



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

# یادگیری مشاهده در مقابل تمرین فیزیکی منجر به تثبیت نتایج مختلف در یک

## وظیفه زمانبندی تحرک می شود

### چکیده

یادگیری حرکتی، یک فرایند است که فراتر از جلسات آموزشی گسترش می یابد. به طور خاص، تمرین فیزیکی باعث یک سری از تغییرات فیزیولوژیکی در CNS می شود که تحت اصطلاح " تثبیت " (Walker و Stickgold) (۲۰۰۷) گروه بندی می شوند. این تغییرات می تواند به بهبود بین جلسه ای و یا ثبات عملکرد (Walker ۲۰۰۵) منجر شود.

در یک سری از سه آزمایش، ما آزمایش نمودیم که آیا تثبیت پس از مشاهده نیز رخ می دهد یا خیر. در آزمایش ۱، شرکت کنندگان مشاهده نمودند که یک کارشناس، یک سکانس از حرکات بازو را انجام می دهد. اگر چه ما شاهد یادگیری مشاهده ای هستیم، بین شرکت کنندگانی که از آنها خواسته شد تا دوباره سکانس مشاهده را ۵ دقیقه یا ۲۴ ساعت بعد تکرار نمایند (بدون بهبود بین-جلسه ای) تفاوت قابل توجهی دیده نشد. در آزمایش ۲، دو گروه از شرکت کنندگان مشاهده نمودند که یک کارشناس دو سکانس متمایز حرکت را (A و B) با فاصله ۱۰ دقیقه یا ۸ ساعت انجام می دهد؛ سپس شرکت کنندگان به لحاظ جسمی سکانس را بعد از وقفه ۲۴ ساعته انجام دادند. شرکت کنندگان در گروه ۸ ساعت، سکانس B را با دقت کمتر در مقایسه با شرکت کنندگان در گروه ۵ دقیقه انجام دادند که نشان می دهد که خاطره سکانس اول تثبیت شده است و با یادگیری سکانس دوم متداخل شده است. در نهایت، در آزمایش ۳، فاز اولیه مشاهده توسط یک مرحله تمرین فیزیکی جایگزین شد. در تضاد با نتایج حاصل از آزمایش ۲، شرکت کنندگان در گروه H-۸، سکانس B را به طور قابل توجهی دقیق تر نسبت به شرکت کنندگان در گروه ۵ دقیقه انجام دادند. به همراه هم، نتایج ما نشان می دهند که خاطره یک مهارت آموخته از طریق مشاهده دستخوش تثبیت می شود. با این حال، تثبیت مهارت حرکت مشاهده شده منجر به پیامدهای رفتاری متمایز در مقایسه با تمرین فیزیکی می شود.

## کلمات کلیدی: یادگیری حرکت، تحکیم، مشاهده، یادگیری آفلاین، تثبیت

تمرین جسمانی به مدت طولانی به عنوان تنها عامل تعیین کننده مهم ترین مهارت حرکت در نظر گرفته شده است. این باور اغلب توسط ضرب المثل قدیمی "عمل کامل کننده است" به عنوان مدل های اولیه از یادگیری مهارت حرکت مورد حمایت قرار گرفت (Crossman 1959؛ Fitts 1964؛ Adams 1971؛ Schmidt 1975؛ Shea و Morgan، 1979). اگر چه اهمیت تمرین فیزیکی برای یادگیری مهارت حرکتی غیر قابل انکار است، شواهد اخیر نشان می دهد که فرآیندهای مهم در بین جلسات تمرین رخ می دهند. به طور خاص، تمرین فیزیکی موجب تحریک یک سری از تغییرات فیزیولوژیکی در مغز، از سنتز پروتئین تا تشکیل سیناپس جدید (McGaugh 2000) می شود که منجر به حفظ طولانی مدت مهارت های جدید می شود. این تغییرات که تحت اصطلاح "تثبیت" گروه بندی می شوند (Stickgold و Walker 2007)، برای رخ دادن نیاز به زمان دارد و پایه و اساس یادگیری مهارت حرکتی را تشکیل می دهند.

فرضیه کنونی بیان می کند که شبکه های مغز فعالسازی شده در طول تمرین فیزیکی در حالت استراحت (Hoffman و man 2002) و / یا یک بازه خواب دوباره فعال می شوند (Wilson و McNaughton 1994؛ Ji و Wilson 2007). تصور می شود این فعالسازی به نفع سازماندهی مجدد از اطلاعات در CNS است (برای نمایش های مختلف، نگاه کنید به هر حال Tononi و Cirelli 2003؛ Hill و همکاران 2008)، که در هنگامی که مهارت های حرکتی تازه تمرین شده پس از فاصله تثبیت دوباره آزمایش می شود، منجر به فعال شدن شبکه های مختلف مغز می شود (Karni و همکاران 1995؛ Shadmehr و Holcomb 1997؛ Walker و همکاران 2005).

اگر چه این سازماندهی مجدد از CNS لزوماً به یک تغییر رفتاری قابل مشاهده در عملکرد منتج نمی شود (Karni و همکاران 1995؛ Shadmehr و Holcomb 1997)، تثبیت اغلب با ثبات عملکرد شرکت کنندگان در ارتباط است (Walker 2005؛ Shadmehr و Krakauer 2006). این نتیجه به طور عمده در مطالعات سازگاری مشاهده

شده است که در آن شرکت کنندگان حرکات دستیابی خود را برای جبران هر چرخش بازخورد بصری یا نیروهای جدید اعمال شده به دست سازگار نمودند (وظیفه A). اگر چه سازگاری در طول دوره آموزش اولیه رخ داد، در صورتی که یک اختلال دوم و مخالف (چرخش یا نیروی میدان؛ وظیفه B) بلافاصله پس از وظیفه A تمرین شود، حفظ ضعیف مشاهده می شود، در حالی که اگر وظایف A و B چند ساعت جدا از هم انجام می شدند، به سختی حفظ تحت تاثیر قرار گرفت ( Brashers-Krug در و همکاران ۱۹۹۶؛ Krakauer و همکاران ۱۹۹۹). بنابراین، ارائه حافظه به دست آمده از طریق عمل در ابتدا به صورت حساس نگه داشته می شود تا زمانی که توسط فرایندهای تثبیت پایدار شود و در برابر منابع مختلف از تداخل مقاوم شود.

علاوه بر این، تثبیت با افزایش عملکرد خود به خودی (به عنوان مثال، آموزش آفلاین) بدون آموزش اضافی بین تمرین و جلسات آزمون مجدد مرتبط است (Walker et al. 2005; Press et al. 2004; Robertson et al. 2005; Stickgold 2005; Walker et al. 2005). برای مثال، وقتی شرکت کنندگان سکانس ای از حرکات انگشت را برای تکرار سریع و دقیق تمرین نمودند، در هنگام آزمایش دوباره پس از یک خواب شبانه، آنها معمولاً سریع تر بودند و اشتباهات کمتری داشتند، حتی اگر هیچ آموزش اضافی بین جلسات تمرین و آزمون مجدد در زمان رخ نمی داد. در گذشته، تثبیت عمدتاً با استفاده از وظایف تمرین فیزیکی مطالعه شده است. با این حال، آیا تمرین فیزیکی یک پیش نیاز برای تثبیت مهارت حرکت است؟ تا آنجا که ما می دانیم، تنها چهار گزارش به بررسی فرآیندهای تثبیت پس از مشاهده (Van Der Werf و همکاران، ۲۰۰۹) و یا تصاویر حرکت (Debarnot و همکاران ۲۰۰۹a, 2009b, 2010) پرداخته اند. در تمام این گزارشات، یک بازه تثبیت از جمله خواب به افزایش قابل توجهی در عملکرد منجر شد. با این حال، جلسه کسب اولیه نیز شامل تمرین فیزیکی (Debarnot و همکاران ۲۰۰۹a, 2009b, 2010) و یا انقباضات عضلات مورد استفاده برای انجام وظیفه (Van Der Werf و همکاران ۲۰۰۹) می شود، بنابراین تعیین این مورد دشوار است که آیا تثبیت به طور منحصر به فرد توسط تصاویر مشاهده / حرکت تحریک می شود. بنابراین، اینکه آیا تمرین فیزیکی یک پیش نیاز برای به دست آوردن شواهد رفتاری تثبیت مهارت حرکت است یا خیر، یک سوال باز باقی مانده است. در یک سری از سه آزمایش، ما بررسی نمودیم که آیا CNS صرفاً

از طریق مشاهده موجب تحکیم یک مهارت حرکتی یاد گرفته شده بدون هیچ گونه تمرین فیزیکی می شود یا خیر. برای رسیدن به هدف خود، شواهدی از دو پیامد شایع رفتاری ناشی از تثبیت را دنبال نمودیم: یادگیری آفلاین (آزمایش) ۱ و ثبات عملکرد (آزمایش ۲). مشاهده یادگیری آفلاین و / یا ثبات عملکرد نشان می دهد که نمایش خاطره آموخته شده از طریق مشاهده تثبیت شده است. در یک آزمایش سوم، نتایج خود را با نتایج به دست آمده با وظایف تمرین فیزیکی مقایسه نمودیم.

## آزمایش ۱

آزمایش ۱ برای تعیین این مورد طراحی شد که آیا یک بازه زمانی استراحت پس از یک جلسه می تواند به یادگیری مشاهده آفلاین منجر شود یا خیر. برای انجام این کار، ما از یک وظیفه زمان بندی استفاده نمودیم که شامل تولید سکانس ای از حرکات بازو برای ضربه زدن به یک سری از موانع چوبی در زمان حرکت تجویز شده می شود. این کار به این علت انتخاب شد که دقت مورد نیاز کم آن، تمرکز را بر آن چیزی قرار می دهد که باید براساس خواسته های زمان بندی آن یاد گرفته شود و گزارش های قبلی نشان داده اند که شرکت کنندگان می توانند زمان حرکت درست را به سادگی با مشاهده یک مدل انجام کار یاد بگیرند (Blandin و همکاران، ۱۹۹۹؛ Blandin و Proteau 2000). در این آزمایش، دو گروه از شرکت کنندگان برای اولین بار یک ویدیو از یک مدل کارشناس انجام دهنده ۴۰ کارآزمایی نزدیک به کامل را مشاهده نمودند؛ سپس شرکت کنندگان به لحاظ جسمی وظیفه را ۵ دقیقه (گروه ۵ دقیقه) و یا ۲۴ ساعت (گروه ۲۴ ساعته) پس از مشاهده انجام دادند. اگر نمایش خاطره به دست آمده از طریق مشاهده به اندازه کافی توسط تثبیت منجر به یک نتیجه رفتاری قابل مشاهده بهبود یابد، شرکت کنندگان گروه ۲۴ ساعته باید عملکرد بهتری را در مرحله تمرین فیزیکی در مقایسه با شرکت کنندگان در گروه ۵ دقیقه نشان دهند؛ آنها همچنین باید در مقایسه با شرکت کنندگان در گروه شاهد انجام دهنده وظیفه بدون مشاهده قبلی بهتر عمل نمایند.

