IranJPP
Iranian Journal of
Physiology and Pharmacology

مجله فیزیولوژی و فارماکولوژی ایران

سال ۱۴۰۱، دوره ۶، پیاپی ۱۶، صفحه ۷۲-۶۱

مقاله پژوهشی

بررسی تاثیر پاداش بر ویژگی‌های حرکت ساکادیک چشم در میمون ماکاک

فاطمه دیده‌ور، علی اسداللهی*

گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

دریافت: ۲۹ بهمن ۱۴۰۰ پذیرش: ۵ اردیبهشت ۱۴۰۱

چکیده

زمینه و هدف: یکی از عوامل تاثیرگذار در فرآیند توجه میزان پاداش محرک مورد توجه است. از این‌رو، این پژوهش به بررسی تاثیر مقادیر مختلف پاداش بر ویژگی‌های حرکت ساکادیک چشم به عنوان شاخصی برای توجه به محرک می‌پردازیم.

روش‌ها: از دو میمون ماکاک نر بالغ در یک تکلیف رفتاری مبتنی بر ساکاد استفاده شد. پس از خیره‌شدن میمون به وسط نمایشگر، یک محرک بینایی در سمت راست یا چپ نمایشگر نمایش داده شده و میمون باید به محرک بینایی نمایش داده شده ساکاد بزند و میزان پاداش دریافتی براساس رنگ محرک می‌تواند کم، متوسط یا زیاد باشد. شاخص‌های ساکاد شامل: زمان پاسخ، بیشینه سرعت و دقت ساکاد در سه دسته مجموع ساکادها، ساکادهای سریع و ساکادهای کند در مقادیر مختلف پاداش با یکدیگر مقایسه شدند. برای تحلیل داده‌ها از آنالیز واریانس سه راهه و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد.

یافته‌ها: زمان پاسخ در محرک‌های با پاداش بیشتر در مقایسه با محرک با پاداش کمتر در دو دسته مجموع ساکادها و ساکادهای کند کاهش یافت ($p < ۰/۰۰۱$). افزایش پاداش باعث افزایش معنادار ($p < ۰/۰۰۱$) سرعت ساکاد در یکی از حیوانات شد و در سرعت ساکاد دیگری تاثیر معناداری نداشت. میزان دقت ساکاد با افزایش میزان پاداش در هردو حیوان افزایش یافت اما بهبود دقت فقط در یک میمون معنادار بود ($p < ۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: افزایش میزان پاداش منتسب به یک محرک باعث کاهش زمان پاسخ به محرک و افزایش دقت ساکاد و بیشینه سرعت شد. البته اثر پاداش بر بیشینه سرعت در دو حیوان یکسان نبود که می‌تواند ناشی از تفاوت بین فردی باشد.

واژه‌های کلیدی: پاداش، زمان پاسخ، ساکاد

مقدمه

بینایی یکی از مهمترین حواس و چشم یکی از کارآمدترین ابزار موجودات برای شناخت و تعامل با محیط اطراف است. حرکات سر به تغییر میدان بینایی کمک می‌کند و با حرکات چشمی می‌توان در یک میدان بینایی جستجو و به قسمت‌های مختلف آن توجه کرد. حرکات موسوم به حرکات ساکادیک چشم که حرکاتی سریع و پرشی از یک نقطه میدان بینایی به نقطه‌ای دیگر است، نقش مهمی در این امر دارد به‌طوری‌که یکی از شاخصه‌هایی که غالبا برای ارزیابی توجه به یک محرک مورد توجه قرار می‌گیرد، ساکاد زدن به آن محرک است [۲، ۱].

انتخاب هدف برای حرکات چشم‌ها و توجه به یک قسمت از میدان بینایی می‌تواند به‌صورت ارادی و مرتبط با هدف ما انجام شود که به آن توجه از بالا به پایین[1] گفته می‌شود یا می‌تواند به‌صورت غیرارادی و به‌دلیل جذابیت فیزیکی یک گزینه مانند رنگ یا اندازه نامتعارف و یا متحرک بودن آن، انجام پذیرد که به آن توجه از پایین به بالا[2] گفته می‌شود [۴، ۳]. علاوه‌بر موارد ذکر شده میزان پاداش منتسب به یک محرک هم از عوامل تاثیرگذار در انتخاب محرک به‌عنوان هدف است به‌طوری‌که بعضی از نظریات، بیشینه‌کردن میزان پاداش دریافتی را معیار توجه به یک محرک می‌دانند و بر همین اساس، نوع دیگری از توجه که توجه ناشی از میزان پاداش است را تعریف کرده‌اند [۶، ۵].

[1] Top-down attention
[2] Bottom-up attention

* نویسنده مسئول مکاتبات: asadollahia@um.ac.ir (ORCID: 0000-0002-7915-6846)

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2026-11-13]

در مطالعات حوزه توجه مبتنی بر پاداش چه در سطح نورونی و چه در سطح رفتاری، سوژه‌ها در یک تکلیف رفتاری که در آن میزان پاداش منتسب به محرک(ها) دستکاری می‌شود، آزموده می‌شوند. نحوه گزارش محرکی که موردتوجه واقع شده می‌تواند به صورت بیان شفاهی ویژگی محرک (اگر سوژه‌ها انسان باشند)، حرکت چشم به سمت محرک هدف، فشار دکمه یا اهرم و یا حرکت دست به سمت محرک باشد. باتوجه‌به ساختار عصبی خاص سیستم بینایی و نقش چشم‌ها در توجه و انتخاب یک محرک، مخصوصا در تکالیفی که زمان پاسخ به‌عنوان یک شاخصه بررسی می‌شود، از حرکات چشمی برای نشان دادن توجه استفاده می‌شود.

براساس نظریه توجه مبتنی بر پاداش، افزایش پاداش منتسب به یک محرک، توانایی آن محرک برای جلب توجه را بالا می‌برد [۶، ۵] به‌طوری‌که شاخصه‌های ساکاد در حرکت ساکادیک به‌سمت محرک شامل پاداش به میزان چشم‌گیری متفاوت از ساکاد به محرک فاقد پاداش است. مطالعات نورونی نشان داده که میزان فعالیت نواحی درگیر در حرکات ساکادیک چشم مانند برجستگی فوقانی، FEF[3] و LIP[4] در حرکات ساکادیک منتهی به محرک شامل پاداش، بیشتر از محرک بدون پاداش است [۱۱-۷]. پاداش منتسب به یک محرک باعث سوگیری نسبت به آن محرک می‌شود به‌طوری‌که اگر به‌عنوان محرک غیر هدف در تکلیف دیگری استفاده شود باعث افزایش زمان پاسخ به محرک هدف نسبت به زمانی می‌شود که یک محرک خنثی به عنوان محرک غیرهدف استفاده شود [۱۳، ۱۲]. هم‌چنین اگر به محرکی قبلا میزان پاداش زیادی منتسب شده باشد، درصورتی‌که در یک تکلیف رفتاری به‌عنوان محرک غیر هدف استفاده شود اگرچه انتخاب آن دربرگیرنده پاداش نیست، اما باعث انحراف مسیر حرکات ساکادیک انتخاب محرک هدف به سمت خود می‌شود [۱۴]. در انتخاب آزادانه که سوژه می‌تواند از بین چند گزینه مختلف یکی را انتخاب کند، در شرایطی که پاداش منتسب به همه محرک‌ها یکسان است احتمال انتخاب محرکی که قبلا پاداش بیشتری داشته است بیشتر از سایر محرک‌هاست[۱۵]. علاوه‌بر حرکات ساکادیک، در مطالعاتی که در آن‌ها توجه به محرک با حرکت دست به سمت محرک بوده نیز تغییرات زمان پاسخ، سرعت و دقت پاسخ با تغییر در میزان پاداش مشاهده شد [۱۶]. به‌این‌ترتیب، در مطالعات انجام شده تاکنون، نشان داده شده است که افزایش پاداش منتسب به یک محرک باعث افزایش احتمال انتخاب آن محرک، کاهش زمان پاسخ به آن محرک و تغییر در سرعت و دقت انتخاب آن محرک در مقابل محرکی با میزان پاداش کمتر می‌شود.

