبی تعارض و عدم قطعیت ناشی از تصمیم پرخطر بیشتر در حالتی یافت شدند که در آن میزان شانس و میزان برد و باخت، پشت سر هم ارایه می‌گردیدند؛ در واقع در حالتی همزمان ارایه شدند. در آزمون سه مرحله‌ای نسبت به دو مرحله‌ای، قشر سینگولیت قدامی (احتمالاً با داشتن نقش در کنترل و تعارض، مثلاً ویلیام و دیگران، ۲۰۰۴) و لب گیجگاهی میانی (احتمالاً با داشتن نقش در حافظه) فعال‌سازی بیشتری نشان دادند. یعنی این فقط هنگامی روی داد که آزمودنی‌ها شانس برد و باخت را قبل از مواجهه با گزینه‌های برد و باخت می‌دانستند. فعال‌سازی dACC فوقانی در تعارض و کنترل شناختی (والتون و دیگران، ۲۰۰۴) به خوبی شناخته شده است. بنابراین، می‌توان استدلال کرد که تعارض و کنترل بیشتر هنگامی رخ داد که آزمودنی‌ها زمان داشتند تا متوجه احتمال برد و باخت در بخت آزمایی بشوند. در آزمون ریسکی دو مرحله‌ای، گراف شانس برد و باخت و خود بخت آزمایی به صورت همزمان ارایه شدند ولی در آزمون ریسکی سه مرحله‌ای، گراف شانس برد و باخت قبل از چرتکه بخت آزمایی ارایه شد. در مورد اخیر، احتمالاً آزمودنی‌ها با نگهداری شانس در حافظه برای هدایت تصمیم‌گیری قادر شدند که کنترل بیشتری روی رفتار ریسک‌گزینی‌شان داشته باشند، چنانچه در فعال‌سازی شبکه ناحیه dACC و لب گیجگاهی و سرعت، واکنش کوتاه‌تر و خطای کمتر خود را نشان داد. مطالعات اخیر با استفاده از روش‌های گوناگون دیگری dACC در نظارت بر تعارض (والتون و دیگران، ۲۰۰۴) پردازش ارزش، مثلاً برد و باخت (ویلیام و دیگران، ۲۰۰۴) و آگاهی از تلاش ذهنی (ناکاچه و دیگران، ۲۰۰۵) نشان داده شده است. والتون و دیگران (۲۰۰۴) پی بردند که dACC در نظارت بر تعارض اعمال ارادی (کنترل شده) فعال می‌شود در حالی که در اعمال از خارج هدایت شده فعال نمی‌شود. ویلیام و دیگران (۲۰۰۴) توانستند فعالیت dACC مغز آدمی را قبل و بعد از قطعه برداری مغزی به هنگام بازکردن مجموعه آزمودنی‌های تحت جراحی قطعه برداری سینگولیت (شکمی) ثبت کنند. آنها نقش dACC را در نظارت دستور تکلیف و مخصوصاً نظارت کاهش پاداش نشان دادند. در یک مطالعه روی افراد دچار ضایعه مغزی (ناکاچه و دیگران، ۲۰۰۵) یک بیمار با ضایعه dACC در گزارش تلاش ذهنی‌اش در یک آزمون کنترل شناختی مشکل داشت، در حالی که عملکردش در انجام آزمون طبیعی بود. عملکرد طبیعی بیماران دچار ضایعه dACC در آزمون‌های غیرارزشی (غیرپولی) مانند استروپ و برو-نرو در مطالعات دیگری نشان داده

شده است (فیلو و فره، ۲۰۰۵). با وجود این، فعال‌سازی یک یا چند ناحیه فقط نشانگر ضرورت و نه کفایت برای یک کارکرد است (سهرابی و بروک، ۲۰۰۵) و باید ناحیه یا نواحی مربوطه فقط به عنوان بخشی از یک شبکه توزیع شده نواحی مغزی درگیر در فرایند تصمیم در نظر گرفته شوند.

قدردانی: از آندرا اسمیت و یان کامرون برای کمک در اجرای آزمایش و نیز رابرت وست برای پیشنهادهایش تشکر می‌کنم.

منابع

- Chambers, C. D. and Brown, M. (۲۰۰۳). Timing accuracy under Microsoft Windows revealed through external chronometry, *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, ۳۵, ۱, ۹۶-۱۰۸.
- Fellows, L. K. and Farah, M. J. (۲۰۰۵). Is anterior cingulate cortex necessary for cognitive control? *Brain*, ۱۲۸, ۷۸۸-۷۹۶.
- Naccache, L., Dehaene, S., Cohen, L., Habert, M., Guichart-Gomez, E. Galanaud, D. and Willer, J. (۲۰۰۵). Effortless control: executive attention and conscious feeling of mental effort are dissociable, *Neuropsychologia*, ۴۳, ۹, ۱۳۱۸-۱۳۲۸.
- Rogers, R. D., Owen, A. M., Middleton, H. C., Pickard, J. and Robbins, T. W. (۱۹۹۹). Choosing between small, likely rewards and large, unlikely rewards activates inferior and orbital prefrontal cortex. *Journal of Neuroscience*, ۲۰, ۹۰۲۹-۹۰۳۸.
- Rogers, R. D., Ramnani, N., Mackay, C., Wilson, J. L., Jezzard, P., Carter, C. S. and Smith, S. M (۲۰۰۴). Distinct Portions of Anterior Cingulate Cortex and Medial Prefrontal Cortex Are Activated by Reward Processing in Separable Phases of Decision-Making Cognition. *Biological Psychiatry* ۵۵, ۵۹۴-۶۰۲.
- Sohrabi, A. and Brook, A. (۲۰۰۵). *Functional Neuroimaging and its Implications for Cognitive Science: Beyond Phrenology and Localization*. Proceedings of the twenty seventh annual meeting of the Cognitive Science Society, Stresa, Italy, ۲۰۴۴-۲۰۴۹.
- Sohrabi, A., West, R. L., Smith, A. M., & Cameron, I. (۲۰۰۷). Uncertainty, Risk, and Illusion in Reward Prediction: Evidence from

fMRI. In Hardy-Vallée, B., (ed.) *Cognitive Decision-Making: Empirical and Foundational issues*. Cambridge: Cambridge Scholars Press Ltd.

- Talairach, J. and Tournoux, P. (۱۹۸۸). *Co-planar stereotaxic atlas of the human brain*. Stuttgart: Thieme.

- Walton M. E., Devlin J. T. and Rushworth, M. F. S. (۲۰۰۴). Interactions between decision making and performance monitoring within prefrontal cortex, *Nature Neuroscience*, ۷, ۱۱, ۱۲۵۹-۱۲۶۵.

- Williams, Z. M., Bush, G., Rauch, S. L., Cosgrove, G. R. and Eskandar, E. N. (۲۰۰۴). Human anterior cingulate neurons and the integration of monetary reward with motor responses. *Nature Neuroscience*, ۷, ۱۳۷۰-۱۳۷۵.

Archive of SID