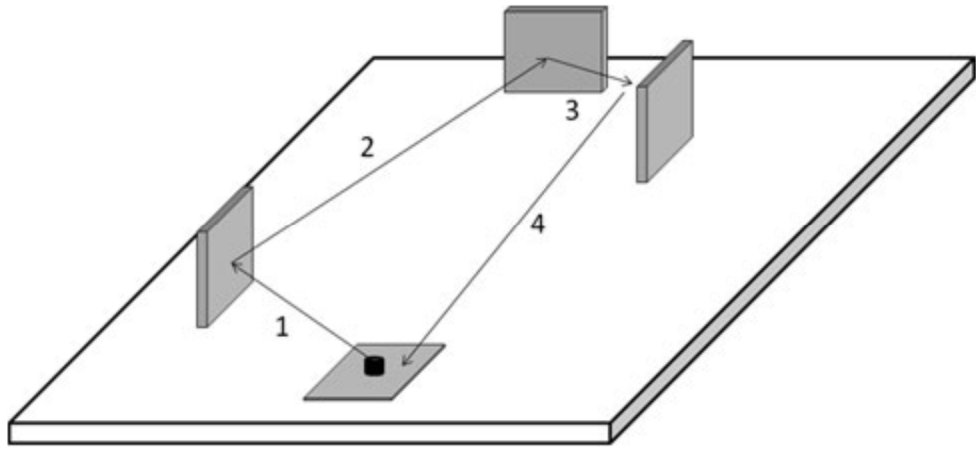
## روش ها

## شرکت کنندگان

سی و نه نفر از دانشجویان مقطع کارشناسی (با سن متوسط = ۲۰,۵، SE = 0.4، 29 زن) از Département de kine'siologie at the Université de Montréal در آزمایش شرکت کردند. همه افراد از هدف از مطالعه ناآگاه بودند و هیچ تجربه قبلی با وظیفه نداشتند. هیچ یک از آنها اختلالات عصبی را گزارش نکردند، و همه آنها دارای دیدگاه طبیعی یا اصلاح شده به نرمال بودند. این مطالعه توسط Health Sciences Research Ethic Committee of the Université de Montréal تایید شد.

## وظیفه و دستگاه

این دستگاه مشابه با دستگاه مورد استفاده توسط Blandin و همکاران (۱۹۹۹) بود و در شکل ۱ نشان داده شده است. این دستگاه در یک جدول (با ارتفاع ۷۴ سانتی متر) قرار داده شد و از پایه های چوبی (۴۶ × ۹ سانتی متر)، یک مونتاز شروع / استراحت، و سه مانع چوبی (۱۱,۵ \* ۸,۲۵ سانتی متر) تشکیل شده بود. شرکت کنندگان در مقابل دستگاه نشستند. همتراز با خط وسط بدن آنها، یک میکروسویچ قرار داده شد که به عنوان یک موقعیت آغازین به کار گرفته شد. در آغاز هر مرحله آزمون، موانع چوبی عمود بر (عمودی) بر پایه چوبی قرار داده شد. شرکت کنندگان میکروسویچ را با ضربت کوبیدن به سه موانع در یک حرکت در جهت عقربه های ساعت با دست راست خود فشار می دادند و سپس بر روی یک صفحه فلزی (۱۱,۵ × ۹ سانتی متر) اطراف میکروسویچ (شکل ۱ را ببینید) فشار می دادند. شاخص میانگین حرکات دشواری ۲,۴ بود (Fitts 1954). مونتاز شروع / استراحت و موانع از طریق پورت I / O یک مبدل AD (ابزار ملی) به یک کامپیوتر متصل شد. یک تایمر میلی ثانیه که در زمان فشرده شدن میکروسویچ شروع توسط شرکت کنندگان فعال می شد، زمانی را ثبت می کرد که در آن هر مانع ضربه می خورد و هنگامی که صفحه فلزی به پایین رانده شد، متوقف می شد. این ما را قادر ساخت تا زمان حرکت را ضبط نماییم، به عنوان مثال، زمان پایین آمده از صفحه فلزی، و همچنین زمان مورد نیاز برای تکمیل هر یک از چهار بخش از کار سپری شده از فشار دادن میکروسویچ.



شکل ۱. الگوی حرکت مورد استفاده در هر سه آزمایش (سکانس A). شرکت کنندگان باید میکروسویچ شروع را فشار می دهند و پس از آن قبل از پایان دادن به حرکت خود با فشار دادن بر روی صفحه فلزی اطراف میکروسویچ، به موانع چوبی اول، دوم و سوم با دست راست خود ضربه می زدند. هر باید در ۳۰۰ میلی ثانیه تکمیل شود. در طول مرحله مشاهده، شرکت کنندگان بر روی یک صندلی نشستند و به تماشای ویدئو نمایش داده شده در مانیتور ال سی دی ۴۶ اینچ (سونی KDL-46XBR4) پرداختند. مانیتور در فاصله دو متر در مقابل شرکت کنندگان قرار داده شد.

### روش های اجرایی

در مرحله حفظ، شرکت کنندگان باید سکانس کل حرکت را در ۱۲۰۰ میلی ثانیه تکمیل نمایند. علاوه بر این، هر بخش از سکانس باید در ۳۰۰ میلی ثانیه تکمیل شود. الگوی حرکت تجربی، زمان حرکت کل و زمان برای تکمیل هر بخش از کار روی یک پوستر به طور مستقیم واقع شده در مقابل دستگاه (شکل ۱)، که در طول تمام مراحل تجربی حاضر بود نشان داده شد. شرکت کنندگان برای استفاده از دست راست خود برای انجام وظیفه تحت آموزش قرار گرفتند.

شرکت کنندگان ابتدا یک ویدیو از یک مدل کارشناس انجام دهنده ۴۰ آزمایش نزدیک به کامل از سکانس حرکات را مشاهده نمودند (خطای مطلق = ۱۳,۰ میلی ثانیه،  $SE = 1.4$ ، ریشه میانگین مربع خطا = ۰,۵،  $SE = 0.03$ ، برای جزئیات بیشتر در مورد محاسبات پایین را ببینید). از آنها خواسته شد تا ویدئو را با دقت برای یادگیری زمان بندی درست سکانس مشاهده نمایند. به آنها به صراحت اطلاع داده شد که آنها باید سکانس را از نظر جسمی پس از جلسه

مشاهده انجام دهند. بعد از اینکه هر آزمایش توسط مدل انجام شد، زمان صرف شده برای تولید کل سکانس (زمان حرکت کل) و همچنین زمان صرف شده برای تکمیل هر بخش از سکانس بر روی مانیتور برای ارائه بازخورد به شرکت کنندگان نمایش داده شد. برای اطمینان از اینکه شرکت کنندگان متوجه باقی بمانند، آزمونگر اغلب از شرکت کنندگان خواست تا در مورد عملکرد مدل قبل از نمایش بازخورد اظهار نظر نمایند (از طریق پرسش هایی مانند " آیا آزمایش قبلی بیش از حد به آرامی؟ با سرعت بیش از حد انجام شده است یا خیر؟ "). از شرکت کنندگان خواسته شد تا دستان خود را روی ران خود در طول مشاهده نگه دارند و از حرکت دست های خود جلوگیری نمایند. آنها به وضوح آموزش داده شدند تا برای تکرار حرکت در حین تماشای مدل سعی ننمایند. پس از آن، شرکت کنندگان یک آزمون حفظ (۲۰ آزمایش بدون بازخورد) یا ۵ دقیقه (گروه ۵ دقیقه، ۱۳ نفر) و یا ۲۴ ساعت (گروه H-۲۴، N = 13) را پس از مرحله مشاهده انجام دادند. علاوه بر این، یک گروه سوم، آزمون حفظ را بدون مشاهده قبلی (گروه شاهد، ۱۳ نفر) انجام دادند.

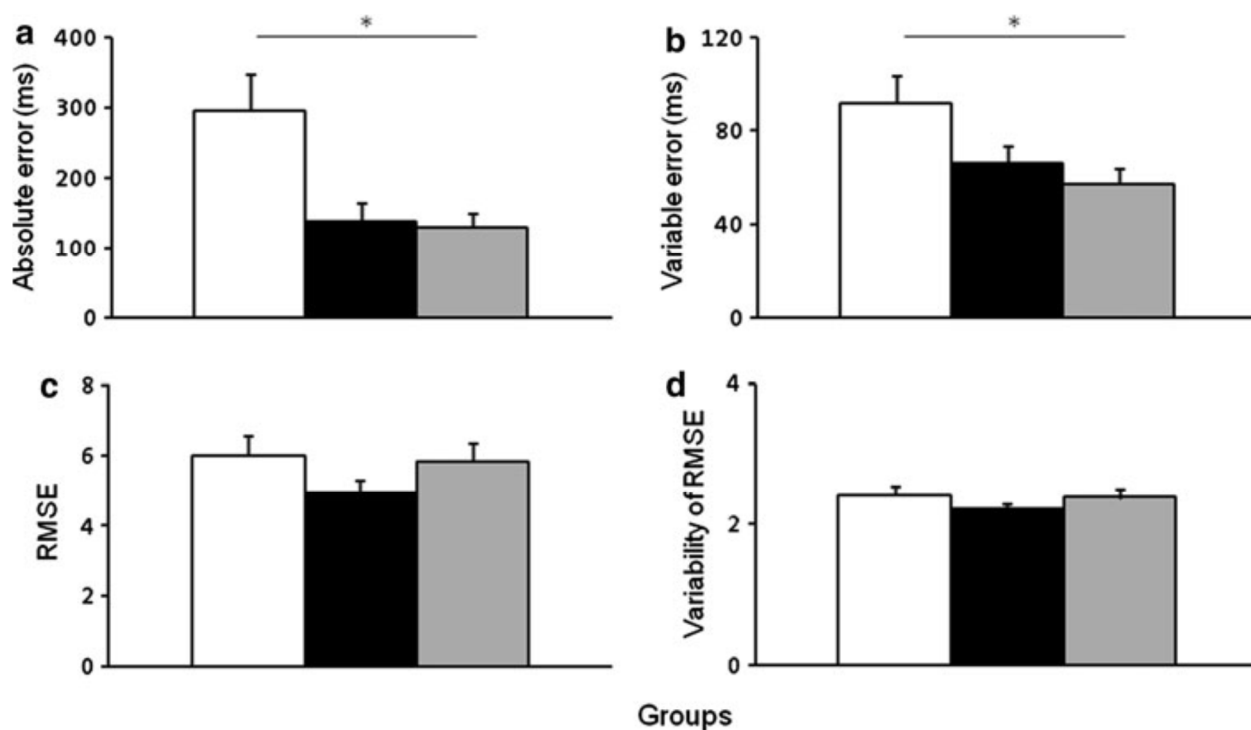
جلسات آزمون ۵:۰۰-۰۸:۰۰ شرکت کنندگان در این گروه ۲۴ ساعته برای ادامه فعالیت های معمول خود را بین جلسات آموزش داده شد برنامه ریزی شد. از آنها خواسته شد تا برنامه خواب عادی خود را حفظ نمایند و از مصرف تفریحی مشروبات الکلی یا مواد مخدر جلوگیری نمایند. تطابق با دستورالعمل های شفاهی توسط شرکت کنندگان در آغاز جلسه دوم تایید شد. همچنین شرکت کنندگان پرسشنامه نوشته شده را برای گزارش این مورد که چند ساعت آنها در طول شب بین جلسه مشاهده و آزمون حفظ خوابیدند تکمیل نمایند به طور متوسط، شرکت کنندگان از گروه H 7.7-۲۴ ساعت (SE = 0.3) خوابیدند.