در مطالعاتی که تا کنون انجام شده، بررسی تاثیر میزان پاداش بر حرکات ساکادیک در شرایطی انجام شده که پاداش منتسب به محرک‌ها تنها در دو سطح پاداش کم یا فاقد پاداش و پاداش زیاد یا دارای پاداش تغییر می‌کرده و در اکثر این مطالعات انتخاب به‌صورت رقابتی بین دو محرک بوده و شاخصه‌های رفتاری متفاوت بررسی شده است. در این مطالعه قصد داریم تغییرات شاخصه‌های حرکت ساکادیک را به‌عنوان شاخص‌هایی از میزان توجه در سه سطح متفاوت پاداش بررسی کنیم و به این پرسش پاسخ دهیم که نحوه تغییرات شاخص‌های رفتاری در سطوح مختلف پاداش نسبت به یکدیگر چگونه است و آیا میزان تفاوت شاخص‌ها متناسب با سطوح مختلف پاداش تغییر می‌کند یا مطابق مطالعات قبلی در دو سطح ثابت هستند و آیا تغییرات شاخص‌های رفتاری مشاهده شده در مطالعات گذشته مختص حالت انتخاب رقابتی بین دو محرک است یا در شرایطی که رقابتی وجود ندارد و میزان پاداش برای هر حالت ثابت و تضمین شده است نیز میزان پاداش منتسب به محرک می‌تواند باعث تغییر در رفتار شود.

مواد و روش‌ها

حیوانات

در این تحقیق، از دو میمون ماکاک نر بالغ (میمون L و میمون J، ۱۰ تا ۱۲کیلوگرم، ۸ تا ۱۰ سال) استفاده شده است. حیوانات از باغ وحش مشهد تهیه شده و در حیوانخانه آزمایشگاه بینایی حرکتی دانشگاه فردوسی مشهد نگهداری می‌شدند و تمامی آزمایش‌ها با رعایت اصول اخلاقی کار با حیوانات آزمایشگاهی مصوب کمیته اخلاق پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد با شناسه اخلاق IR.UM.REC.1399.147 انجام شده است. حیوانات در طول دوره آموزش و انجام آزمایش در طول هفته دسترسی آزاد به غذا و محدودیت دسترسی به آب بر اساس دستورالعمل‌های رایج و مصوب کمیته اخلاق دانشگاه داشتند.

[3] Frontal eye field
[4] Lateral intra parietal

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2026-11-13]

آماده سازی حیوانات

جراحی کاشت هدپست

پیش از انجام آزمایش یک هدپست تیتانیومی (طراحی و ساخت شرکت زیست کنکاش توس ایران) در قسمت جلویی سر و با سیمان ارتوپدی (ساخت شرکت ایمپلنتیت، المان) بر روی سر کاشته شد. جراحی در شرایط بیهوشی کامل با گاز ایزوفلوران (ساخت شرکت ترویکا، هند) انجام شده و پس از طی دوره نقاهت، فرآیند آموزش تکلیف رفتاری آغاز گردید.

آموزش تکالیف رفتاری

در طی انجام تکلیف رفتاری حیوان در داخل صندلی نخستیان رو به یک نمایشگر محرک‌های بینایی، نشانده شده و سر حیوان با استفاده از میله‌ای که هدپست را دربر می‌گیرد ثابت می‌شد. تکلیف رفتاری بر مبنای ساکاد به محرک بینایی با میزان پاداش مختلف طراحی شد. برای طراحی و اجرای تکلیف از نرم افزار متلب (The MathWorks Inc., Natick, MA) و جعبه ابزار مانکی لاجیک[5] استفاده شد. محرک‌ها با استفاده از جعبه ابزار مانکی لاجیک طراحی و نمایش داده شده و مکان چشم در هر لحظه توسط این نرم‌افزار دریافت شده و برای کنترل تکلیف استفاده می‌شد. برای تعیین مکان چشم از یک دستگاه رهگیر چشمی (Eye Link 1000 plus–ساخت شرکت SR Research کانادا) با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز استفاده شده که مکان چشم را در هر لحظه گزارش می‌کند. میزان پاداش متناسب با هر محرک به‌صورت مقادیر متفاوتی از آبمیوه به‌وسیله پمپ سرنگی (ساخت شرکت زیست کنکاش توس، مشهد، ایران) در اختیار حیوان قرار گرفته است. محرک‌ها بر روی صفحه نمایشگر ۲۷ اینچی ViewSonic, Model VX2776-smhd resolution 1920 x 1080 pixels (60 Hz, 16-bit color depth) که در فاصله ۵۰ سانتی‌متری از حیوان قرار داشت، نمایش داده می‌شد. نمایشگر به‌گونه‌ای تنظیم شده بود که نقطه وسط نمایشگر دقیقا مقابل نقطه وسط دو چشم قرار گیرد.

هدف از انجام این آزمایش پاسخ دادن به این سوال بود که میزان پاداش منتسب به محرک چه تاثیری بر شاخصه‌های مختلف حرکات ساکادیک چشمی دارد. به‌همین‌منظور در این تکلیف محرک‌های بینایی با رنگ متفاوت و بنابراین میزان پاداش منتسب متفاوت نمایش داده شده و میمون با حرکت ساکادیک چشم به محرک هدف میزان پاداش منتسب به آن محرک را دریافت می‌کرد (شکل ۱الف). در ابتدای هر آزمایش یک نقطه سفید رنگ به قطر ۰/۲ درجه در وسط صفحه روشن می‌شد، حیوان باید چشم خود را به سمت نقطه برده و به آن خیره می‌شد، چشم می‌بایست به مدت ۳۰۰ میلی‌ثانیه درون یک پنجره دایره‌ای به قطر ۳ درجه در اطراف نقطه قرار می‌گرفت و سپس محرکی به‌صورت دایره رنگی به قطر ۰/۵ درجه و با کانترست ۷۰٪ با فاصله مشخص (۵ تا ۱۶ درجه) نسبت به مرکز صفحه نمایش داده می‌شد. مدت نمایش محرک ۶۰۰ میلی‌ثانیه بوده و میمون باید در طول این مدت چشم خود را روی نقطه ثابت وسط صفحه نگه می‌داشت. پس از ۶۰۰ میلی‌ثانیه نقطه ثابت خاموش می‌شد، خاموش‌شدن نقطه ثابت به‌معنی اجازه حرکت چشم به سمت محرک بوده و پس از آن میمون باید با ساکادزدن به محرک هدف خیره می‌شد. حالت‌های مختلف به‌صورت کاملا تصادفی نمایش داده می‌شدند. رنگ محرک‌ها در تکرارهای مختلف متفاوت و هر رنگ نشان‌دهنده مقدار خاصی از پاداش بوده، به‌این‌صورت که قرمز برابر با ۰/۰۴ میلی‌لیتر آبمیوه (پاداش کم)، بنفش برابر با ۰/۱۲ میلی‌لیتر آبمیوه (پاداش متوسط) و زرد برابر با ۰/۴ میلی‌لیتر آبمیوه (پاداش زیاد) بوده است. برای میمون J میزان پاداش منتسب به رنگ‌های بنفش و زرد جابه‌جا شد (بنفش ۵ قطره و زرد ۱/۵ قطره) اما برای نمایش ساده‌تر در این مقاله پاداش متوسط و زیاد برای هر دو حیوان به ترتیب با رنگ‌های بنفش و زرد نمایش داده می‌شوند.

پس از پایان آزمایش با تحلیل داده‌های چشمی شاخص‌های مختلف ساکاد استخراج و در شرایط مختلف با هم مقایسه شدند.