### تقلیل داده ها

برای تعیین اینکه آیا شرکت کنندگان، سکانس را در زمان حرکت تجویز شده تولید نمودند یا خیر، زمان حرکت مجموع را (به عنوان مثال، زمان سپری شده از فشار دادن میکروسوییچ شروع و صفحه فلزی) از همه آزمایش های انجام شده در آزمون حفظ اندازه گیری نمودیم و میانگین خطای مطلق (AE) 1 و خطای متغیر (VE) 2 را برای هر



شرکت کننده محاسبه نمودیم. این معیارها به ترتیب، دقت و قوام پاسخ شرکت کنندگان را نشان می دهد. سپس، برای تعیین اینکه آیا شرکت کنندگان زمانبندی نسبی سکانس آموخته شده را یاد گرفتند یا خیر (به عنوان مثال، تولید هر چهار بخش از سکانس در زمان برابر)، زمان صرف شده برای تکمیل هر بخش از سکانس به عنوان یک درصد از زمان حرکت ها بیان شد. این مقدار برای محاسبه خطای مربع میانگین ریشه شرکت کنندگان ( RMSE. ) Blandin و همکاران (۱۹۹۹). ۳ و تغییر آن مورد استفاده قرار گرفت. آزمایشات منحرف بیش از دو انحراف استاندارد از میانگین هر شرکت کننده (برای EA و RMSE) از تمام تجزیه و تحلیل حذف شدند. کمتر از ۴٪ از آزمایش حذف شدند. تقاضاهای دقت فضایی کم وظیفه منجر به عدم دست کشیدن شرکت کنندگان از یکی از موانع در کمتر از ۱٪ از آزمایش می شود. این آزمایشات در طول جلسه آزمون مردود شد و بلافاصله دوباره انجام شد.



شکل ۲. آزمایش ۱: داده های حفظ کنترل (سفید)، ۵ دقیقه (سیاه)، و گروه های ۲۴ ساعته (خاکستری). نماد \* نشان دهنده تفاوت معنی دار بین گروه ها و میله خط، نشان دهنده خطای استاندارد میانگین است.

تجزیه و تحلیل های آماری

مگر در مواردی که در غیر این صورت ذکر شده بود، داده ها برای ۳ گروه تحلیل واریانس یک طرفه ارسال شد. مقایسه های موقت با استفاده از آزمون Dunnett برای مقایسه عملکرد گروه ۲۴ ساعته با اجرای گروه های ۵ دقیقه و کنترل صورت گرفت. برای اطمینان از عدم خطا تورم از نوع ۱، نرمال بودن توزیع را با محاسبه نمره Z از چولگی و مقدار kurtosis (Tabachnick و Fidell 2007) ارزیابی نمودیم. برای ارزیابی همگنی واریانس از تحلیل واریانس، آزمون  $F_{max}$  Hartley استفاده شد. در صورت لزوم، از متوسط Geisser- Greenhouse و اصلاح Huyn-Feldt برای اصلاح برای نقض احتمالی فرض کرویت (Stevens, ۱۹۹۲) استفاده نمودیم. همه اثرات معنادار در  $P < 0.05$  گزارش شده است.

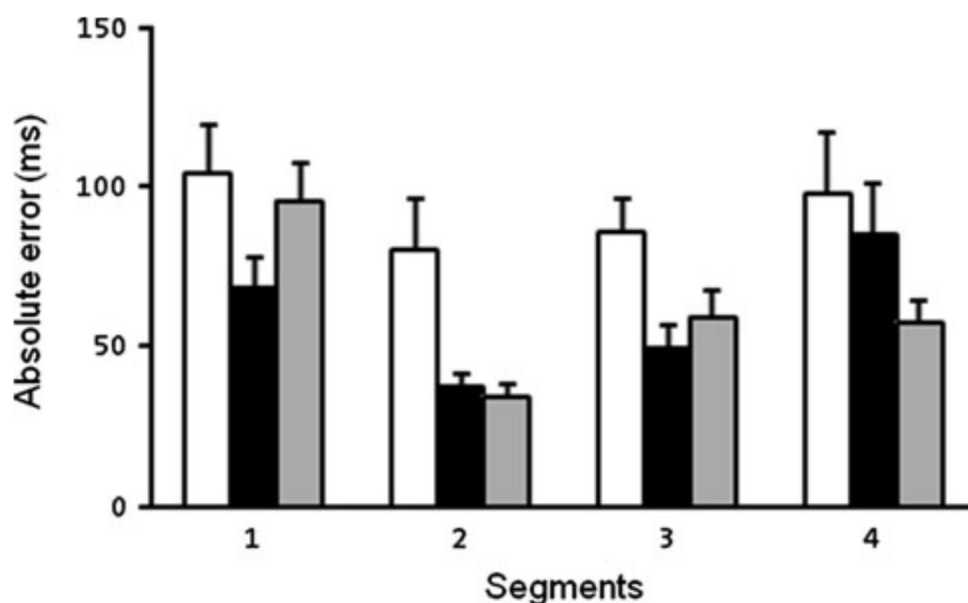
## نتایج

### زمان حرکت کلی

برای تعیین اینکه آیا شرکت کنندگان زمان حرکت مجموع را آموختند یا خیر، در ابتدا میانگین خطای مطلق را محاسبه نمودیم و داده ها را با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه مقایسه نمودیم. ANOVA یک تفاوت معنی دار بین گروه،  $F(2, 38) = 7.2, P = 0.002, \eta^2 = 0.29$  را نشان داد. همانطور که در شکل A۲ نشان داده شده است، شرکت کنندگان گروه H-۲۴ به طور قابل توجهی دقیق تر از شرکت کنندگان در گروه شاهد بودند ( $P = 0.004$ ) اما بهتر از شرکت کنندگان گروه ۵ دقیقه ( $P = 0.98$ ) عمل نکردند. علاوه بر این، ANOVA دوم مقایسه کننده خطا متغیر، یک تفاوت معنی دار بین گروه را نشان داد،  $F(2, 38) = 5.1, P = 0.01, \eta^2 = 0.22$ . همانطور که در شکل 2b نشان داده شده است. شرکت کنندگان گروه H-۲۴ نسبت به شرکت کنندگان در گروه کنترل ( $P = 0.007$ ) به طور معنی داری کمتر متغیر بودند، در حالی که هیچ تفاوتی بین گروه ۲۴ ساعت و ۵ دقیقه ( $P = 0.65$ ) مشاهده نشد.

### زمان بندی نسبی

RMSE و تغییرپذیری RMSE برای ارزیابی این مورد استفاده شد که آیا شرکت کنندگان زمانبندی نسبی سکانس را آموختند یا خیر. تحلیل واریانس تفاوت معنی داری بین دو گروه،  $F(2, 38) = 1.3, P = 0.3, \eta^2 = 0.07$  و  $F(2, 38) = 0.96, P = 0.4, \eta^2 = 0.05$  را نشان داد (نگاه کنید به شکل 2c و d). بنابراین، مشاهده به تنهایی برای شرکت کنندگان به منظور یادگیری زمانبندی نسبی سکانس جدید کافی نبود.



شکل ۳. آزمایش ۱: گروه های خطای مطلق شاهد (سفید)، ۵ دقیقه (سیاه) و H-۲۴ (خاکستری) برای هر بخش از سکانس. تعامل بخش \* گروه معنی دار نبود ( $P = 0.32$ ). میله های خطا نشان دهنده خطای استاندارد میانگین است.

### زمان حرکت بخش ها

گزارش های اخیر نشان داده اند که یادگیری آفلاین زمانی اتفاق می افتد که عملکرد اولیه نسبتاً متوسط است (Kuriyama و همکاران ۲۰۰۴؛ Trempe و Proteau 2010). در این آزمایش، ممکن است که تثبیت منجر به یادگیری آفلاین شود اما فقط برای سخت ترین بخش (ها) از سکانس. برای ارزیابی این احتمال، ما خطای مطلق هر بخش از سکانس را با استفاده از یک گروه ۳ \* ۴ بخش ANOVA با اندازه گیری های مکرر بر اساس عامل دوم (شکل ۳ را ببینید) مقایسه نمودیم. اگر چه ANOVA اثر قابل توجهی اصلی بخش را نشان داد،

نشانی می‌دهد که برخی از بخش‌ها سخت‌تر از دیگران بودند،  $F(3, 108) = 6.5, P = 0.004, \eta_p^2 = 0.15$

تعامل بخش \* گروه به معناداری نرسید،  $F(6, 108) = 1.2, P = 0.32, \eta_p^2 = 0.06$ . ANOVA نیز تاثیر عمده معناداری از گروه،  $F(2, 36) = 7.1, P = 0.002, \eta_p^2 = 0.28$  را نشان داد؛ شرکت‌کنندگان در گروه‌های ۲۴ ساعته و ۵ دقیقه از گروه شاهد عملکرد بهتری داشتند اما به طور قابل توجهی از یکدیگر متفاوت نبودند.

## بررسی

هدف از این گزارش تعیین این مورد است که آیا CNS یک مهارت حرکتی یاد گرفته شده را از طریق مشاهده تحکیم می‌بخشد. در این آزمایش، با مقایسه عملکرد شرکت‌کنندگانی که یک استراحت ۵ دقیقه یا ۲۴ ساعته بین یک جلسه مشاهده و جلسه تمرین فیزیکی داشتند، ما به دنبال شواهد آموزش آفلاین بودیم. گروه سوم نیز یک جلسه تمرین فیزیکی را بدون مشاهده قبلی انجام دادیم. دو یافته اصلی از نتایج ما پدید آمده است.