محاسبه شاخص‌های ساکاد

حرکت ساکادیک، حرکت پرشی چشم از یک جهت در میدان بینایی به جهت دیگر می‌باشد. برای استخراج شاخص‌های ساکاد لازم است ابتدا حرکت ساکادیکی که از نقطه وسط به محرک هدف انجام شده است از میان حرکات چشمی حیوان شناسایی شود، برای‌این‌منظور، مسیر حرکت چشم در دو محور افقی و عمودی در بازه زمانی ۳۰۰ میلی‌ثانیه قبل از شروع محرک تا ۱۰۰ میلی‌ثانیه بعد از خاموش‌شدن

[5] Monkey logic

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2026-11-13]

محرک، یعنی بازه زمانی که ساکاد در آن اتفاق افتاده است، درنظر گرفته شد. برای شناسایی نقطه شروع ساکاد، میزان سرعت حرکت چشم در دو محور عمودی و افقی در هر میلی‌ثانیه محاسبه شده، اولین نقطه‌ای که در آن میزان جابجایی در هر کدام از دو محور بیشتر از ۰/۱ درجه در هر میلی‌ثانیه و سرعت در هر کدام از دو محور برای مدت حداقل ۱۰ میلی‌ثانیه بالاتر از ۷۰ درجه بر ثانیه بود به‌عنوان نقطه شروع ساکاد در نظر گرفته شد. همه نقاطی که از نظر زمانی بعد از نقطه شروع قرار داشته و شرایط ذکر شده را دارا بودند به‌عنوان نقاط مسیر حرکت ساکاد درنظر گرفته شده و آخرین نقطه به‌عنوان نقطه پایانی یا نقطه فرود ساکاد در نظر گرفته شد [۱۷].

زمان پاسخ

زمان پاسخ، فاصله زمانی از لحظه خاموش‌شدن نقطه وسط که به معنی اجازه برای حرکت چشم است تا لحظه شروع ساکاد، در نظر گرفته شده است. نقطه شروع ساکاد به روشی که در قبل توضیح داده شده است محاسبه شد (شکل ۱ب).

دقت ساکاد

برای محاسبه دقت ساکاد قدرمطلق تفاوت محل نقطه فرود ساکاد با محل نمایش مرکز محرک محاسبه شده و به‌عنوان دقت ساکاد و بر حسب درجه بینایی گزارش می‌شود (شکل ۱ج).

بیشینه سرعت ساکاد

برای محاسبه سرعت ساکاد میزان جابجایی چشم در مسیر ساکاد و در هر لحظه نسبت به لحظه قبل محاسبه شده و با تقسیم بر واحد زمان میزان سرعت در هر لحظه محاسبه شد، بیشترین سرعت در طول مسیر ساکاد به عنوان بیشینه سرعت ساکاد محاسبه شد (شکل ۱د).

تجزیه و تحلیل آماری

پس از انجام آزمایش و استخراج شاخصه‌های ساکاد، از آزمون واریانس سه‌راهه بادرنظرگرفتن میزان پاداش، سرعت ساکاد و میمون به‌عنوان متغیرهای مستقل و آزمون تعقیبی بونفرونی برای تعیین تاثیر میزان پاداش بر هر کدام از شاخص‌ها استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار متلب (Matlab R2018a) استفاده شده است.سطح معناداری در این مطالعه p <۰/۰۵ تعیین شده است.

یافته‌ها

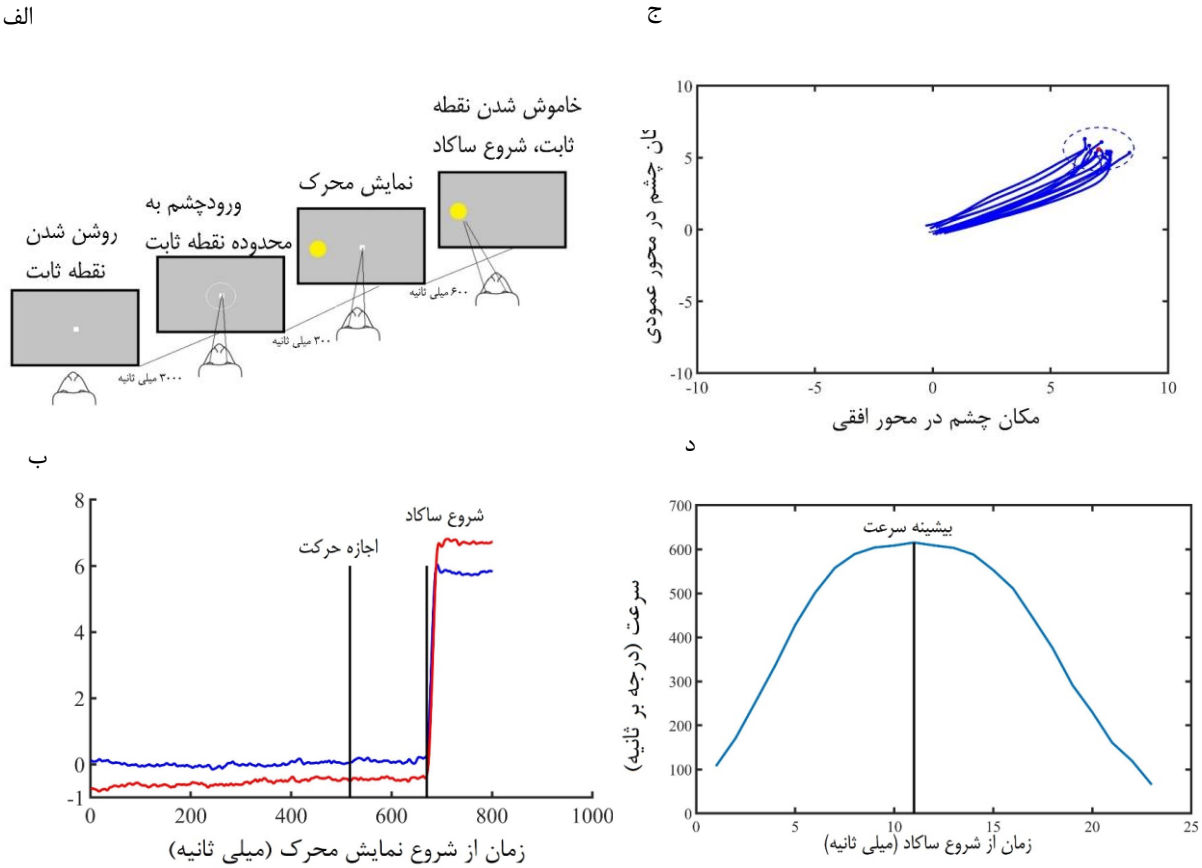
در این مطالعه به تاثیر میزان پاداش منتسب به محرک‌های بینایی بر ویژگی‌های مختلف ساکاد در تکلیف مبتنی بر ساکاد پرداختیم. پیش از محاسبه میانگین تکرارهایی از آزمایش که میزان دقت ساکاد آن‌ها بیشتر از میانگین داده‌های گروه مربوطه به اضافه سه برابر انحراف معیار (آستانه مثبت) آن گروه بود و یا میزان زمان پاسخ، بیشینه سرعت ساکاد آن‌ها بیشتر از میانگین به اضافه سه برابر انحراف معیار یا کوچکتر از میانگین منهای سه برابر انحراف معیار (آستانه منفی) داده‌های گروه مربوطه بود، از داده‌های مورد تحلیل حذف شدند. پس از اعمال این تغییرات، تعداد داده‌ها در سه گروه مختلف پاداش و برای هریک از دو میمون به این شرح بود: میمون L میزان پاداش کم، ۶۵۲ تکرار، میزان پاداش متوسط، ۶۷۵ تکرار و میزان پاداش زیاد ۷۳۷ تکرار (۰/۵٪ تکرارها با میزان زمان پاسخ بیشتر از آستانه مثبت و ۰/۰۹٪ با زمان پاسخ کمتر از آستانه منفی، ۰/۵٪ تکرارها با بیشینه سرعت کمتر از آستانه منفی و ۰/۷٪ تکرارها خطای بیشتر از آستانه مثبت داشتند). میمون J میزان پاداش کم، ۷۱۵ تکرار، میزان پاداش متوسط، ۷۲۶ تکرار و میزان پاداش زیاد، ۷۲۳ تکرار (۰/۱٪ از تکرارها زمان پاسخی بیشتر از آستانه مثبت، ۰/۰۴٪ تکرارها بیشینه سرعت بیشتر از آستانه مثبت، ۰/۱٪ بیشینه سرعت کمتر از آستانه منفی و ۰/۲٪ تکرارها خطای بیشتر از آستانه مثبت داشتند).

با درنظرگرفتن زمان پاسخ، ساکادها در دو دسته ساکاد سریع و ساکاد کند، دسته‌بندی شدند. باتوجه به شکل ۲الف که نمودار فراوانی زمان واکنش برای مقادیر مختلف پاداش را نشان می‌دهد، نمودار فراوانی دارای دو قله است که یکی از آن‌ها در حدود ۱۰۰ میلی‌ثانیه قرار دارد. به‌همین‌منظور ساکادهای سریع، ساکادهایی با زمان پاسخ کمتر یا مساوی ۱۵۰ میلی‌ثانیه و ساکادهای کند ساکادهایی با زمان پاسخ بیشتر از ۱۵۰ میلی ثانیه در نظر گرفته شد. تعداد ساکادهای کند به‌ترتیب برای پاداش کم تا زیاد ۱۰۵۷، ۹۷۰ و ۷۸۲ بوده است.

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2026-11-13]

اثر میزان پاداش بر تاخیر پاسخ

در این قسمت زمان پاسخ به محرک‌هایی با میزان متفاوت پاداش را استخراج و تاثیر میزان پاداش بر آن را در دو میمون بررسی کردیم. میانگین و انحراف معیار زمان پاسخ برای پاداش کم ۹۶ ± ۲۲۴ ، پاداش متوسط ۹۷ ± ۲۰۵ و برای پاداش زیاد ۸۵ ± ۱۶۳ میلی‌ثانیه بوده است. هرچه میزان پاداش منتسب به محرک بیشتر بوده است، میانگین تاخیر پاسخ کمتر بوده است (شکل ۲ب). براساس آنالیز واریانس سه‌راهه (در سه بعد مقدار پاداش x زمان پاسخ کند و سریع x میمون)، زمان پاسخ به محرک‌های با میزان پاداش مختلف متفاوت بود و افزایش میزان پاداش منتسب به محرک باعث کاهش میزان میانگین زمان پاسخ شده است [$F_{۲,۴۲۲۳} = ۳۳/۳$ ،$p < ۰/۰۰۱$] آنالیز واریانس سه‌راهه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین زمان پاسخ برای دو میمون [$F_{۱,۴۲۲۳} = ۰$ ،$p > ۰/۰۵$] بود. برای میمون L میانگین و انحراف معیار زمان پاسخ برای پاداش کم ۹۷ ± ۲۲۰، پاداش متوسط ۱۰۳ ± ۲۱۱ و برای پاداش زیاد ۸۰ ± ۱۸۸ میلی‌ثانیه بوده است. هرچه میزان پاداش منتسب به محرک بیشتر بوده است، میانگین تاخیر پاسخ کمتر بوده است (شکل ۲ب). آزمون تعقیبی بونفرونی تفاوت زمان پاسخ را برای محرکی با پاداش کم ($p < ۰/۰۵$) و ساکاد به محرک با پاداش زیاد در مقایسه با ساکاد به محرک با پاداش متوسط ($p < ۰/۰۵$) معنادار نشان داد درحالی‌که تفاوت در زمان پاسخ به محرک با پاداش متوسط در مقایسه با زمان پاسخ به محرک با پاداش کم، معنی‌دار نبود ($p > ۰/۰۵$).



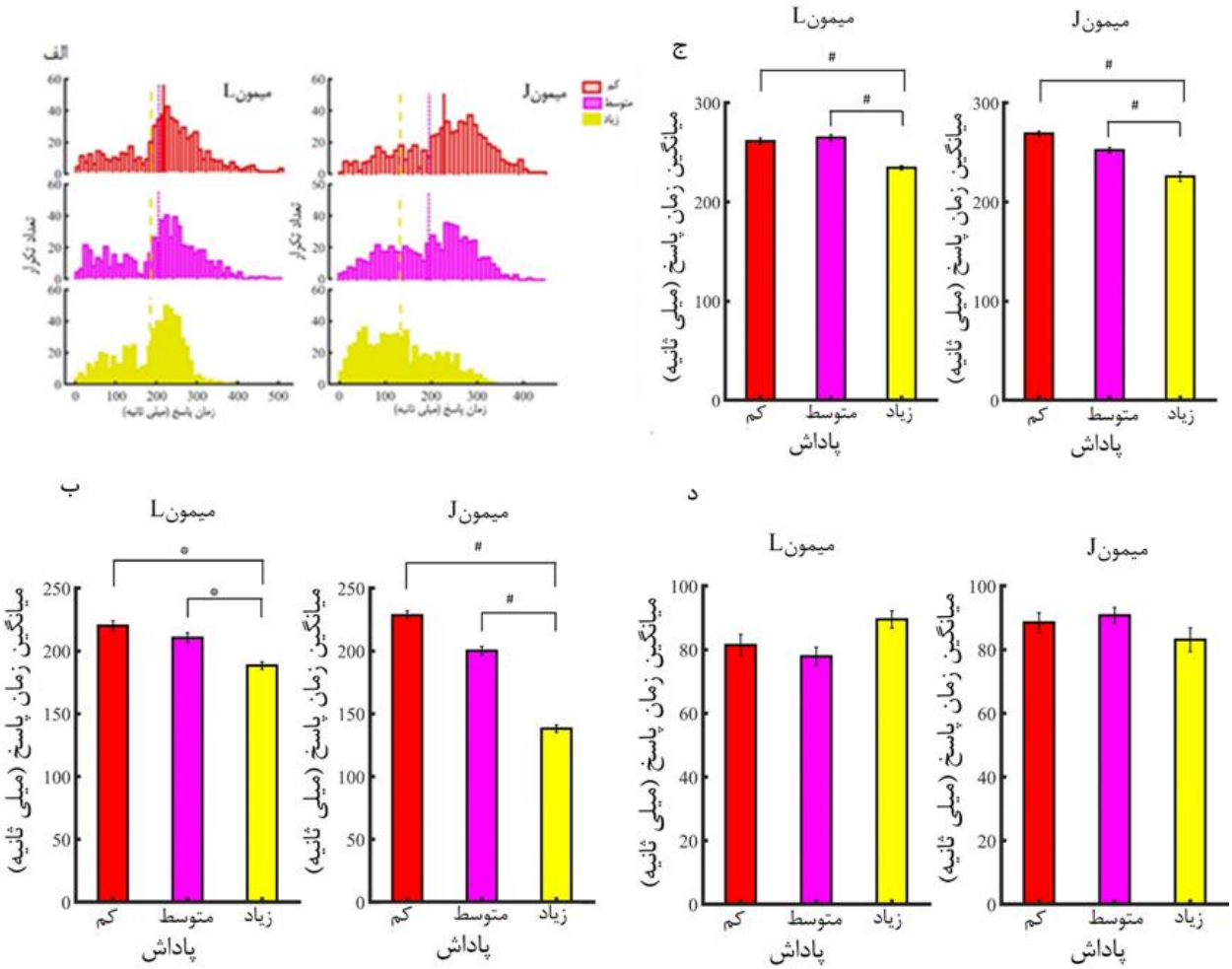
شکل ۱- زمان‌بندی تکلیف رفتاری و نمایش نحوه محاسبه شاخص های ساکاد: (الف) زمان‌بندی تکلیف رفتاری پس از روشن‌شدن نقطه وسط، ظرف مدت ۳ ثانیه حیوان باید چشم خود را روی نقطه وسط ثابت کند، پس از ۳۰۰ میلی‌ثانیه محرکی با رنگ‌های مختلف (قرمز، بنفش و یا زرد) در صفحه نمایش داده می‌شود و میمون باید ۶۰۰ میلی‌ثانیه چشم خود را برروی نقطه وسط نگه دارد پس از آن نقطه وسط خاموش شده و میمون می‌تواند به محرک ساکاد بزند، (ب) مسیر حرکت چشم در دو محور افقی (رنگ آبی) و محور عمودی (رنگ قرمز) برحسب زاویه بینایی. لحظه شروع ساکاد بر اساس اولین لحظه‌ای که سرعت ساکاد از ۷۰ درجه بر ثانیه و جابه جایی از ۰/۱ درجه بیشتر شود و برای حداقل ۱۰ میلی‌ثانیه این شرایط برقرار باشد، محاسبه می‌شود، (ج) مسیر حرکت ساکادیک چشم برای چند تکرار مختلف. خطای نقطه فرود بر اساس اندازه‌گیری فاصله نقطه فرود (نقاط توپر آبی) تا مرکز محرک (نقطه قرمز رنگ) محاسبه می‌شود، (د) نمایش سرعت ساکاد در هر لحظه از شروع ساکاد. میزان سرعت براساس میزان جابه جایی در دو محور افقی و عمودی در هر لحظه محاسبه شده است.