اول، مشاهده تنها (به عنوان مثال، بدون تمرین فیزیکی) برای یادگیری یک زمان حرکت تجویز شده کافی است. به طور خاص، شرکت‌کنندگان گروه H-۲۴ نسبت به شرکت‌کنندگان در گروه شاهد به طور موقت دقیق‌تر و کمتر متغیر بودند. این عملکرد بهتر ۲۴ ساعت پس از مرحله اولیه مشاهده شد که نشان می‌دهد که نمایش خاطره از زمان حرکت درست در حافظه بلند مدت ذخیره شد. این یافته در راستای گزارش‌های متعدد است که نشان می‌دهند مشاهده برای یادگیری حرکتی سودمند است (برای یک متاآنالیز نگاه کنید به Ashford و همکاران در سال ۲۰۰۶). در مقابل، مشاهده به شرکت‌کنندگان اجازه نداد تا زمان بندی نسبی سکانس جدید را یادگیری نمایند. به طور خاص، گروه‌های مشاهده (در گروه ۵ دقیقه و گروه ۲۴ ساعته) در تولید چهار بخش از سکانس در زمان حرکت برابر، بهتر از گروه شاهد بود. همانطور که قبلاً گزارش شد، به نظر می‌رسد تمرین فیزیکی برای یادگیری ساختار فضایی و زمانی از یک سکانس جدید ضروری است (Blandin و همکاران ۱۹۹۹).

دوم، و مهمتر از آن، داده‌های ما در فاش کردن تفاوت بین دو گروه ۵ دقیقه و ۲۴ ساعته ناموفق بود. صرف نظر از فاصله بین جلسه مشاهده و جلسه تمرین فیزیکی، شرکت‌کنندگان به یک اندازه دقیق بودند و زمانی که آنها از

لحاظ جسمی سکنس را انجام دادند، متغیر بودند. زمانی که وظیفه از لحاظ جسمی تمرین شد، این یافته به طور قابل توجهی با گزارش های قبلی نشان دهنده آموزش آفلاین در تضاد بود (Robertson و همکاران، ۲۰۰۴؛ Press و همکاران ۲۰۰۵؛ Walker و Stickgold 2005 و همکاران ۲۰۰۵؛ Trempe و Proteau و Van Der Werf (2010). این نیز از نتایج یک مطالعه اخیر گزارش مشاهده آفلاین آموزش زیر متفاوت است (Van Der Werf و همکاران ۲۰۰۹؛ این اختلاف در بحث عمومی مورد بحث قرار خواهد گرفت). در این آزمایش، عدم وجود آموزش آفلاین نمی تواند توسط اثر کف توضیح داده شود چرا که عملکرد شرکت کنندگان به وضوح می تواند بیشتر بهبود یابد. به طور خاص، میانگین خطای مطلق گروه H-۲۴ حدود ۱۳۰ میلی ثانیه در سال ۱۹۹۹ بود، در حالی که خطاهای حدود ۵۰ میلی ثانیه زمانی گزارش شد که شرکت کنندگان از نظر جسمی وظیفه را با بازخورد تمرین نمودند (Blandin و همکاران؛ همچنین نگاه کنید به نتایج حاصل از آزمایش ۳ از حاضر مقاله). علاوه بر این، یادگیری آفلاین معمولاً با اندازه بزرگ اثر مرتبط است (با Cohen D از ۱ تا ۲، Fischer و همکاران ۲۰۰۲؛ Walker و همکاران ۲۰۰۲). در آزمایش ما، مقایسه های موقت دارای توان ۰٫۸ (با توجه به اندازه اثر مورد انتظار ۱، Cohen ۱۹۸۸) بود که باید برای تشخیص هر تفاوت معنی داری کافی باشد. همچنین، یادگیری آفلاین با افزایش عملکرد از ۲۰ تا ۳۰٪ مرتبط بوده است (Fischer و همکاران ۲۰۰۲؛ Kuriyama و همکاران. ۲۰۰۴). بنابراین، می توان انتظار داشت که گروه ۲۴ ساعته خطای مطلق خود را به اطراف ۱۰۰-۱۱۰ میلی ثانیه کاهش دهد. این به وضوح چنین نیست، زیرا زمانی که در روز دوم مورد آزمایش قرار داشتند، گروه ۲۴ ساعته دارای میانگین خطای مطلق ۱۳۰ میلی ثانیه بودند. علاوه بر این، همه شرکت کنندگان از گروه ۲۴ ساعته دارای زمان کافی (از جمله یک شب خواب) برای تحکیم سکنس جدید بودند، و همه آنها در بازه ۱۲ ساعت پس از ارائه ویدئو، خوابیدند که منجر به کاهش تداخل احتمالی از دیگر فعالیت های روزانه شد (Van Der Werf و همکاران ۲۰۰۹).

مشاهده شده است که یک بازه زمانی استراحت ۲۴ ساعته به شواهد رفتاری یادگیری آفلاین منتج نمی شود که نشان نمی دهد که نمایش خاطره از زمان حرکت تثبیت نشده است. این یافته که هیچ میرایی عملکرد ۲۴ ساعت

پس از اکتساب وجود نداشت نشان می دهد که تغییرات در CNS برای ذخیره نمایش خاطره جدید در حافظه بلند مدت رخ می دهد. بنابراین، این امکان وجود دارد که پس از مشاهده، تثبیت منجر به پایداری عملکرد می شود.

## آزمایش ۲

هدف از این آزمون دوم، آزمایش این فرضیه بود که یک بازه استراحت زمانی پس از جلسه مشاهده به تثبیت نمایش خاطره یاد گرفته شده از طریق مشاهده منجر می شود. دو گروه از شرکت کنندگان، فیلم های یک مدل کارشناس انجام دهنده دو سکانس متمایز (A و B) ۵ دقیقه یا ۸ ساعت از هم جدا را مشاهده نمودند (Brashers-Krug و همکاران ۱۹۹۶) مشاهده شده است. حفظ در روز بعد مورد آزمایش قرار گرفت. اگر تثبیت موجب پایداری نمایش خاطره یاد گرفته شده از طریق مشاهده شود، حفظ در صورتی بهتر می شود که دو سکانس ۸ ساعت از هم جدا مشاهده شوند، زیرا نمایش خاطره سکانس A با ثبات تر و مقاوم در برابر تداخل سکانس B می شود. (Brashers-Krug و همکاران ۱۹۹۶؛ Krakauer و همکاران ۲۰۰۵).

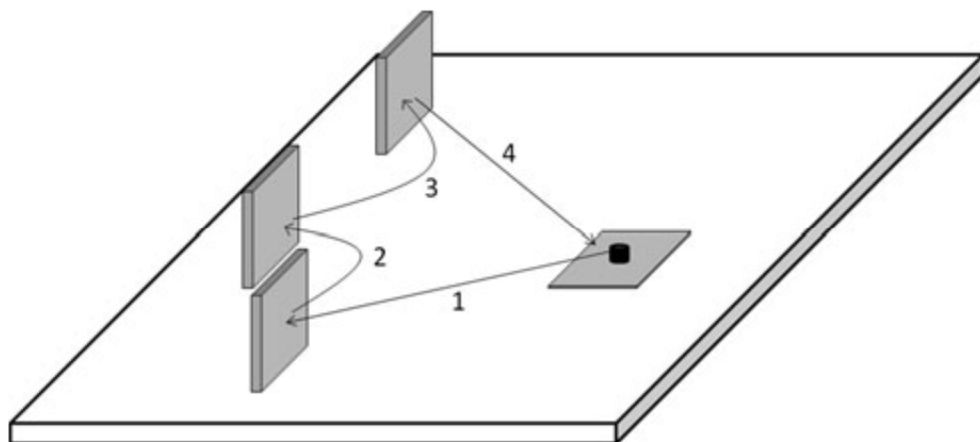
## شرکت کنندگان

بیست و شش دانشجو در مقطع کارشناسی (با سن متوسط ۲۱،۳،  $SD = 1.6$ ، ۱۷ زن) از De'partement de kine'siologie at the Universite' de Montre'al در آزمایش شرکت کردند. همه افراد از هدف از مطالعه ناآگاه بودند و هیچ تجربه قبلی با وظیفه نداشتند. هیچ یک از آنها اختلالات عصبی را گزارش نکردند، و همه آنها دارای دیدگاه طبیعی یا اصلاح شده به نرمال بودند. این مطالعه توسط Health Sciences Research Ethic Committee of the Universite de Montre'al تایید شد.

## کار و دستگاه

سکانس A یکسان با ترتیب مورد استفاده در آزمایش ۱ بود، در حالی که سکانس B دارای همان تعداد از بخش (۴) بودند، اما به یک زمان بندی مختلف نیاز داشت (شکل ۴ را ببینید). به طور خاص، سکانس B باید در یک زمان

حرکت مجموع ۱۶۰۰ میلی ثانیه به چهار بخش ۴۵۰، ۳۵۰، ۴۵۰ و ۳۵۰ میلی ثانیه، به ترتیب از هم جدا شده تکمیل شود. بنابراین، سکانس های A و B هیچ ویژگی زمانبندی مشترک ندارند. میانگین شاخص حرکت دشواری از سکانس B برابر با 2.2 بود (Fitts 1954).



شکل 4. الگوی حرکت از سکانس B (آزمایش ۲ و ۳). شرکت کنندگان باید میکروسویچ را آغازین را فشار دهند و قبل از پایان دادن به حرکت خود با فشار دادن بر روی صفحه فلزی اطراف میکروسویچ، به موانع اول، دوم و سوم چوبی با دست راست خود ضربه بزنند. این چهار بخش باید در ۴۵۰، ۳۵۰، ۴۵۰ و ۳۵۰ میلی تکمیل شوند.

### روش های اجرایی

جلسات آزمون بین ۰۸:۰۰ صبح و ۰۵:۰۰ عصر برنامه ریزی شد. شرکت کنندگان یک ویدیو از یک مدل کارشناس انجام دهنده ۴۰ کارآزمایی نزدیک به کامل از سکانس A را مشاهده نمودند (همان ویدئوی آزمایش ۱)، سپس از سکانس B، یا ۵ دقیقه (گروه ۵ دقیقه، ۱۳ نفر) و یا ۸ ساعت از هم جدا (۸ گروه،  $N = 13$ ). میانگین خطای مطلق مدل انجام دهنده سکانس B برابر با 11.9 میلی ثانیه ( $SE = 1.3$ ) و متوسط RMSE آن برابر با ۰.۴۴ بود ( $SE = 0.02$ ). شرکت کنندگان ۲۴ ساعت پس از مشاهده اولین سکانس به آزمایشگاه بازگشتند و از نظر جسمی ۲۰ آزمایش از هر سکانس را بدون بازخورد انجام دادند (شروع با سکانس A). برای کاهش اثرات تداخل احتمالی بین سکانس A و B در طول آزمون حفظ، همه شرکت کنندگان یک کار مترونوم را در آغاز آزمون حفظ و قبل از تعویض به سکانس دوم انجام دادند. این کار شامل فشار دادن یک دکمه (۱ میلی متر) در فواصل منظم در طول یک دوره از

۲ دقیقه برای مطابقت با ضربه قابل شنیدن (۱ ضرب و شتم در هر ۳ بازدید کنندگان) تولید شده توسط یک کامپیوتر تشکیل شده بود. ریتم تولید شده توسط مترونوم کاملاً متفاوت از ریتم صحیح از سکانس بود. روش های اجرایی باقی مانده یکسان با روش های اجرایی مورد استفاده در آزمایش ۱ بودند.