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2026-11-13]

برای میمون J میانگین و انحراف معیار زمان پاسخ برای مقادیر پاداش از کم به زیاد به ترتیب ۹۵ ± ۲۲۸، ۹۱ ± ۲۰۰، ۸۲ ± ۱۳۸ میلی‌ثانیه بوده است. و آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که تفاوت زمان پاسخ برای ساکاد به محرک با میزان ساکاد به محرک با میزان پاداش زیاد در مقایسه با ساکاد به پاداش زیاد در مقایسه با ساکاد به محرکی با پاداش کم و متوسط معنادار است (در هر دو حالت $p < ۰/۰۰۱$) ولی تفاوت زمان پاسخ به محرکی با میزان پاداش کم نسبت به محرک با پاداش متوسط معنادار نبود ($p > ۰/۰۵$).

در ساکادهای کند (شکل ۲ج) میانگین زمان پاسخ برای پاداش کم ۶۴ ± ۲۶۵، پاداش متوسط ۶۲ ± ۲۵۸ و پاداش زیاد ۴۶ ± ۲۳۱ و در ساکادهای سریع ۴۰ ± ۸۵ ، ۳۹ ± ۸۵ و ۴۹ ± ۸۵ میلی‌ثانیه بوده است آنالیز واریانس سه‌راهه نشان داد تغییر در مقدار پاداش اثر متفاوتی روی ساکادهای سریع و کند دارد [$F_{۲,۴۲۲۳} = ۷/۳۹$ ، p (پاداش × سرعت) $<۰/۰۰۱$]. آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در ساکادهای کند زمان پاسخ به محرک با پاداش زیاد و متوسط در مقایسه با زمان پاسخ به محرک با پاداش کم به صورت معناداری متفاوت است (در هر دو حالت $p < ۰/۰۰۱$) اما این تفاوت برای محرک با پاداش متوسط در مقایسه با پاداش کم معنی‌دار نبود ($p > ۰/۰۵$).

برای ساکادهای سریع زمان پاسخ به محرک با پاداش زیاد، متوسط و کم تفاوت معناداری نداشت (برای همه حالت‌ها $p > ۰/۰۵$).



شکل ۲- تاثیر مقادیر مختلف پاداش بر زمان پاسخ ساکادیک چشم میمون. (الف) نمودار پراکندگی زمان پاسخ برای دو میمون مختلف برای مقادیر مختلف پاداش (از بالا به پایین به ترتیب پاداش کم، متوسط و زیاد)، (ب) میانگین زمان پاسخ برای همه ساکادها برای دو میمون مختلف در مقادیر متفاوت پاداش، (ج) میانگین زمان پاسخ برای ساکادهای کند برای دو میمون مختلف در مقادیر متفاوت پاداش، (د) میانگین زمان پاسخ برای ساکادهای سریع برای دو میمون مختلف در مقادیر متفاوت پاداش. *: تفاوت معنی دار بین دو گروه با $p <۰/۰۵$ و #: تفاوت معنی دار بین دو گروه با $p <۰/۰۰۱$. ستون‌ها: میانگین ± خطای استاندارد.

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2026-11-13]

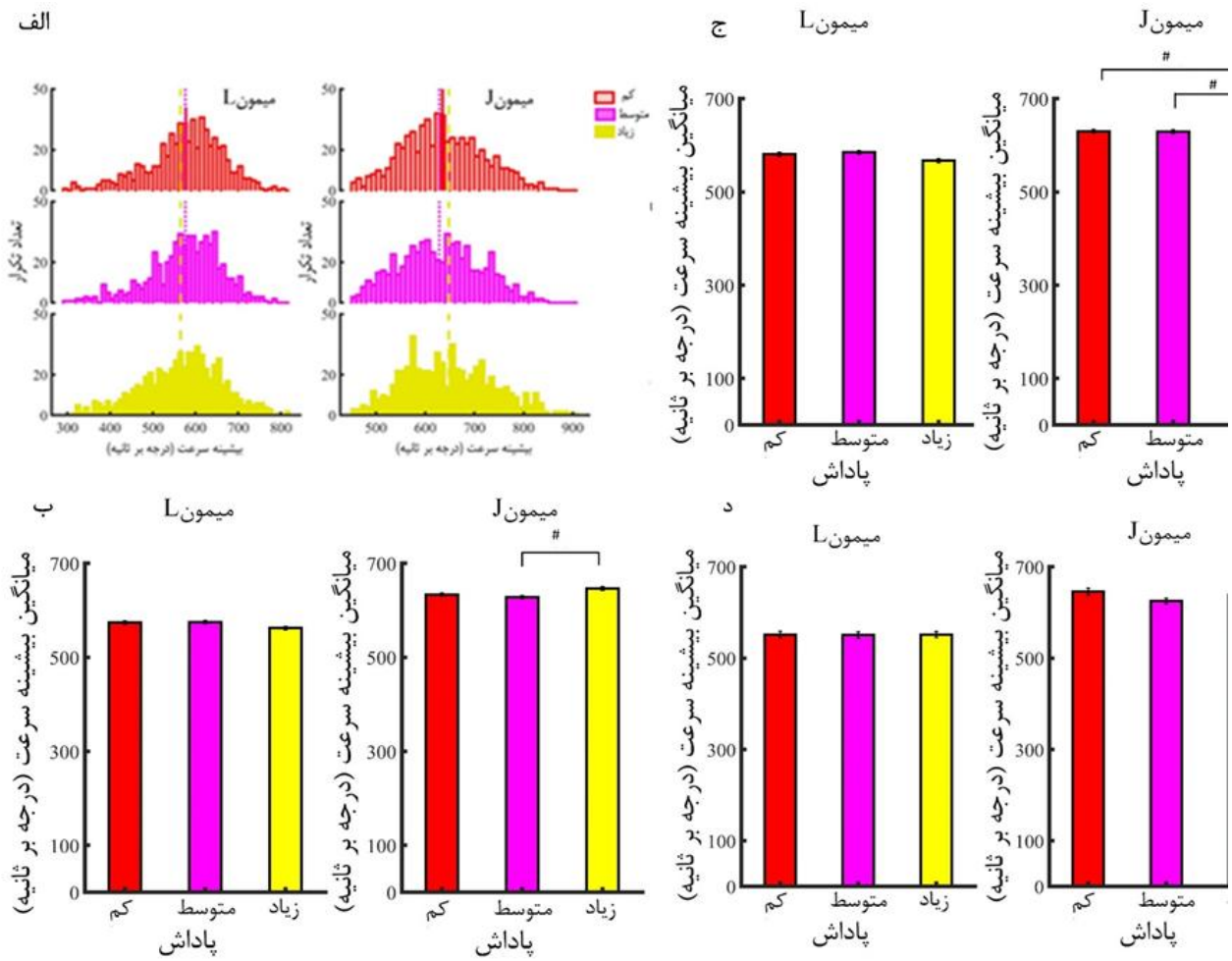
مقایسه میانگین زمان پاسخ ساکادهای سریع برای مقادیر مختلف پاداش در میمون L (شکل ۲د) روند مشخصی را نشان نمی‌دهد، میانگین زمان پاسخ برای پاداش‌های کم تا زیاد به ترتیب ۴۱ ± ۸۱، ۴۰ ± ۷۸ و ۴۱ ± ۸۹ میلی‌ثانیه است. آنالیز واریانس یک‌راهه برای این داده‌ها تفاوت معنی‌داری بین میانگین زمان پاسخ در سه مقدار مختلف پاداش را نشان می‌دهد ($p < ۰/۰۵$). آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد زمان پاسخ در ساکاد به محرک با میزان پاداش زیاد نسبت به ساکاد به محرک با میزان پاداش متوسط به‌طور معناداری متفاوت است ($p < ۰/۰۵$)، اما تفاوت زمان پاسخ در ساکاد به محرک با میزان پاداش متوسط نسبت به ساکاد به محرکی با پاداش کم و ساکاد به محرکی با پاداش زیاد نسبت به محرکی با پاداش کم معنی‌دار نبود (در هر دو حالت $p > ۰/۰۵$). برای میمون J نیز در ساکادهای سریع (شکل ۲د)، روند تغییر میزان پاسخ به‌ازای افزایش میزان پاداش کاهشی بوده است. میانگین زمان پاسخ برای انتخاب محرک با پاداش کم تا زیاد به ترتیب ۳۹ ± ۸۸، ۳۸ ± ۹۰ و ۴۰ ± ۸۳۴ میلی‌ثانیه بوده است. تفاوت زمان پاسخ در میزان پاداش مختلف بر اساس آنالیز واریانس یک‌راهه معنی‌دار نبود ($p > ۰/۰۵$).

اثر میزان پاداش بر بیشینه سرعت ساکاد

شکل ۳الف پراکندگی بیشینه سرعت و شکل ۳ب میانگین بیشینه سرعت ساکاد به محرک‌هایی با میزان پاداش منتسب متفاوت را در دو میمون به‌صورت جداگانه نمایش داده است که میانگین برای هر دو میمون ۹۶ ± ۶۰۵، ۹۷ ± ۶۰۲ و ۱۰۹ ± ۶۰۳ درجه بر ثانیه بوده است و آنالیز واریانس سه‌راهه (در سه بعد مقدار پاداش x زمان پاسخ کند و تند x میمون)، نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بیشینه سرعت ساکاد در مقادیر پاداش مختلف است [$F_{۲,۴۲۲۳} = ۱/۳۹$، $p > ۰/۰۵$]. باتوجه‌به انالیز واریانس سه‌راهه بیشینه سرعت در ساکادهای کند و سریع متفاوت بود [$F_{۱,۴۲۲۳} = ۲۰/۴۳$، $p < ۰/۰۰۱$] ، میانگین بیشینه سرعت در ساکادهای کند ۱۰۸ ± ۶۰۵ و در ساکادهای سریع ۱۰۶ ± ۶۰۱ درجه بر ثانیه بود اثر مقدار پاداش بر بیشینه سرعت در ساکادهای کند و سریع متفاوت نبود [$F_{۲,۴۲۲۳} = ۱/۳۲$، $p>۰/۰۵$] میانگین بیشینه سرعت در پاداش زیاد تا کم به ترتیب در ساکادهای کند ۱۱۰ ± ۵۶۰، ۹۳ ± ۶۰۷ و ۹۴ ± ۶۰۶ و در ساکادهای سریع ۱۰۸ ± ۶۰۸، ۱۰۴ ± ۵۹۰ و ۱۰۴ ± ۶۰۰ درجه بر ثانیه بود، ازطرفی بیشینه سرعت [$F_{۱,۴۲۲۳} = ۵۰۹/۷$، $p < ۰/۰۰۱$] و اثر مقدار پاداش بر بیشینه سرعت در دو میمون متفاوت بود [$F_{۲,۴۲۲۳} = ۷/۷۴$، $p < ۰/۰۰۱$]. برای میمون L بیشینه سرعت به‌ترتیب از پاداش کم به زیاد ۹۵ ± ۵۷۴، ۹۲ ± ۵۷۵ و ۱۰۴ ± ۵۶۲ و برای میمون J به ترتیب ۸۸ ± ۶۳۳، ۹۴ ± ۶۲۸ و ۹۸ ± ۶۴۶ درجه بر ثانیه بوده است.

آزمون تعقیب بونفرونی در میمون L نشان داد بیشینه سرعت در مقادیر مختلف پاداش تفاوت معناداری با یکدیگر نداشت (برای همه حالت‌ها $p > ۰/۰۵$). برای میمون J بیشینه سرعت در ساکاد به محرک با میزان پاداش زیاد در مقایسه با ساکاد به محرک با میزان پاداش متوسط به‌طور معناداری بیشتر بود ($p < ۰/۰۰۱$) در حالیکه بیشینه سرعت در ساکاد به محرک با پاداش متوسط در مقایسه با محرک با پاداش کم تفاوت معناداری نداشت ($p > ۰/۰۵$). در ساکادهای کند (شکل ۳ج) برای میمون L میانگین بیشینه سرعت در میزان پاداش کم تا زیاد به ترتیب ۹۶ ± ۵۸۱، ۸۸ ± ۵۸۵ و ۱۰۴ ± ۵۶۷ درجه بر ثانیه بود که تغییر در میزان پاداش تفاوت معناداری در بیشینه سرعت ایجاد نکرد ($p > ۰/۰۵$). در میمون J میانگین بیشینه سرعت به ترتیب برای مقادیر پاداش کم تا زیاد برابر ۸۵ ± ۶۳۰، ۹۴ ± ۶۲۹ و ۹۷ ± ۶۵۹ درجه بر ثانیه بود. آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که بیشینه سرعت درساکاد به محرک با پاداش زیاد نسبت به محرک با پاداش کم و محرک با پاداش متوسط به‌طور معناداری افزایش یافت ($p < ۰/۰۰۱$) ولی بیشینه سرعت ساکاد در پاداش متوسط نسبت به پاداش کم معنادار نبود ($p > ۰/۰۵$). مقدار بیشینه سرعت ساکاد در ساکادهای سریع (شکل ۳د) برای میمون L برای پاداش کم تا زیاد به ترتیب ۸۸ ± ۵۵۱، ۹۹ ± ۵۵۰ و ۱۰۳ ± ۵۵۱ درجه بر ثانیه بود که در مقادیر مختلف پاداش تفاوت معناداری نداشت ($p > ۰/۰۵$). برای میمون J بیشینه سرعت ساکاد در سرعت ساکاد در ساکادهای سریع برای مقادیر پاداش کم تا زیاد به ترتیب ۹۸ ± ۶۴۶ ، ۹۶ ± ۶۲۶ و ۹۹ ± ۶۳۸ در ($p > ۰/۰۵$).

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2026-11-13]



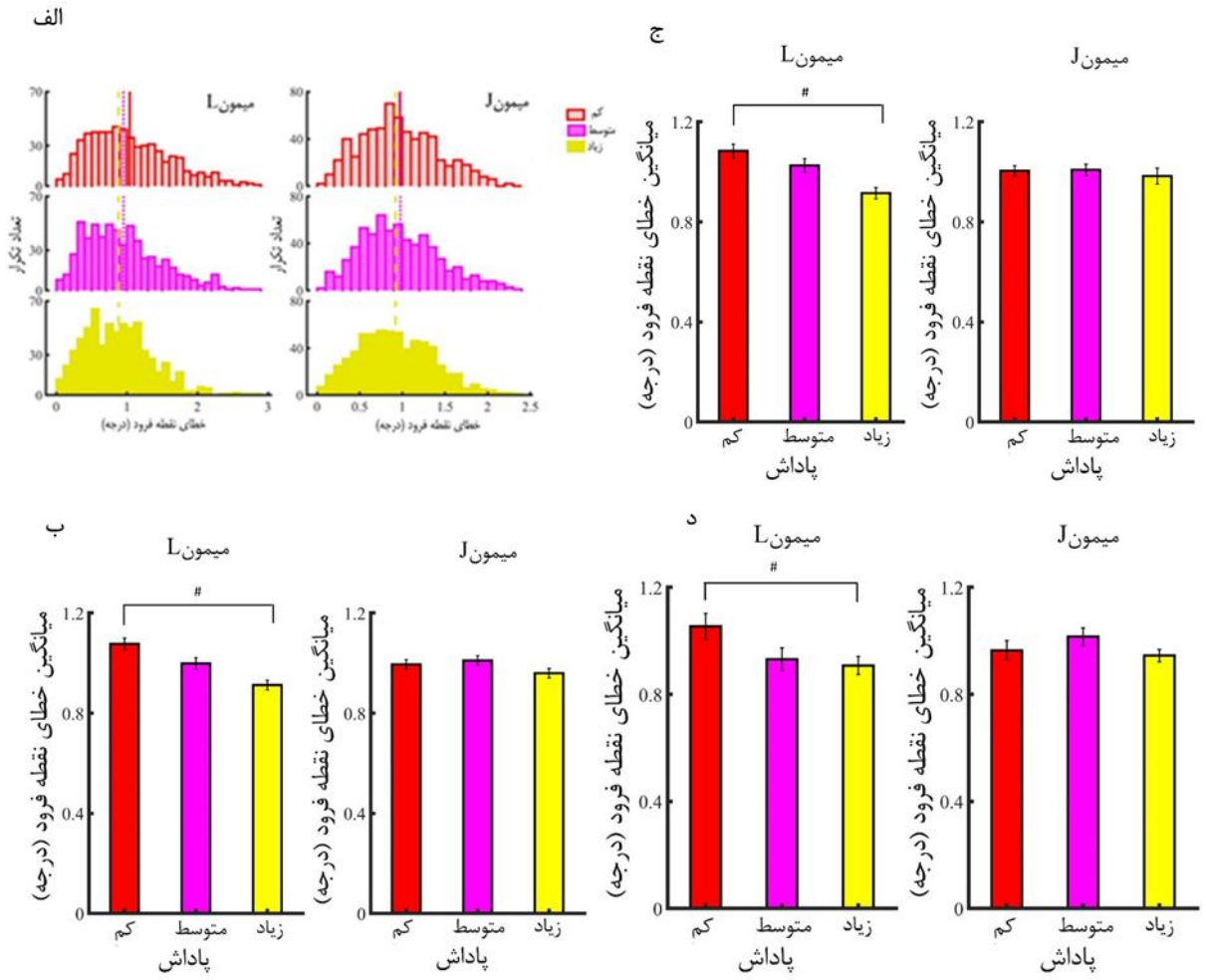
شکل ۳- تاثیر مقادیر مختلف پاداش بر بیشینه سرعت ساکاد در میمون. (الف) نمودار پراکندگی بیشینه سرعت برای دو میمون مختلف برای مقادیر مختلف پاداش (از بالا به پایین به ترتیب پاداش کم، متوسط و زیاد)، (ب) میانگین بیشینه سرعت برای همه ساکادها برای دو میمون مختلف در مقادیر متفاوت پاداش، (ج) میانگین بیشینه سرعت برای ساکادهای کند برای دو میمون مختلف در مقادیر متفاوت پاداش، (د) میانگین بیشینه سرعت برای ساکادهای سریع برای دو میمون مختلف در مقادیر متفاوت پاداش. #: تفاوت معنی‌دار بین دو گروه با $p < ۰/۰۰۱$. ستون‌ها: میانگین ± خطای استاندارد.

اثر میزان پاداش بر دقت ساکاد

شکل ۴الف پراکندگی خطای ساکاد و شکل ۴ب میانگین خطای ساکاد را برای سه مقدار مختلف پاداش و دو میمون مختلف نشان می‌دهد، این میزان برای میمون L به‌ترتیب از پاداش کم به زیاد ۰/۶ ± ۱/۰۷، ۰/۵۹ ± ۰,۹۹ و ۰/۵ ± ۰/۹۱ و برای میمون J به‌ترتیب ۰/۴۷ ± ۰/۹۹، ۰/۴۹ ± ۱/۰۱ و ۰/۹۵ ± ۰/۴۸ درجه بود.

آنالیز واریانس سه‌راهه حاکی از این بود که بین دو میمون دقت ساکاد متفاوت نیست [$F_{۱,۴۲۲۳} = ۰/۰۱$ ،$p > ۰/۰۵$]. همچنین دقت در ساکادهای کند(شکل ۴ج) و سریع (شکل ۴د) تفاوت معنی‌داری ندارد [$F_{۱,۴۲۲۳} = ۳/۴۹$ ،$p > ۰/۰۵$]. البته همان‌طورکه در شکل نشان داده میزان خطای نقطه فرود ساکاد برای مقادیر مختلف پاداش متفاوت است [$F_{۲,۴۲۲۳} = ۸/۳۹$ ،$p < ۰/۰۰۱$]. آنالیز واریانس سه‌راهه نشان‌دهنده اثر متفاوت پاداش بر دقت ساکاد در دو میمون می‌باشد [$F_{۲,۴۲۲۳} = ۵/۱$ ،$p < ۰/۰۵$]. برای میمون L آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد خطای نقطه فرود در ساکاد به محرکی با میزان پاداش زیاد در مقایسه با ساکاد به محرک با میزان پاداش کم در کاهش معنی‌داری داشته است ($p < ۰/۰۰۱$). برای میمون J خطای نقطه فرود در حالت‌های مختلف پادش متفاوت نبود ($p > ۰/۰۵$) .

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2026-11-13]



شکل ٤- تاثیر مقادیر مختلف پاداش بر میانگین خطای نقطه فرود ساکاد میمون. (الف) نمودار پراکندگی خطای نقطه فرود برای دو میمون مختلف برای مقادیر مختلف پاداش (از بالا به پایین به ترتیب پاداش کم، متوسط و زیاد)، (ب) میانگین خطای نقطه فرود برای همه ساکادها برای دو میمون مختلف در مقادیر متفاوت پاداش، (ج) میانگین خطای نقطه فرود برای ساکادهای کند برای دو میمون مختلف در مقادیر متفاوت پاداش، (د) میانگین خطای نقطه فرود برای ساکادهای سریع برای دو میمون مختلف در مقادیر متفاوت پاداش. $^{\#}$: تفاوت معنی‌دار بین دو گروه با $p <$ ۰/۰۰۱. ستون ها: میانگین ± خطای استاندارد.

بحث

براساس آنچه در قسمت یافته‌های این پژوهش ذکر شد، تغییر در میزان پاداش باعث تغییر در میزان زمان پاسخ به محرک شد. افزایش میزان پاداش منتسب به یک محرک باعث کاهش زمان پاسخ به آن محرک می‌شود که با نتایج به دست آمده از پژوهش‌های مشابه گذشته که در آن‌ها زمان پاسخ به محرک حاوی پاداش، کمتر از زمان پاسخ به محرک بدون پاداش بود همسو بوده است [۱۸-۲۴]. عدم تفاوت میان یافته‌های حاصل از دو میمون، نشان‌دهنده تاثیر یکسان پاداش در هردو حیوان است. ازآنجایی‌که مکانیزم تولید و کنترل ساکادهای سریع و کند در مغز متفاوت است، تاثیر میزان پاداش بر هرکدام از این دو دسته به صورت جداگانه هم مورد بررسی قرارگرفت. تغییر میزان پاداش در زمان پاسخ ساکادهای سریع تغییری ایجاد نکرد درحالی‌که افزایش میزان پاداش منتسب به محرک در ساکادهای کند باعث کاهش زمان پاسخ به آن محرک می‌شود که با یافته‌های پیشین همسو است [۲۱]. در این مطالعه، بر خلاف مطالعات مشابه که در نخستیان انجام شده و در آن‌ها میزان پاداش محرک بین دو مقدار بدون پاداش و با پاداش تغییر می‌کند، میزان پاداش در سه سطح کم و متوسط و زیاد متفاوت بود و نتایج نشان داد نحوه تغییر زمان پاسخ تابع میزان پاداش منتسب به محرک است. این تفاوت رویکرد در ساکادهای سریع و کند می‌تواند ناشی از عدم‌دسترسی قسمت‌های درگیر در تولید ساکادهای سریع به

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2026-11-13]

اطلاعات میزان پاداش منتسب به محرک‌ها باشد. البته فضاوت در مورد عدم تاثیر میزان پاداش بر زمان پاسخ در ساکادهای سریع باید با احتیاط صورت گیرد. ازآنجاکه افزایش مقادیر پاداش می‌تواند باعث تسریع در زمان پاسخ ساکادهای کند شود و آن‌ها را جزو ساکادهای سریع دسته‌بندی کند در مجموع می‌تواند منجر به عدم تغییر در میانگین زمان پاسخ ساکادهای سریع با افزایش پاداش شود.

تغییر بیشینه سرعت ساکاد در دو میمون روند یکسانی نداشت. اگرچه افزایش میزان پاداش منتسب به محرک باعث افزایش میزان سرعت در میون J شد اما عدم تغییر در سرعت ساکاد با تغییر میزان پاداش در میمونL با یافته‌های مطالعات پیشین [۲۴، ۲۲، ۲۱، ۱۸] همسو نیست. این تفاوت می‌تواند به‌دلیل تفاوت بین فردی یا تفاوت در مکانیزم تصمیم‌گیری دو حیوان باشد. علاوه‌براین میزان ادراک هر حیوان از میزان پاداش منتسب به محرک منحصر به فرد است که می‌تواند باعث تفاوت در نتایج باشد. در مطالعه‌ای تاثیر طول ساکاد بر تغییر سرعت ناشی از تفاوت میزان پاداش نشان داد که هرچه طول ساکاد بیشتر باشد این تفاوت سرعت کمتر است [۲۳]. باتوجه‌به این‌که محل نمایش محرک‌ها و در نتیجه طول ساکاد برای روزهای مختلف متفاوت بوده‌است این عامل هم می‌تواند دلیلی برای عدم همسویی داده‌های این تحقیق با مطالعات گذشته باشد.

باوجوداین‌که میزان خطا برای هردو حیوان با افزایش میزان پاداش منتسب به محرک کاهش یافت اما این افزایش دقت تنها برای میمون L معنادار بود که همسو با مطالعات گذشته است [۱۸]. این تفاوت علاوه بر تفاوت‌های فردی می‌تواند به‌دلیل تفاوت در نحوه آموزش حیوان باشد. میمون J قبل از آموزش در این تکلیف رفتاری در تکلیف دیگری آموزش دیده‌بود که در آن میزان فضای مجاز اطراف محرک برای ساکادزدن محدودتر از این تکلیف بود به همین دلیل ممکن است میزان جابه‌جایی نقطه فرود ساکاد برای این حیوان محدودتر شده‌است این جابه‌جایی محدود باعث کاهش تفاوت میانگین‌ها و در نتیجه عدم معناداری آنالیز واریانس بشود.

نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که تغییر در میزان پاداش منتسب به یک محرک پاسخ‌دهی به آن محرک را سریع‌تر می‌کند و به‌نظر می‌رسد سیستم درگیر در فعالیت ساکادیک سریع به داده‌های مربوط به میزان پاداش محرک‌ها دسترسی ندارد زیرا این تغییر زمان پاسخ متناسب با میزان پاداش در ساکادهای کند اتفاق می‌افتد.

سپاسگزاری

نویسندگان سپاسگزار صندوق حمایت از پژوهشگران و دانشگاه فردوسی بخاطر حمایتشان از این تحقیق حمایت می‌باشند.

ملاحظات مالی

این پروژه با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد از رساله دکتری فاطمه دیده ور و حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران کشور از طرح پژوهشی با کد ۹۶۰۰۳۵۶۸ انجام شده است.

تعارض در منافع

نویسندگان این مقاله تعارض در منافع ندارند.

نقش نویسندگان

ف.د.: طراحی آزمایشات، جمع آوری و آنالیز داده‌ها و نگارش مقاله؛ ع.ا.: طراحی آزمایشات، طراحی و آنالیز داده‌ها و نگارش مقاله.

فهرست منابع

[1] Shepherd M, Findlay JM, Hockey RJ, The relationship between eye movements and spatial attention. ***Q J Exp Psychol A*** 38 (1986) 475-491.

[2] Jonikaitis D, Klapetek A, Deubel H, Spatial attention during saccade decisions. ***J Neurophysiol***. 118 (2017) 149-160.

[3] Theeuwes J, Top-down and bottom-up control of visual selection. ***Acta Psychol (Amst)*** *135* (2010)77–99.

[4] Awh E, Belopolsky AV, Theeuwes J, Top-down versus bottom-up attentional control: a failed theoretical dichotomy. ***Trends Cogn Sci*** *16* (2012) 437–443.

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2026-11-13]

[5] Anderson BA, Laurent PA, Yantis S, Value-driven attentional capture. ***Proc Natl Acad Sci USA*** *108* (2011) 10367–10371.
[6] Anderson BA, A value-driven mechanism of attentional selection. ***J Vis*** *13* (2013) 7.
[7] Ikeda T, Hikosaka O, Reward-dependent gain and bias of visual responses in primate superior colliculus. ***Neuron*** *39* (2003) 693-700.
[8] Isoda M ,Hikosaka O, A neural correlate of motivational conflict in the superior colliculus of the macaque. ***J Neurophysiol*** 3 (2008) 1332-1342.
[9] Platt M, Glimcher PW, Neural correlates of decision variables in parietal cortex. ***Nature*** 400 (1999) 233-238.
[10] Bourgeois A, Sterpenich V, Iannotti GR, Vuilleumier P, Reward-driven modulation of spatial attention in the human frontal eye-field. ***NeuroImage*** 247 (2022) 118846.
[11] Griggs WS, Amita H, Gopal A, Hikosaka O, Visual neurons in the superior colliculus discriminate many objects by their historical values. ***Front Neurosci*** 12 (2018) 396.
[12] Libera CD, Chelazzi L,Visual selective attention and the effects of monetary rewards. ***Psychol Sci*** 17 (2006) 222-227.
[13] Theeuwes J, Belopolsky AV, Reward grabs the eye: Oculomotor capture by rewarding stimuli. ***Vision Res*** 74 (2012) 80-85.
[14] *Hickey* C, *Zoest* W, Reward creates oculomotor salience. ***Curr Biol*** 22 (2012) 219-220.
[15] Liao MR, Anderson BA, Reward learning biases the direction of saccades. ***Cognition*** 196 (2020) 104145.
[16] Erik M, Summerside ME, Shadmehr R, Ahmed AA, Vigor of reaching movements: reward discounts the cost of effort. ***J Neurophysiol*** 119 (2018) 2347-2357.
[17] Schafer RJ, Moore T, Attention governs action in the primate frontal eye field. ***Neuron*** 56 (2007) 541-551.
[18] Takikawa Y, Kawagoe R, Itoh H, Modulation of saccadic eye movements by predicted reward outcome. ***Exp Brain Res*** 142 (2002) 284–291.
[19] Dunne S, Ellison A, Smith DT, Rewards modulate saccade latency but not exogenous spatial attention. ***Front Psychol*** 6 (2015) 1080.
[20] Shams-Ahmar M, Their P, Differential Effects of Value ad Salience on Saccade Latencies. ***bioRxiv*** (2020) under review.
[21] Xu-Wilson M, Zee DS, Shadmehr R, The intrinsic value of visual information affects saccade velocities. ***Exp Brain Res*** 4 (2009) 475–481.
[22] Chen LL, Chen YM, Zhou W, Mustain WD, Monetary reward speeds up voluntary saccades. ***Front Integr Neurosci*** 8 (2014) 48.
[23] Chen L, Hung L, Quinet J, Kosek K, Cognitive regulation of saccadic velocity by reward prospect. ***Eur J Neurosci*** 38 (2013) 2434-2444.
[24] Tehrim Y, Jaleel A, Ahmed A, Shadmehr R, Saccade vigor and the subjective economic value of visual stimuli. ***J Neurophysiol*** 123 (2020) 2161-2172.

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2026-11-13]

Research paper

Investigating the effect of reward on saccadic eye movement parameters in macaque monkeys

Fatemeh Didehvar, Ali Asadollahi*

Department of Biology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Received: 18 February 2022 Accepted: 25 April 2022

Abstract

Background and Aim: One of the most effective factors in control of attention is the amount of reward associated with the target stimulus. The aim of this study was to investigate effects of different reward magnitudes on saccadic eye movement parameters as a behavioral index of attention.

Methods: We used two male macaque monkeys in a saccadic behavioral task. Monkeys trained to saccade to a presented stimulus that was associated with low, medium, or high reward magnitudes. For two monleys, latency, peak velocity and accuracy of saccades in two separate groups (fast and slow) in three reward regimes were analyzed using three ways ANOVA and Bonferroni post-hoc tests.

Results: Latency of the saccades to stimuli associated with higher reward magnitude was lower compared to latency of saccades to the stimuli associated with smaller reward magnitudes. The saccades were more accurate when targeting stimuli associated with higher reward magnitudes than targeting low reward stimuli. Changes in the reward associated with the saccadic targets did not consistently affect the saccadic peak velocity.

Conclusion: The reward associated with saccadic target stimuli resulted in a decrease in saccadic reaction times and improvement in accuracy of saccades, with inconsistent effects on saccade velocity. Our observations are consistent with current literature showing value as a main component in guiding attention.

Keywords: Reward, Reaction Time, Saccade

Please cite this article as follows:

Didehvar F, Asadollahi A, Investigating the effect of reward on saccadic eye movement parameters in macaque monkeys. ***Iran J Physiol Pharmacol*** 6 (2022) 61-72.

*Corresponding author: asadollahia@um.ac.ir (ORCID: 0000-0002-7915-6846)

[Downloaded from ijpp.phypha.ir on 2026-11-13]