## نتایج

### اطلاعات خواب

شرکت کنندگان به طور متوسط ۷,۱ ساعت ( $SE = 0.29$ ) در طول شب بین جلسات تمرین و آزمون حفظ خوابیدند. تفاوت معنی داری بین گروه، تی ( $۲۴ = ۰,۳۰$ ،  $P = 0.77$ ،  $D = 0.12$ ) وجود دارد.

### زمان حرکت کلی

همانند آزمایش ۱، ما میانگین خطای مطلق و خطای متغیر از زمان حرکت کلی را برای هر شرکت کننده محاسبه نمودیم. علاوه بر این، ما خطای ثابت (CE) را برای تعیین این مورد نیز محاسبه نمودیم که آیا دفعات حرکت در راه خاص مغرضانه هستند یا خیر (به عنوان مثال، خیلی زیاد یا خیلی آهسته). داده ها به سه تحلیل واریانس جداگانه متضاد ۲ گروه ۲۹ سکانس با اندازه گیری های مکرر در عامل دوم ارائه شدند.

ANOVA متضاد خطای مطلق، یک تعامل گروه \* سکانس معنادار را نشان داد که  $F(1, 24) = 4.4$

$P = 0.046$ ،  $\eta_p^2 = 0.16$ . همانطور که در شکل 5a نشان داده شده است، هر دو گروه به هنگام انجام سکانس

A ( $P = 0.7$ ) دقیق بودند، در حالی که گروه ۸-H نسبت به گروه ۵ دقیقه در هنگام انجام سکانس B ( $P = 0.049$ )

(P)، خطاهای بزرگتری را ایجاد نمود. ANOVA متضاد با CE تفاوتی را بین گروه ها،  $\eta_p^2 = 0.12$

$F(1, 24) = 3.2$ ،  $P = 0.09$  و یک تعامل گروه \* سکانس،  $F(1, 24) = 1$ ،  $P = 0.32$ ،  $\eta_p^2 = 0.04$

(شکل را ببینید. B۵) را نشان نداد. در نهایت، صرف نظر از سکانس، شرکت کنندگان از گروه ۸ ساعت به طور قابل

توجهی در مقایسه با شرکت کنندگان در گروه ۵ دقیقه  $F(1, 24) = 16.9$ ،  $P < 0.001$ ،  $\eta_p^2 = 0.4$  (شکل را

ببینید. C۵) کمتر متغیر بودند.



## زمان بندی نسبی

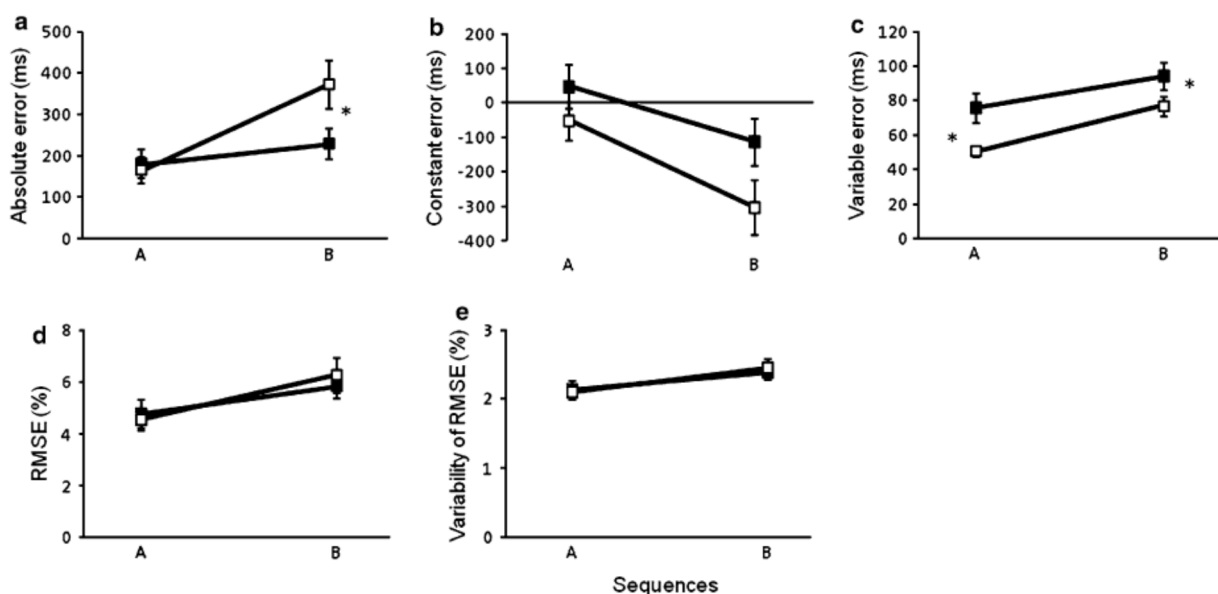
همانند آزمایش ۱، ما RMSE زمان بندی نسبی و تغییرپذیری آن را برای تعیین این مورد محاسبه می نمایم که آیا شرکت کنندگان، زمانبندی نسبی سکانس حرکت را آموخته اند یا خیر. برای ANOVA، RMSE تفاوت معنی داری بین دو گروه،  $F(1, 24) = 0.02, P = 0.9, \eta_p^2 = 0.001$  و یک تعامل سکانس \* گروه  $F(1, 24) = 1.3, P = 0.95, \eta_p^2 = 0.04$  را نشان نداد. زمانی که مقایسه تنوع RMSE،  $F(1, 24) = 0.5, P = 0.48, \eta_p^2 = 0.02$  و  $F(1, 24) = 0.008, P = 0.93, \eta_p^2 < 0.001$  برای اثر گروه و تعامل سکانس گروه ۹ اصلی به دست آمد، نتایج مشابهی وجود داشت.

## بررسی

هدف از آزمایش ۲ تعیین این مورد بود که آیا ما می توانیم شواهد رفتاری را بیابیم که یک نمایش خاطره یاد گرفته شده از طریق مشاهده بتواند با تثبیت پایدار شود. بر اساس گزارش های قبلی (Brashers-Krug و همکاران ۱۹۹۶؛ Muellbacher و همکاران ۲۰۰۲؛ Walker و همکاران، ۲۰۰۳)، فرض کردیم که یک بازه زمانی استراحت ۸ ساعته بین جلسات مشاهده به بهبود یادگیری نمایش خاطره سکانس اول (سکانس A) منجر می شود که دارای زمان کافی برای تبدیل شدن به ثبات و مقاوم در برابر تداخل سکانس دوم (سکانس B) است. جالب توجه است که نتایج از فرضیه ما پشتیبانی نمی کند. اول، هیچ تفاوت دقتی بین گروه های شرکت کنندگان در زمان انجام سکانس A وجود نداشت. بنابراین، بدون در نظر گرفتن فاصله بین جلسات مشاهده، سکانس B با یادگیری سکانس A تداخل ندارد (به عنوان مثال، بدون تداخل موافق). این نتیجه از گزارشات قبلی با استفاده از تمرین فیزیکی نشان دهنده تداخل در زمانی که دو وظایف به طور متوالی تمرین می شوند واگرا می شود (Brashers-Krug و همکاران ۱۹۹۶؛ Krakauer و همکاران ۱۹۹۹).

شرکت کنندگان گروه ۸ ساعت، سکانس B با دقت کمتر در مقایسه با شرکت کنندگان در گروه ۵ دقیقه انجام دادند: یک فاصله یادگیری طولانی بین-جلسه ای، یادگیری سکانس B را مختل نمود. قابل توجه است که شرکت کنندگان

در گروه H-8، سکانس B را در حدود ۱۳۰۰ میلی ثانیه انجام دادند، یعنی، در یک زمان حرکت نزدیک تر به ۱۶۰۰ میلی ثانیه برای سکانس B. این نشان می دهد که نمایش خاطره سکانس A باعث تداخل مخالف در یادگیری سکانس B می شود. از آنجا که در دو گروه تنها با فاصله زمانی بین جلسات مشاهده تفاوت داشتند، این تداخل مخالف فقط برای گروه وقفه H-8 مشاهده شد که نشان می دهد که فرایندهای تثبیت بین جلسات مشاهده رخ می دهد و نمایش خاطره سکانس A را تثبیت می نماید. در نتیجه، شرکت کنندگان در یادگیری سکانس دوم موفق نشدند و به سادگی هر دو سکانس روز بعد را با استفاده از نمایش خاطره پایدار سکانس A تکرار نمودند. این توضیح بیشتر توسط این یافته حمایت می شود که شرکت کنندگان گروه H-8، هر دو سکانس را با تنوع کمتر انجام دادند (آنها تکرار همان زمان حرکت پایدار را حفظ نمودند). بنابراین، نتایج ما استدلال می کند که مشاهده موجب تحریک فرایندهای تثبیت می شود که نمایش خاطره مهارت های حرکتی جدید را پایدار می نماید.



شکل ۵. آزمایش ۲: حفظ داده های گروه های ۵ دقیقه (پر شده) و ۸ ساعت گروه (باز شده). نماد \* نشان دهنده تفاوت معنی داری بین گروه ها و میله های خطا نشان دهنده خطای استاندارد میانگین است

این یافته که فاصله ۸ ساعت منجر به تداخل مخالف می شود (اختلال در یادگیری سکانس B) متفاوت از تداخل موافق قبلا گزارش شده با استفاده از یک پروتکل تمرین فیزیکی است (Brashers-Krug و همکاران ۱۹۹۶؛

Walker و همکاران (۲۰۰۳). با این حال، به دلیل اینکه وظیفه تولید سکانس ما نیز کاملاً متفاوت از وظایف مورد استفاده انطباق و سکانس انگشت در این گزارش بود، این نتیجه گیری دشوار است که مشاهده و تمرین فیزیکی باعث تحریک فرآیندهای تثبیت می شود. بنابراین آزمایش ۳ برای تعیین این مورد انجام شد که آیا نتایج حاصل از آزمایش ۲ مخصوص یادگیری مشاهده ای هستند یا کار تولید سکانس ما.

### آزمایش ۳

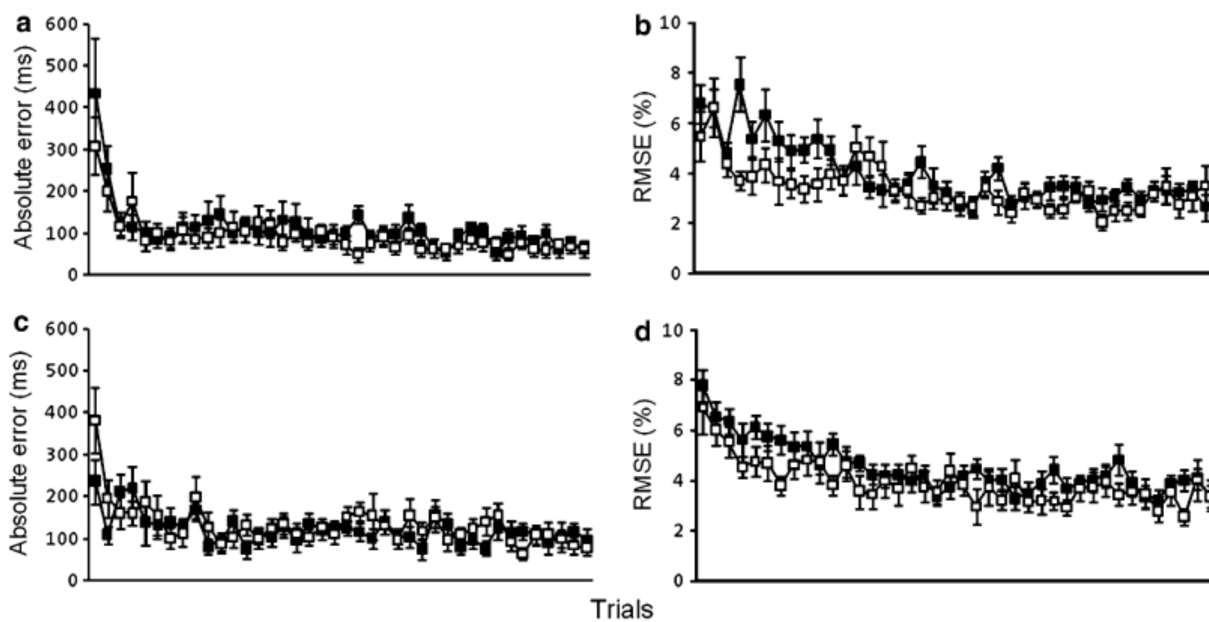
برای تعیین اینکه آیا نتایج حاصل از آزمایش ۲ خاص به کار ما بودند، جلسه مشاهده با یک جلسه تمرین فیزیکی جایگزین شد. شرکت کنندگان ۴۰ آزمایش را با بازخورد سکانس A و B یا ۵ دقیقه (گروه ۵ دقیقه، ۱۲ نفر) و یا ۸ ساعت (گروه ۸-H، N = 12) از هم جدا و در روز بعد انجام دادند. اگر نتایج حاصل از آزمایش ۲ خاص کار ما بود، شرکت کنندگان از گروه ۸ ساعت دوباره باید حفظ ضعیف تری را برای سکانس B نشان می دادند. در مقابل، اگر نتایج آزمایش ۲ خاص فرآیندهای تثبیت در حال وقوع بود پس از مشاهده بودند، شرکت کنندگان از گروه ۸ ساعت باید از گروه ۵ دقیقه در آزمون حفظ (Walker و همکاران سال ۲۰۰۳ به عنوان گزارش های قبلی با استفاده از وظایف تمرین فیزیکی Brashers- Krug و همکاران ۱۹۹۶) بهتر می بودند. هیچ یک از شرکت کنندگان به کار گرفته شده در دو آزمایش قبلی شرکت نکردند. تمام مراحل باقی مانده یکسان با مراحل شرح داده شده در آزمایش ۲ بودند.

### نتایج

#### اكتساب

داده های اکتساب برای EA و RMSE در شکل ۶ نشان داده شده است. برای ارزیابی اینکه آیا گروه های ۵ دقیقه و ۸ ساعت در طول کسب متفاوت عمل نمودند یا خیر، ۲۰ آزمایش آخر هر سکانس را میانگین گیری نمودیم و EA، EC، EV، RMSE و تغییر RMSE را محاسبه نمودیم. سپس اطلاعات از همه متغیرهای وابسته برای جداسازی

تحلیل واریانس متضاد ۲ گروه \* ۲ سکانس ارائه شد. تفاوت معنی داری بین گروه ها وجود نداشت ( $P > 0.13$ ) با این تفاوت که گروه ۸ ساعت به طور معنی داری (EV) در زمان تمرین سکانس A در مقایسه با گروه ۵ دقیقه کمتر متغیر بودند، ( $P < 0.001, F(1, 22) = 6.7, P = 0.017, \eta_p^2 = 0.23$ ) برای تعامل سکانس \* گروه).



شکل ۶. آزمایش ۳: گروه اکتساب داده ها از ۵ دقیقه (پر شده) و ۸ ساعت (باز) در زمان تمرین سکانس A (A و B) و سکانس B (C و D): میله های خطا نشان دهنده خطای استاندارد میانگین است

### داده های خواب

شرکت کنندگان به طور متوسط ۷،۹ ساعت ( $SE = 0.22$ ) در طول شب بین جلسات تمرین و آزمون حفظ خوابیدند. تفاوت معنی داری بین گروه،  $t(22) = 0.35, P = 0.73, d = 0.14$  وجود نداشت.

### نگهداری

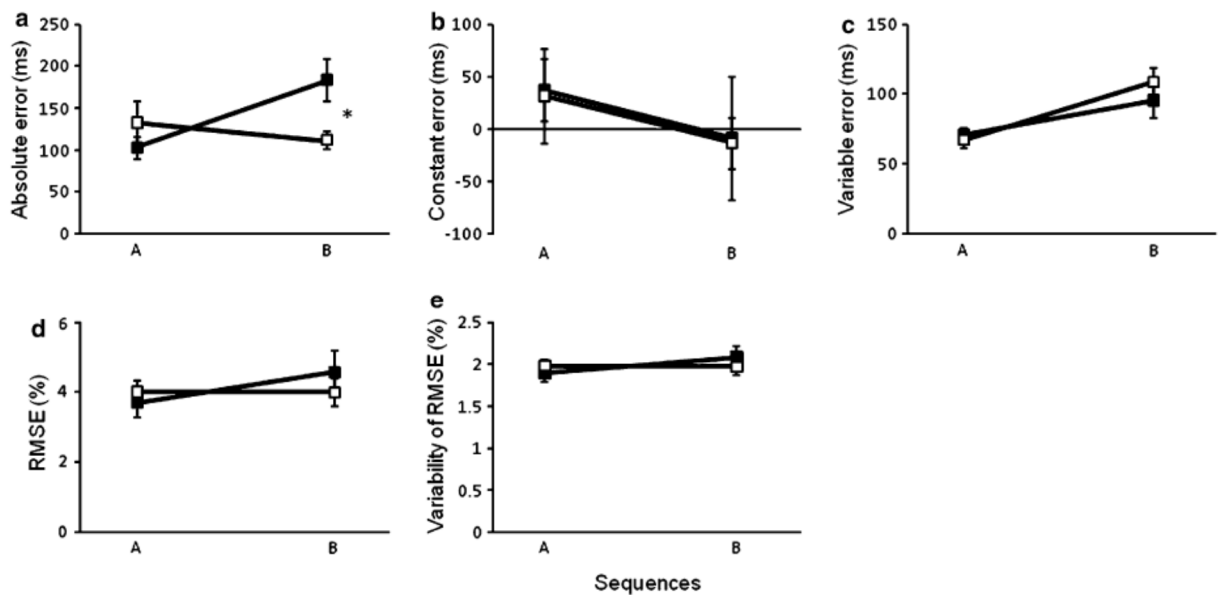
همانند آزمایش ۲، تمام ۲۰ آزمایش انجام شده در طول آزمون حفظ برای محاسبه AE، EC، EV، RMSE و تنوع RMSE برای هر شرکت کننده مورد استفاده قرار گرفتند. سپس دادهها برای جدا کردن تحلیل های واریانس ۲ گروه

\* ۲ سکانس ارائه شد. ANOVA متضاد AE، یک تعامل گروه \* سکانس معنادار  $P = 0.012, \eta_p^2 = 0.25$  را نشان داد. همانطور که در شکل AY نشان داده شده است، اگر چه دو گروه سکانس A را به یک اندازه دقیق ( $P = 0.32$ ) انجام دادند، شرکت کنندگان گروه ۸ ساعت به طور قابل توجهی نسبت به شرکت کنندگان در گروه ۵ دقیقه در هنگام انجام سکانس B ( $P = 0.016$ ) دقیق تر بودند. این تفاوت ناشی از یک تعصب خاص نبود زیرا ANOVA متضاد EC تفاوت معنی داری بین دو گروه،  $F(1, 22) = 0.01, P = 0.92, \eta_p^2 < 0.001$  و یک تعامل سکانس \* گروه  $\eta_p^2 < 0.001$  را نشان نداد. (شکل را ببینید. BY). تنوع نیز بین گروه  $F(1, 22) < 0.001, P = 0.99$  و  $F(1, 22) = 0.25, P = 0.6, \eta_p^2 = 0.01$  برای  $F(1, 22) = 0.97, P = 0.34, \eta_p^2 = 0.04$  اثر اصلی گروه و تعامل گروه \* سکانس متفاوت نبود بود ( $P > 0.34$ ; شکل CY).

تحلیل های واریانس متضاد RMSE و تنوع آن هیچ تفاوت معنی داری بین گروه (شکل. DY و E را ببینید) نشان نداد.

### بررسی

هدف از آزمایش ۳ تعیین این مورد بود که آیا تداخل مخالف مشاهده شده در آزمایش ۲، مخصوص فرآیندهای تثبیت رخ داده پس از مشاهده است یا ماهیت وظیفه ما. برای پاسخ به این سوال، شرکت کنندگان از نظر جسمی دو رشته مجزا از حرکات بازو (A و B) ۵ دقیقه یا ۸ ساعت از هم جدا را تمرین نمودند. همانند آزمایش ۲، شرکت کنندگان دو گروه، حفظ برابر سکانس A را نشان دادند. با این حال، شرکت کنندگان گروه ۸-H، سکانس B را نسبت به شرکت کنندگان در گروه ۵ دقیقه به طور قابل توجهی دقیق تر انجام دادند. بنابراین، فاصله ۸ ساعت استراحت بین جلسات تمرین های فیزیکی به یادگیری بهتر منجر شد. روی هم رفته، نتایج حاصل از آزمایش ۲ و ۳ نشان می دهد که فرآیندهای تثبیت در حال وقوع پس از مشاهده به نتایج مختلف رفتاری نسبت به فرآیندهای تثبیت در حال وقوع پس از تمرین فیزیکی منجر می شود.



شکل ۷. آزمایش ۳: داده های حفظ از ۵ دقیقه (پر شده) و ۸ ساعت گروه (باز). نماد \* نشان دهنده تفاوت معنی داری بین گروه ها و میله های خطا نشان د خطای استاندارد از میانگین است.

### بررسی عمومی

هدف از این گزارش تعیین این مورد است که آیا ما می توانیم شواهد رفتاری را بیابیم که یک مهارت حرکتی یاد گرفته شده از طریق مشاهده را می توان تثبیت نمود یا خیر. برای انجام این کار، ما یک سری از سه آزمایش را انجام دادیم که در آن ما به دنبال شواهد و مدرک آموزش آفلاین و تثبیت بودیم، دو پیامد رفتاری رایج فرآیندهای تثبیت (Krakauer و Shadmehr ۲۰۰۶؛ Walker ۲۰۰۵). در آزمایش ۱، هیچ یادگیری آفلاینی مشاهده نشد. حتی زمانی که جلسات حفظ و مشاهده با زمان کافی (از جمله یک شب خواب) از هم جدا شدند و هنگامی که عملکرد شرکت کنندگان بیشتر بهبود یافت، این مورد وجود داشت. اگر چه می توان استدلال کرد که تفاوت های حرکتی ظریف می تواند از تثبیت ناشی شود (به عنوان مثال، پروفیل های سرعت زنگ شکل متغیر نرم و صاف و کمتر برای انجام هر بخش از کار)، آنها به وضوح تاثیر قابل توجهی در آنچه از شرکت کنندگان خواسته شد تا انجام دهند نداشتند. در آزمایش ۱، ناظران در آزمون حفظ ۲۴ ساعته عملکرد بهتری نسبت به گروه شاهد داشتند که نشان می دهد که مشاهده منجر به ارائه ماندگار از وظیفه در CNS می شود. این موضوع توسط نتایج حاصل از

آزمایش ۲ حمایت می شود که در آن یک وقفه ۸ ساعت بین مشاهده دو سکانس حرکت متمایز به تداخل مخالف منجر شد که نشان می دهد که نمایش خاطره سکانس اول (سکانس) تثبیت شده بود و در فاصله بین جلسات در حافظه نگه داشته شد. در مجموع، نتایج حاصل از آزمایشات ۱ و ۲ نشان می دهد که فرایندهای تثبیت خاص پس از یک جلسه مشاهده رخ نمی دهد. به هر ترتیب این اولین بار است که به صراحت نشان داده شده است که تمرین فیزیکی شرط لازم برای تثبیت مهارت حرکت نمی باشد.

علاوه بر این، نتایج حاصل از هر سه آزمایش نشان می دهد که پیامدهای رفتاری فرآیندهای تثبیت در حال وقوع پس از مشاهده از فرآیندهای در حال وقوع پس از تمرین فیزیکی متفاوت است. این کاملاً در هنگام مقایسه نتایج حاصل از آزمایش ۲ و ۳ بدیهی است که در آن همان فاصله تثبیت به نتایج مخالف منجر شد. علاوه بر این، عدم وجود آموزش آفلاین در آزمایش ۱ نیز از نتایج به دست آمده با وظایف تمرین فیزیکی متفاوت است. این یافته جدید نشان می دهد که مشاهده ممکن است فرآیندهای تثبیت متفاوت از فرآیندهای تثبیت توسط تمرین فیزیکی را تحریک نماید.

اگر چه از لحاظ نظری، این فرضیه می تواند تضاد بین نتایج ما و نتایج Van Der Werf و همکاران (۲۰۰۹) را توضیح دهد که آموزش آفلاین را پس از مشاهده گزارش نمودند. در آزمایش خود، از شرکت کنندگان خواسته شد تا دو کلید کامپیوتر را با دو انگشت (مربوط به انگشتان دست مورد استفاده در کار تولید سکانس) در طول مشاهده فشار دهند. این روش اطمینان حاصل می نماید که شرکت کنندگان برای تمرین جسمی سکانس در طول مشاهده اقدام نمی نمایند. با این حال، با انجام این کار، شبکه های مرتبط در انقباض عضلانی در طول مشاهدات فعال می شود. اگر چه شرکت کنندگان از نظر جسمی سکانس را تمرین نکردند، این فعالسازی می تواند برای تحریک فرایند یادگیری آفلاین مرتبط با تمرین فیزیکی کافی باشد. در مقابل، شرکت کنندگان در آزمایش ما برای نشستن مداوم با دستان خود در حال استراحت روی ران های خود در طول فاز مشاهده تحت آموزش قرار گرفتند. بنابراین، شرکت کنندگان هیچ انقباض عضله ای را تولید نمودند. به طور مشابه، این فرضیه می تواند برای یادگیری آفلاین گزارش شده توسط Debarnot و همکاران. (۲۰۰۹a, 2009b) پس از تصویرسازی ذهنی در نظر گرفته شود. از آنجا که

شرکت کنندگان از نظر جسمی سکانس قبل از جلسه تصویرسازی ذهنی را تمرین نمودند، بهبود خود به خودی مشاهده شده در طول جلسه آزمون مجدد می تواند تثبیت فاز تمرین فیزیکی کوتاه و یا آثار مشترک تصاویر و تمرین فیزیکی را منعکس نماید (نگاه کنید به Stefan و همکاران ۲۰۰۸).

اگر چه خته شده است که مشاهده و تمرین فیزیکی شنا شباهت های بسیاری دارند (1999 Jeannerod)، این دو روش اکتساب یکسان نیستند و در نتیجه نکاتی را برای توضیح نتایج مختلف تثبیت ارائه می دهد. اول، در حالی که مطالعات تصویربرداری عصبی چند همپوشانی بزرگ در مناطق مغز فعال در طول مشاهدات و تمرین فیزیکی را نشان می دهند، در طول تمرین فیزیکی، نواحی خاصی از مغز به شدت (Cross و همکاران ۲۰۰۹)، و یا حتی به طور انحصاری (Gre`zes و Decety 2001 برای مشاهده فراتحلیل) فعال تر شدند. علاوه بر این، تصور می شود که این مشاهده شامل سیستم نورون آینه می شود (که همچنین شبکه عمل مشاهده [AON] نامیده می شود)، به عنوان مثال، یک زیر مجموعه از سلول های عصبی است که فعال می شوند، چه عمل تولید شود و یا مشاهده شده باشد. این سلول های عصبی عمدتاً واقع در پیش محرک و قشر جداری، نقش حیاتی را برای درک ما از اقدامات دیگران بازی می کنند (Rizzolatti و Craighero 2004؛ Iacoboni و Dapretto 2006). با این حال، قشر حرکتی اولیه (M1)، یک ساختار کلیدی برای مهارت حرکتی یادگیری (Sanes و Donoghue ۲۰۰۰)، برای بخشی از AON شناخته شده نیست و ممکن است با حفظ طولانی مدت مهارت های آموخته با مشاهده مرتبط نباشد. اگر چه گزارش شده است که M1 برای حفظ کوتاه مدت مدل های داخلی جدید یاد گرفته با مشاهده مهم می باشد (Brown و همکاران ۲۰۰۹)، گزارش شده است که هم آزمایشات جوندگان (Kleim و همکاران ۲۰۰۴) و هم انسان (Karni و همکاران ۱۹۹۵) موجب تغییرات طولانی مدت پلاستیکی در M1 می شود. از آنجا که هیچ حرکتی در طول مشاهدات تولید نمی شود، هیچ خط جانبی حاصل نمی شود؛ بنابراین مشاهده نمی تواند تحریک کافی برای هدایت سازماندهی مجدد پلاستیکی M1 را ارائه دهد. یک امکان دوم، اما غیرمنحصر به فرد اینست که بازخورد فراهم شده برای شرکت کنندگان در طول تمرین فیزیکی ممکن است برای یادگیری آفلاین حیاتی باشد. به طور خاص، Holroyd و Coles (2002) پیشنهاد کرد که سیستم mesencephalic ممکن است سیگنال



دوپامینرژیک آن را در پاسخ به نتیجه یک حرکت زیر و بم نماید، بنابراین مدوله نمودن تحکیم حافظه میسر می شود (Jay ۲۰۰۳). باز هم، چون ناظران هیچ حرکتی را تولید نکردند، آنها به وضوح هیچ بازخوردی را در مورد عملکرد خود دریافت نکردند. در نتیجه، سیگنال های دوپامینرژیک می تواند در مدت فراگیری ساکت بماند و در تحریک فرآیندهای تحکیم خاص موفق نشود.

همانطور که در آزمایش ۲ اشاره شد، این یافته که فاصله ۸ ساعت بین جلسات مشاهده موجب اختلال یادگیری سکانس دوم می شود، ضدشهودی است. میتوان استدلال کرد که شرکت کنندگان گروه H-۸ هنگام مشاهده سکانس B به سادگی خسته تر از شرکت کنندگان در گروه ۵ دقیقه بودند (حدود ساعت ۴ بعدازظهر برای ۸ ساعت در مقابل گروه ۰۸:۳۰ برای گروه ۵ دقیقه) و در نتیجه کد گذاری سکانس کمتر کارآمد بود. دو خط از مدارک و شواهد ارائه شده، مخالف این توضیح را نموده اند. اول، هیچ یک از شرکت کنندگان، خستگی بیش از حد را در زمان جلسه مشاهده دوم گزارش ننمودند. علاوه بر این، زمانی که اظهار نظر توسط آزمونگر در نقاط مختلف در طول جلسه مشاهده در مورد عملکرد مدل پرسیده شد (به عنوان مثال، " حرکت قبلی خیلی سریع است؟ بسیار کند است؟ "، شرکت کنندگان از گروه H-۸ پاسخ هایی را ارائه نمودند که به وضوح نشان می دهد که آنها هنوز به این ویدئو توجه می کنند. دوم، و مهمتر از آن، شرکت کنندگان گروه ۸ ساعت در آزمایش ۳، سکانس B را حدود ساعت ۴ بعدازظهر تمرین کردند و هنوز هم یادگیری بهتر را در مقایسه با شرکت کنندگان در گروه ۵ دقیقه نشان دادند. بنابراین، اگر خطا بزرگتر مشاهده شده در آزمایش ۲ با خستگی ایجاد شود، آزمایش ۳ باید به نتایج مشابهی منجر شود.

با این حال، همچنان توضیح این مورد دشوار است که چرا فاصله تثبیت H-۸ به نتایج مخالف منجر می شود. احتمالاً، بسته به پروتکل دستیابی، اطلاعات را می توان توسط سیستم های حافظه مجزا (اعلانی و رویه) کد گذاری نمود (همچنین برای بحث مشابه نگاه کنید Kelly و همکاران. ۲۰۰۳). مشخص شده است که خاطرات اعلانی و رویه ای برای به کارگیری شبکه های عصبی مختلف هستند و به طور متفاوت تثبیت می شوند (Walker ۲۰۰۵؛ Robertson و Cohen ۲۰۰۶). در گزارش حاضر، یادگیری مشاهده به احتمال زیاد بر روی حافظه اعلانی تکیه می کند، زیرا شرکت کنندگان به طور آگاهانه برای شناسایی زمان بندی درست هر مرحله تلاش نمودند. بنابراین این

امکان وجود دارد که دو بازنمایی حافظه برای همان منابع رقابت که پی در پی آموخته شده است رقابت نکنند، یعنی، زمانی که تفاوت ها بین دو سکانس برجسته ترین باشند. در نتیجه، هیچ تداخلی در حفظ برای گروه ۵ دقیقه در آزمایش ۲ مشاهده نشد. این فرضیه موافق با نتایج حاصل از Debarnot و همکاران. (۲۰۱۰) است که هنگامی که دو سکانس به طور متوالی توسط تصویرسازی ذهنی انجام شدند، هیچ تداخلی را گزارش نمودند. با این حال، زمانی که دو سکانس با فاصله ۸ ساعت مشاهده شدند، نمایش خاطره تثبیت شده سکانس اول می تواند به عنوان یک مرجع برای کسب سکانس دوم استفاده شود که توضیح می دهد که چرا ما تداخل مخالف را مشاهده نمودیم. در مقابل، تمرین فیزیکی در آزمایش ۳ به احتمال زیاد از سیستم حافظه رویه ای استفاده نمود، زیرا ریتم صحیح توسعه یافته از طریق عمل می تواند به راحتی احساس شود. همانطور که قبلا (Shadmehr و Holcomb ۱۹۹۹) گزارش نموده اند، دو مهارت رویه ای به طور متوالی آموخته شده برای منابع مشابه رقابت می نمایند و بنابراین به طور خاص تحت تداخل هستند. این توضیح می دهد که چرا در آزمایش ۳، یک مکث ۵ دقیقه ای، یادگیری سکانس دوم را مختل نمود.

این فرضیه موافق با نتایج Kelly و همکاران (۲۰۰۳) است که نشان می دهد یادگیری مشاهده ای از وظیفه ثانویه درگیر شدن سیستم حافظه اعلانی تحت تداخل قرار می گیرد. با استفاده از یک وظیفه سکانس-یادگیری، نویسندگان گزارش دادند که ناظران موفق نشدند تا سکانس را یادگیری نمایند، در حالی یادگیری زمانی رخ داد که ناظران توانستند تمام توجه خود را به وظیفه اصلی (یادگیری سکانس) اختصاص دهند. در مقابل، زمانی که وظیفه اصلی جسمی انجام شد، وظیفه ثانویه از یادگیری سکانس جلوگیری نمود. با این حال، کار بیشتر هنوز هم برای تعیین این مورد لازم است که آیا تمرین فیزیکی پس از مشاهده (و بالعکس) با فرآیندهای تثبیت تداخل دارد یا خیر. در نتیجه، نتایج ما نشان می دهد که مشاهده موجب تحریک فرایندهای تثبیت می شود که منجر به تثبیت مهارت حرکت های جدید و حفظ طولانی مدت آن می شود. اگر چه مشاهدات و تمرین فیزیکی دارای شباهت های بسیاری هستند، نتایج ما نشان می دهد که آنها به طور متفاوت تثبیت می شوند.

تشکر و قدردانی این کار توسط یک کمک مالی کشف (LP) و بورس تحصیلی (MT) ارائه شده توسط علوم طبیعی و شورای تحقیقات مهندسی کانادا حمایت قرار گرفت.

## References

- Adams JA (1971) A closed-loop theory of motor learning. *J Mot Behav* 3:111-150
- Ashford D, Bennett SJ, Davids K (2006) Observational modeling effects for movement dynamics and movement outcome measures across differing task constraints: a meta-analysis. *J Mot Behav* 38:185-205
- Blandin Y, Proteau L (2000) On the cognitive basis of observational learning: development of mechanisms for the detection and correction of errors. *Q J Exp Psychol* 53A:846-867
- Blandin Y, Lhuisset L, Proteau L (1999) Cognitive processes underlying observational learning of motor skills. *Q J Exp Psychol* 52A:957-979
- Brashers-Krug T, Shadmehr R, Bizzi E (1996) Consolidation in human motor memory. *Nature* 382:252-254
- Brown LE, Wilson ET, Gribble PL (2009) Repetitive transcranial magnetic stimulation to the primary motor cortex interferes with motor learning by observing. *J Cogn Neurosci* 21:1013-1022
- Cohen J (1988) *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey
- Cross ES, Kraemer DJM, Hamilton AFC, Kelley WM, Grafton ST (2009) Sensitivity of the action observation network to physical and observational learning. *Cereb Cortex* 19:315-326
- Crossman ERFW (1959) A theory of the acquisition of speed skill. *Ergonomics* 2:153-166
- Debarnot U, Creveaux T, Collet C, Doyon J, Guillot A (2009a) Sleep contribution to motor memory consolidation: a motor imagery study. *Sleep* 32:1559-1565
- Debarnot U, Creveaux T, Collet C, Gemignani A, Massarelli R, Doyon J, Guillot A (2009b) Sleep-related improvements in motor learning following mental practice. *Brain Cogn* 69:398-405
- Debarnot U, Maley L, De Rossi D, Guillot A (2010) Motor interference does not impair the memory consolidation of imagined movements. *Brain Cogn* 74:52-57
- Fischer S, Hallschmid M, Elsner AL, Born J (2002) Sleep forms memory for finger skills. *Proc Natl Acad Sci USA* 99:11987-11991
- Fitts PM (1954) Adaptation of aimed arm movements to sensorimotor discordance: evidence for direction-dependant gain control. *J Exp Psychol* 47:381-391
- Fitts PM (1964) *Perceptual-motor skills learning*. In: Melton AW (ed) *Categories of human learning*. Academic Press, New York
- Grèzes J, Decety J (2001) Functional anatomy of execution, mental simulation, observation, and verb generation of actions: a meta-analysis. *Hum Brain Mapp* 12:1-19
- Hill S, Tononi G, Ghilardi AF (2008) Sleep improves the variability of motor performance. *Brain Res Bull* 76:605-611
- Hoffman KL, McNaughton BL (2002) Coordinated reactivation of distributed memory traces in primate neocortex. *Science* 297:2070-2073
- Holroyd CB, Coles MGH (2002) The neural basis of human error processing: reinforcement learning, dopamine, and the error-related negativity. *Psychol Rev* 109:679-709

- Iacoboni M, Dapretto M (2006) The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nat Rev Neurosci* 7:942–951
- Jay TM (2003) Dopamine: a potential substrate for synaptic plasticity and memory mechanisms. *Prog Neurobiol* 69:375–390
- Jeannerod M (1999) To act or not to act: perspectives on the representation of actions. *Q J Exp Psychol* 1999:1–29
- Ji D, Wilson MA (2007) Coordinated memory replay in the visual cortex and hippocampus during sleep. *Nat Neurosci* 10:100–107
- Karni A, Meyer G, Jezzard P, Adams MM, Turner R, Ungerleider LG (1995) Functional MRI evidence for adult motor cortex plasticity during motor skill learning. *Nature* 377:155–158
- Kelly SW, Burton AM, Riedel B, Lynch E (2003) Sequence learning by action and observation: evidence for separate mechanisms. *Br J Psychol* 94:355–372
- Kleim JA, Hogg TM, VanderBerg PM, Cooper NR, Bruneau R, Rempel M (2004) Cortical synaptogenesis and motor map reorganization occur during late, but not early, phase of motor skill learning. *J Neurosci* 24:628–633
- Krakauer JW, Shadmehr R (2006) Consolidation of motor memory. *Trends Neurosci* 29:58–64
- Krakauer JW, Ghilardi MF, Ghez C (1999) Independent learning of internal models for kinematic and dynamic control of reaching. *Nat Neurosci* 2:1026–1031
- Krakauer JW, Ghez C, Ghilardi MF (2005) Adaptation to visuomotor transformations: consolidation, interference, and forgetting. *J Neurosci* 25:473–478
- Kuriyama K, Stickgold R, Walker MP (2004) Sleep-dependent learning and motor-skill complexity. *Learn Mem* 11:705–713
- McGaugh JL (2000) Memory—a century of consolidation. *Science* 287:248–251
- Muellbacher W, Ziemann U, Wissel J, Dang N, Kofler M, Facchini S, Boroojerdi B, Poewe W, Hallet M (2002) Early consolidation in human primary motor cortex. *Nature* 415:640–644
- Press DZ, Casement MD, Pascual-Leone A, Robertson EM (2005) The time course of off-line motor sequence learning. *Cogn Brain Res* 25:375–378
- Rizzolatti G, Craighero L (2004) The mirror-neuron system. *Annu Rev Neurosci* 27:169–192
- Robertson EM, Cohen DA (2006) Understanding consolidation through the architecture of memories. *Neuroscientist* 12:261–271
- Robertson EM, Pascual-Leone A, Miall RC (2004) Current concepts in procedural consolidation. *Nat Rev Neurosci* 5:576–582
- Sanes JN, Donoghue JP (2000) Plasticity and primary motor cortex. *Annu Rev Neurosci* 23:393–415
- Schmidt RA (1975) A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychol Rev* 82
- Shadmehr R, Holcomb HH (1997) Neural correlates of motor memory consolidation. *Science* 277:821–825
- Shadmehr R, Holcomb HH (1999) Inhibitory control of competing motor memories. *Exp Brain Res* 126:235–251
- Shea JB, Morgan RL (1979) Contextual interference effects on the acquisition, retention, and transfer of a motor skill. *J Exp Psychol [Hum Learn]* 5:179–187
- Stefan K, Classen J, Celnik P, Cohen LG (2008) Concurrent action observation modulates practice-induced motor memory formation. *Eur J Neurosci* 27:730–738
- Stevens J (1992) Applied multivariate statistics for the social sciences. L. Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ
- Stickgold R, Walker MP (2007) Sleep-dependent memory consolidation and reconsolidation. *Sleep Med* 8:331–343
- Tabachnick BG, Fidell LS (2007) Using multivariate statistics. Montreal, Boston
- Tononi G, Cirelli C (2003) Sleep and synaptic homeostasis: a hypothesis. *Brain Res Bull* 62:143–150
- Trempe M, Proteau L (2010) Distinct consolidation outcomes in a visuomotor adaptation task: off-line learning and persistent after-effect. *Brain Cogn* 73:135–145
- Van Der Werf YD, Van Der Helm E, Schoonheim MM, Ridderikhoff A, Van Someren EJW (2009) Learning by observation requires an early sleep window. *Proc Natl Acad Sci USA* 106:18926–18930
- Walker MP (2005) A refined model of sleep and the time course of memory formation. *Behav Brain Sci* 28:51–104
- Walker MP, Stickgold R (2005) It's practice, with sleep, that makes perfect: implications of sleep-dependent learning and plasticity for skill performance. *Clin Sports Med* 24:301–317
- Walker MP, Brakefield T, Morgan A, Hobson JA, Stickgold R (2002) Practice with sleep makes perfect: sleep-dependent motor skill learning. *Neuron* 35:205–211
- Walker MP, Brakefield T, Hobson JA, Stickgold R (2003) Dissociable stages of human memory consolidation and reconsolidation. *Nature* 425:616–620
- Walker MP, Stickgold R, Alsop D, Gaab N, Schlaug G (2005) Sleep-dependent motor memory plasticity in the human brain. *Neuroscience* 133:911–917
- Wilson MA, McNaughton BL (1994) Reactivation of hippocampal ensemble memories during sleep. *Science* 265:676–679





این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی