المپیک
فصلنامه
سال چهاردهم – شماره ۴ (پیاپی ۳۶) زمستان ۱۳۸۵

تاریخ دریافت: ۸۵/۳/۱۳
تاریخ تصویب: ۸۵/۷/۱۸

سازوکارهای اثر پیش‌نشانه بر زمان واکنش در مراحل پردازش حسی ـ حرکتی

❖ **افخم دانش‌فر**؛ دانشگاه الزهرا*
❖❖ **دکتر عباس بهرام**؛ استادیار دانشگاه تربیت معلم
❖❖❖ **دکتر معصومه شجاعی**؛ استادیار دانشگاه الزهرا
❖❖❖❖ **دکتر انوشیروان کاظم‌نژاد**؛ استاد دانشگاه تربیت مدرس
❖❖❖❖❖ **دکتر اوتمار باک**؛ استاد دانشگاه ورزش کلن آلمان

چکیده: تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر پیش‌نشانه بر مراحل مختلف پردازش حسی ـ حرکتی، به تفکیک اثر میزان هم‌پوشی تجمعهای سلولی از اثر تعداد و دامنهٔ فضایی پیش‌نشانه‌ها و تعداد پاسخهای انتخابی بر زمان واکنش[1] (RT) پرداخته است. بدین منظور ۲٤ دانشجوی غیرورزشکار در دامنهٔ سنی ۱۸–۲٤ سال با استفاده از دستگاه پیش‌نشانه‌کردن پارامتر، در طرحی درون‌آزمودنی تحت ۵ وضعیت پیش‌نشانه و ۱ وضعیت کنترل قرار گرفتند. تکلیف مورد بررسی تولید نیروی ایزومتریک بلافاصله پس از نمایش هدف بود. هر شرکت‌کننده پس از ۲۰۰ کوشش تمرینی، هر وضعیت پیش‌نشانه را ۳۰ بار با ترتیبی تصادفی تکرار کرد. زمان واکنش در وضعیتهای مختلف اندازه‌گیری و در تحلیل واریانس ٦ (وضعیت پیش‌نشانه) در ۳۰ (تکرار) با سنجش‌های مکرر بررسی شد. مطابق نتایج، در شرایط دامنهٔ فضایی و تعداد انتخاب یکسان، RT وضعیت هم‌پوشی کم به طور معنی‌داری بیشتر از هم‌پوشی زیاد؛ در شرایط همپوشی و تعداد انتخاب یکسان، RT وضعیت دامنهٔ فضایی زیاد به طور معنی‌داری بیشتر از دامنهٔ فضایی کم؛ در شرایط دامنهٔ فضایی و هم‌پوشی یکسان، RT وضعیت سه انتخابی به طور معنی‌داری بیشتر از دو انتخابی؛ و در شرایط تعداد انتخاب، دامنهٔ فضایی و هم‌پوشی یکسان، RT وضعیت پیش نشانهٔ نامشخص به طور معنی‌داری بیشتر از وضعیتهای پیش‌نشانهٔ مشخص بود ($p<۰/۰۱$). این یافته‌ها نشان داد که پیش‌نشانه‌ها با تأثیر بر هر سه مرحلهٔ پردازش ادراکی، انتخاب پاسخ و آماده‌سازی حرکتی باعث کاهش RT می‌شوند.

واژگان کلیدی: پیش‌نشانه کردن، زمان واکنش، پردازش حسی ـ حرکتی.

* **E-mail: afkhamdaneshfar@yahoo.com**

1. **Reaction Time**

مقدمه

پردازش سریع و دقیق اطلاعات، یکی از عوامل مهم در اجرای ماهرانهٔ حرکات ورزشی است و شاخص آن زمان واکنش (RT) است. بسیاری از محققان در تلاش جهت به اوج رساندن اجرای ورزشکاران، به بررسی این عامل و متغیرهای اثرگذار بر آن پرداخته‌اند. اکثر تحقیقات انجام شده در این زمینه، RT را در شرایط بسیار غیرواقعی مطالعه کرده‌اند، یعنی شرایطی که فرد مجاز به پیش‌بینی اطلاعات محیطی نیست. در صورتی که در فعالیتهای ورزشی، اکثر محرکها قابل پیش‌بینی هستند (۲۹).

روش **پیش‌نشانه‌کردن پارامتر**[1] (۲۷، ۲۸) RT را در شرایطی واقعی‌تر مطالعه می‌کند. در این روش، قبل از محرک، اطلاعاتی جزئی یا کامل در مورد پاسخ مورد نظر مطرح می‌شود. تحقیقات در این زمینه نشان می‌دهد که با ورود پیش‌نشانه RT کاهش می‌یابد، ولی سازوکارهای زیربنایی این کاهش هنوز مورد بحث است (۷، ۱۷). برای مثال، برخی محققان RT را تابعی از تعداد و نوع پارامترهای پیش‌نشانه شده دانسته‌اند و استدلال می‌کنند که پیش‌نشانه اطلاعاتی در مورد پارامترهای پاسخ فراهم می‌کند و در نتیجه، فرایند آماده‌سازی حرکت را تسهیل می‌کند (۱، ۲، ۳، ۶، ۱۰، ۱۲، ۲۳، ۲۷، ۳۰، ۳۴). در برخی مطالعات (۲، ۲۰) پیش‌نشانه حتی در شرایطی که هیچ پارامتر خاصی را مشخص نمی‌کرد، باعث کاهش RT شد و به این فرض منتهی گشت که پیش‌نشانه‌ها فرایند انتخاب پاسخ را تسریع می‌کنند. **گودمن و کلسو**[2] (۲۰) تفاوت بین انواع پیش‌نشانه‌ها را به ناسازگاری محرک ـ پاسخ نسبت دادند. آنها در شرایط کاملاً سازگار هیچ تفاوتی بین نوع پارامترها نیافتند؛ ولی بسیاری از تحقیقات نیز اثر نوع پارامترهای پیش‌نشانه‌شده را حتی تحت شرایط بسیار سازگار ملاحظه نمودند (۳،۷، ۲، ۱۵، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۳۰).

تداخل اثر تعداد پارامترهای پیش‌نشانه‌شده و تعداد پاسخهای انتخابی، از دیگر دلایل تفاوت RT تحت انواع مختلف پیش‌نشانه مطرح شد. وقتی تعداد انتخابها ثابت نگه‌داشته شد و تعداد پارامترها تغییر کرد، نتایج متناقضی به‌دست آمد. بعضی تحقیقات بین RT در شرایط دارای تعداد گزینهٔ ثابت و تعداد پیش‌نشانهٔ متفاوت اختلافی نیافتند (۲، ۶، ۲۰)؛ ولی برخی چنین فرض کردند که تعداد انتخابها و تعداد پارامترهای پیش‌نشانه‌شده به طور مستقل بر RT اثر می‌گذارند. بنابراین چنین استدلال کردند که پیش نشانه‌ها می‌توانند در هر دو مرحلهٔ انتخاب پاسخ و آماده‌سازی حرکت عمل کنند (۷، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۳۵).

از طرف دیگر، باک و اورشیم[3] (۱۱) دریافتند که پیش‌نشانه‌ها بر هیچ یک از این دو مرحله اثر نمی‌گذارند. آنها برای ارزیابی نقش پیش‌نشانه در مرحلهٔ انتخاب پاسخ، تعداد انتخابها و دامنهٔ فضایی پیش‌نشانه‌ها را به طور مستقل تغییر دادند و ملاحظه کردند موافق با یافته‌های اسپیجکرس[4] (۳۱)، ریو و پراکتور[5] (۲۶) و فاویلا[6] (۱۸) RT به دامنهٔ فضایی بستگی دارد، نه تعداد انتخابها؛ بنابراین، قانون هیک[7] (۲۱) را رد کردند و نتایج تحقیقات گذشته را حاصل آثار تصنعی آزمایش دانستند.

برخلاف تحقیقاتی که شواهدی در خصوص اثر دامنهٔ فضایی پیش‌نشانه‌ها بر RT فراهم کردند و هیچ

1. parameter precuing technique
2. Goodman & Kelso
3. Bock & Eversheim
4. Spijkers
5. Reeve & Proctor
6. Favilla
7. Hick's law

یک نتوانستند تغییرات RT در نتیجهٔ دامنهٔ فضایی پیش‌نشانه‌ها را از تغییرات RT در نتیجهٔ نوع و تعداد پارامترها جدا کنند، باک و اورشیم به منظور تفکیک این عوامل و همچنین بررسی نقش پیش‌نشانه در مرحلهٔ آماده‌سازی پاسخ، دامنهٔ فضایی پیش‌نشانه‌ها را بدون اثر بر پارامترهای حرکت تغییر دادند. آنها از شرکت‌کنندگان خواستند که بلافاصله پس از ظاهر شدن هدف و بدون توجه به مکان آن، حرکت ضربه با انگشت را انجام دهند. با وجودی که پاسخها در شرایط مختلف یکسان بود، ولی باز پیش‌نشانه‌ها بر RT اثر گذاشت و RT در وضعیت دارای دامنهٔ فضاییِ کمتر کوتاه‌تر بود. باک و اورشیم بر اساس این نتایج استنباط کردند که پیش‌نشانه‌ها بر مرحله‌ای از پردازش حسی ـ حرکتی که مربوط به تجزیه و تحلیل ادراکی ارتباطهای فضایی است، اثر می‌گذارند.

گروه دیگری از محققان پیشنهاد کردند که پیش‌نشانه‌ها از طریق متمرکز کردن توجه شرکت‌کنندگان به حوزه‌ای فضایی محدود عمل می‌کنند (۱۶). اورشیم و باک (۱۷) موافق با نظر آنها، اثر پیش‌نشانه‌ها را به سازوکارهای نیازمند توجه در مرحلهٔ پردازش ادراکی نسبت دادند.

با توجه به اینکه تحقیقات در سطح تحلیل رفتاری و عصب‌شناختی **(با استفاده از EEG)**[1] بر روی پیش‌نشانه‌ها نشان داده است RT تابعی از میزان هم‌پوشی بازنماییهای نورونی عضلات در قشر حرکتی است (۲، ۴، ۷، ۸، ۹، ۳۲)، احتمالاً نتایج تحقیقات گذشته (۱۱، ۱۷) تحت تداخل اثر هم‌پوشی تجمعهای سلولی، تعداد پاسخهای انتخابی و اثر دامنهٔ فضایی قرار گرفته است؛ بنابراین بررسی نقش پیش‌نشانه با تفکیک اثر این متغیرها، جهت رفع ابهام موجود در این زمینه، ضروری به نظر می‌رسد.

تحقیق حاضر در نظر دارد با تغییر مستقل تعداد انتخابها، تعداد، نوع و دامنهٔ فضایی پیش‌نشانه‌ها و میزان هم‌پوشی تجمعهای سلولی در آرایشی بسیار سازگار محرک ـ پاسخ و تجزیه و تحلیل اثر آنها بر RT یک تکلیف تولید نیرو، اثر پیش‌نشانه در هر یک از مراحل پردازش حسی ـ حرکتی را بررسی کند.

فرض بر این است که در شرایط دامنهٔ فضایی و هم‌پوشی یکسان، RT وضعیت ۳ انتخابی بیشتر از ۲ انتخابی؛ در شرایط تعداد انتخاب و هم‌پوشی یکسان، RT وضعیت دامنهٔ فضایی زیاد بیشتر از دامنهٔ فضایی کم؛ در شرایط تعداد انتخاب و دامنهٔ فضایی یکسان، RT وضعیت هم‌پوشی کم بیشتر از هم‌پوشی زیاد؛ و در شرایط تعداد انتخاب، دامنهٔ فضایی و هم‌پوشی یکسان، RT وضعیت پیش‌نشانهٔ نامشخص بیشتر از پیش‌نشانهٔ مشخص است و به ترتیب مراحل انتخاب پاسخ، پردازش ادراکی و در مورد آخر مرحلهٔ برنامه‌ریزی پاسخ درگیر می‌شود.

نتایج این تحقیق بنیادی، علاوه بر افزایش دانش موجود در مورد پیش‌نشانه‌ها و اعتبار نظریهٔ تجمع سلولی قشر، زمینه را برای انجام تحقیقات کاربردی جهت آزمایش راهبردهای مختلف برای کاهش RT ورزشکاران یا افزایش RT رقیبان آنها و در نتیجه بهبود اجرا در ورزشهایی که در آنها RT نقش اساسی دارد، فراهم می‌کند.

روش‌شناسی

بر اساس نتایج مطالعهٔ مقدماتی، با اطمینان ۹۵٪ و توان آزمون ۹۰٪ و مطابق محاسبات و جدولهای تعداد نمونه در تحلیل واریانس (۱۳)، ۲۴ دانشجو (۱۲ مرد و ۱۲ زن) در دامنهٔ سنی ۱۸-۲۴

1. Electroencephalography

سال به طور تصادفی منظم از جامعهٔ (N=۷۰۰) دانشجویان سالم، راست‌دست و غیرورزشکار دانشگاه آزاد اسلامی واحد پزشکی انتخاب شدند که در نیم‌سال دوم تحصیلی ۸۵-۱۳۸۴ واحد تربیت‌بدنی عمومی۱ را انتخاب کرده بودند، هیچ تجربه‌ای در تکالیف مشابه با تکالیف مورد بررسی نداشتند، و رضایت خود را برای شرکت در آزمایش اعلام کرده بودند. میانگین سن شرکت‌کنندگان ۱/۹±۲۰ سال بود.

ابزار

در این تحقیق از دستگاه پیش‌نشانه‌کردن پارامتر در تکلیف تولید نیروی ایزومتریک (۲، ۵) استفاده شد. سخت‌افزار این دستگاه عبارت بود از یک **نیروسنج**[1] (مدل SBA-200L، دقت N ۰/۰۰۱ و ساخت کره)، یک دستگاه رایانه شامل دو نمایشگر (مسطح ۱۷ اینچ)، جعبهٔ رایانه، صفحهٔ کلید، موش‌واره و دو بلندگو، همچنین یک تقسیم‌کنندهٔ **ویدئو**[2] (مدل VS-82 دو پورتی و ساخت چین) و پایه‌ای برای قرارگیری نمایشگر و اتصال نیروسنج. نرم‌افزار تهیه شده، امکان کنترل برنامهٔ آزمون را فراهم می‌کرد، شامل ترتیب و زمان‌بندی عرضهٔ اطلاعات صوتی و تصویری و اندازه‌گیری و ثبت متغیرهای وابسته.

شجاعی (۲، ۵) اعتبار منطقی و محتوایی دستگاه را با نظر چند متخصص رفتار حرکتی تعیین و ضریب اعتبار همزمان و ضریب ثبات بازآزمایی آن را به ترتیب ۰/۹۷ و ۰/۹۳ محاسبه کرد. حداقل ضریب ثبات محاسبه‌شده در نرم‌افزار تحقیق حاضر از طریق همبستگی **درون‌رده‌ای**[3] (ICC) بر اساس مطالعهٔ مقدماتی بر روی ۱۰ داوطلب، با استفاده از روش **بازآزمایی**[4] ۰/۹۸ بود.

شیوهٔ اجرا

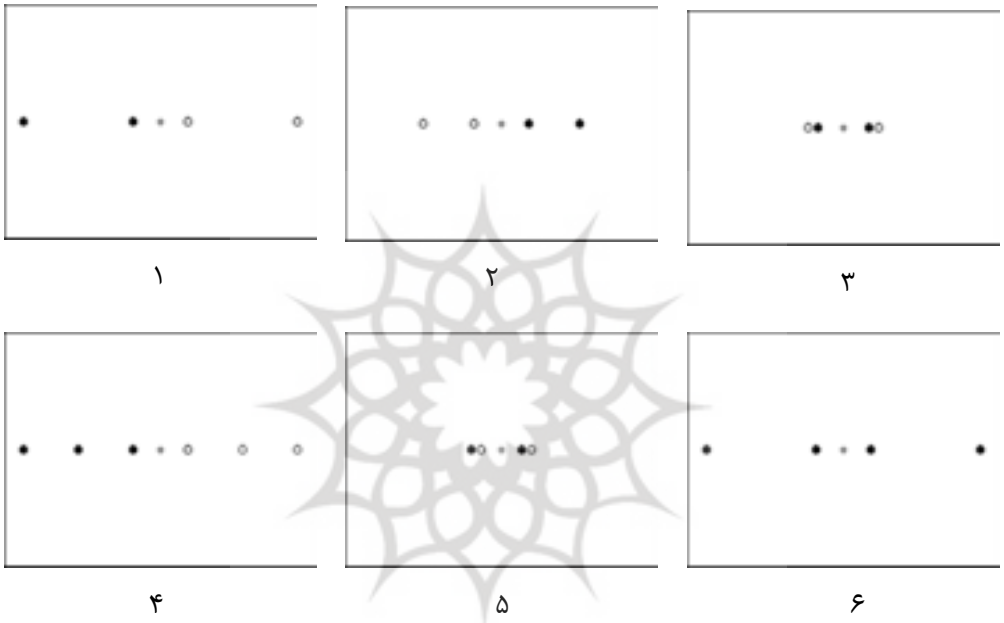
قبل از شروع آزمایش، مطالعه‌ای مقدماتی جهت بررسی شیوهٔ اجرا، تعیین پایایی نرم‌افزار و تعداد نمونه بر روی ۱۰ داوطلب از جامعهٔ مورد بررسی انجام شد. در این تحقیق، به‌جای متغیر کینماتیک فاصله که در بسیاری از تحقیقات گذشته به‌کار رفته، از متغیر کینتیک نیرو استفاده شد که دارای ارتباط بیشتری با فرایندهای عصبی است (۳۴). آزمایش در اتاقی کاملاً تاریک و ساکت انجام شد. شرکت‌کننده‌ها بر روی صندلی دسته‌داری در مقابل دستگاه و در فاصلهٔ ۴۵ سانتی‌متری از صفحهٔ نمایشگر نشستند. بینایی محیطی کاملاً مستور شد؛ بدین ترتیب که شرکت‌کننده در داخل اتاقکی تاریک قرار گرفت که مانع دیدن محیط اطراف، پایهٔ دستگاه، بدنهٔ نمایشگر رایانه، نیروسنج و دست می‌شد. مطابق دستورالعمل آموزشی، شرکت‌کننده باید ساعد دست راست خود را روی دستهٔ صندلی قرار می‌داد، دستگیرهٔ متصل به نیروسنج را می‌گرفت، و بلافاصله پس از نمایش هدف، با حداکثر سرعت و دقت ممکن نیروی معینی را به چپ یا راست وارد می‌کرد و به وضعیت اول بازمی‌گشت.

هر کوشش با یک صدای بوق (تواتر ۱۰۰۰Hz به مدت ۵۰۰ms) شروع شد. سپس علامت + سفید در وسط صفحهٔ نمایشگر سیاه رنگ و ۴ یا ۶ دایره در سمت راست و چپ + که برخی یا تمام آنها به عنوان پیش‌نشانه، با رنگ قرمز پر شده بود، به مدت تصادفی ۷۰۰ تا ۱۳۰۰ هزارم ثانیه نمایش داده شد. علامت +

1. Load cell
2. Video splitter
3. Intraclass correlation
4. Test-retest method

نشان‌دهندهٔ نیروی صفر و هر یک از دوایر از مرکز به خارج به ترتیب نشان دهندهٔ ۵، ۱۰ و ۱۵ نیوتن بود. این مقادیر نیرو بر اساس آستانهٔ تشخیص نیروهای ایزومتریکی در انسانها (۱۹) و مطالعهٔ مقدماتی تعیین شد. شرکت‌کننده‌ها به طور تصادفی **جایگشتی**[1] تحت ۶ وضعیت مختلف پیش‌نشانه (شکل ۱) قرار گرفتند:

در وضعیت دو انتخابی ۱، پارامتر جهت پیش‌نشانه شد؛ یعنی یا دو دایرهٔ سمت راست قرمز بود، یا دو دایرهٔ سمت چپ. بنابراین دو پاسخ انتخابی مستلزم گروه عضلانی یکسان با سطح فعالیت متفاوت بود و مطابق نظریهٔ تجمع سلولی قشر (۳۲) و تحقیقات **آنسون، ویکنز، هایلندوهایت**[2] (۹)،



شکل ۱. نمونه‌ای از وضعیتهای مختلف پیش‌نشانه

۱. دو انتخاب با دامنهٔ فضایی و هم‌پوشی زیاد؛ ۲. دو انتخاب با دامنهٔ فضایی کم و هم‌پوشی زیاد؛ ۳. دو انتخاب با دامنهٔ فضایی و هم‌پوشی کم؛ ۴. سه انتخاب با دامنهٔ فضایی و هم‌پوشی زیاد؛ ۵. دو انتخاب با دامنهٔ فضایی و هم‌پوشی کم و پیش‌نشانهٔ نامشخص؛ و ۶. وضعیت کنترل بدون پیش‌نشانه؛ با این محدودیت که تعداد کوششهای مربوط به هر وضعیت پیش‌نشانه برابر بود و پیش‌نشانه و هدف در دو کوشش متوالی یکسان نبود.

آنسون، هایلند، کوتر و **ویکنز** (۷) و **آنسون، هایلند، ویکنز** و **هایت** (۸) بین تجمعهای سلولی قشر مربوط به دو پاسخ انتخابی هم‌پوشی زیادی وجود داشت. در این وضعیت دامنهٔ فضایی پیش‌نشانه‌ها زیاد بود (۱۰۴mm). در وضعیت دو انتخابی ۲ نیز پارامتر جهت پیش‌نشانه‌شده و هم‌پوشی بازنماییهای نورونی

1. Permuted random

2. Anson, Wickens, Hyland, & Hight

زیاد بود؛ ولی دامنهٔ فضایی پیش‌نشانه‌ها کم بود (۴۴mm). در وضعیت دو انتخابی ۳ فقط پارامتر نیرو پیش‌نشانه شد؛ یعنی دو دایرهٔ نزدیک به + یا دو دایرهٔ دور از آن قرمز بود. بنابراین هم‌پوشی بازنماییهای نورونی عضلات در قشر حرکتی مغز کم بود(۷، ۸، ۹، ۳۲). علاوه بر این، در این وضعیت، دامنهٔ فضایی پیش‌نشانه‌ها کم بود. در وضعیت سه انتخابی ۴، پارامتر جهت پیش‌نشانه شد و دامنهٔ فضایی پیش‌نشانه‌ها زیاد بود. در وضعیت ۵، پارامتر خاصی پیش‌نشانه نشد؛ ولی دو دایرهٔ قرمز بود که تعداد انتخابها را از ۴ به ۲ کاهش داد. همچنین هم‌پوشی تجمعهای سلولی و فاصلهٔ‌ی بین پیش‌نشانه‌ها کم بود (۷، ۸، ۹، ۳۲). در وضعیت کنترل ۶، به منظور یکسان بودن شرایط تجربی با سایر وضعیتهای پیش‌نشانه، هر ۴ دایره قرمز شد؛ بنابراین تعداد انتخابها کاهش نیافت و پارامتر خاصی پیش‌نشانه نشد.

پس از نمایش پیش‌نشانه، بوق دوم (با تواتر Hz ۲۰۰۰ به مدت ۷۰۰ms) پخش شد و هم‌زمان با آن، به طور تصادفی فقط یکی از دایره‌ها به عنوان دایرهٔ هدف که جهت و مقدار نیروی مورد نظر را مشخص می‌کرد، به مدت ۷۰۰ms قرمز باقی ماند. هم‌زمان با پاسخِ شرکت‌کننده (اعمال نیروی حداقل ۰/۵N)، بازخورد افزودهٔ مداوَم به صورت خط متحرکی سفید رنگ نشان داده شد که از علامت + در جهت نیروی اعمال شده حرکت می‌کرد و به اندازهٔ مقدار نیرو امتداد می‌یافت. کوشش بعد ۲s پس از پایان نمایش هدف آغاز شد.

هر شرکت‌کننده در جلسهٔ اول، ۲۰۰ کوشش تمرینی برای آشنایی با ابزار و تکلیف و یادگیری ترجمهٔ یک علامت بینایی به **نیروی عضلانی**[1] و در جلسهٔ دوم (۲ ساعت بعد) ۱۹۲ کوشش انجام داد که ۱۲ کوشش اول آن به منظور کنترل پدیدهٔ کاهش **گرم‌کردن**[2] تجزیه و تحلیل شد. در واقع بجز ۱۲ کوشش تمرینی اول، هر وضعیت پیش‌نشانه ۳۰ بار تکرار شد. پس از هر ۱ دقیقه (۱۵ کوشش)، به منظور جلوگیری از خستگی عضلانی و **عدم انگیزش و خستگی ناشی از یکنواختی**[3] و همچنین ایجاد تعادلی بین این آثار از یک طرف و اثر گرم کردن از طرف دیگر، بجای ۲s فاصلهٔ بین‌کوششی، استراحتی ۵ ثانیه‌ای داده شد.

در جلسهٔ دوم، کوششهای مردود (خطای جهت اعمال نیرو، عدم پاسخ، زمان واکنش کمتر از ۱۵۰ms و بیشتر از ۱۰۰۰ms و خطای ثابت مطلق بیش از ۲N) تکرار شد. در هر کوشش، فاصلهٔ زمانی بین نمایش دایرهٔ هدف (محرک) و شروع پاسخ (**اعمال نیرو**[4] به میزان حداقل ۰/۵N) با تفکیک‌پذیری ۵۰ms به عنوان زمان واکنش (RT)، فاصلهٔ زمانی بین شروع پاسخ و به حداکثر رسیدن نیرو به عنوان زمان به **حداکثر رسیدن نیرو**[5] (TP) و مقدار نیرو در ۱۰۰ **هزارم ثانیهٔ اول**[6] (F100) با استفاده از نرم‌افزار تهیه شده سنجش شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

بررسی آثار اصلی و متقابل وضعیت پیش‌نشانه و تکرار بر RT، TP و F100 هر یک به طور مجزا با استفاده از تحلیل واریانس ۶ وضعیت در ۳۰ تکرار با سنجشهای مکرر هر دو عامل و آزمون تعقیبی

---

۱. تعداد کوششهای تمرینی بر اساس نتایج مطالعهٔ مقدماتی تعیین شد.

2. Warm-up decrement

3. Monotony

۴. مقدار نیرو با فراوانی نمونه گیری ۲۰Hz و تفکیک‌پذیری ۰/۰۰۱N اندازه‌گیری و ثبت شد.

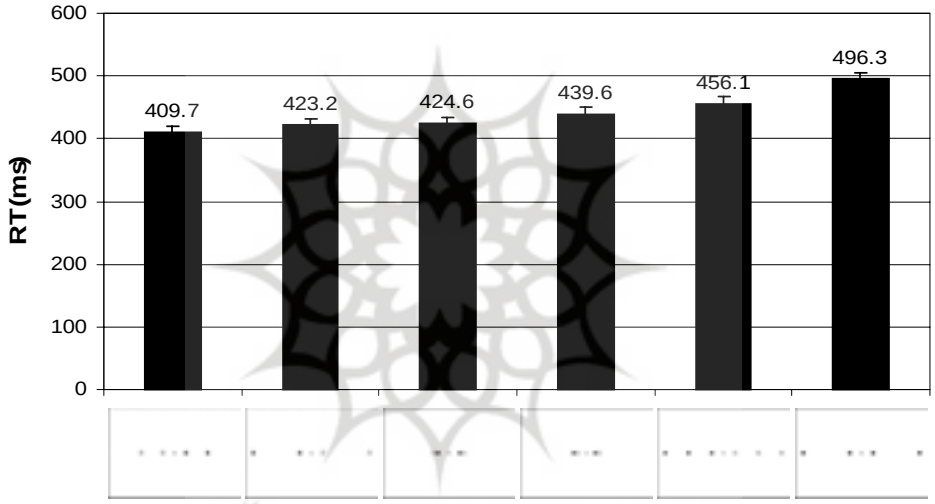
5. Time-to-Peak

6. Force level at 100ms

بونفرونی[1] (برای آثار معنی‌دار) انجام شد. سطح معنی‌داری در همهٔ آزمونها $p<۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

نتایج

شکل ۲ میانگین زمان واکنش در وضعیتهای مختلف پیش‌نشانه را نشان می‌دهد. نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه شده است. میانگین RT در هر وضعیت پیش‌نشانه، نشان‌دهنده‌ی میانگین ۲۴ شرکت‌کننده و ۳۰ کوشش است. مطابق این شکل، بیشترین میانگین RT مربوط به وضعیت کنترل بدون پیش‌نشانه (۹/۳ms±۴۹۶/۳) و سپس وضعیت سه انتخابی با دامنهٔ فضایی و هم‌پوشی زیاد (۱۰/۲ms±۴۵۶/۱) بود. از بین وضعیتهای دو انتخابی، وضعیت با دامنهٔ فضایی کم و هم‌پوشی زیاد دارای کم‌ترین (۸/۹ms±۴۰۹/۷) و وضعیت پیش‌نشانهٔ نامشخص با دامنهٔ فضایی و هم‌پوشی کم دارای بیشترین میانگین RT (۱۰/۲ms±۴۳۹/۶) بود.



شکل ۲. زمان واکنش در وضعیتهای مختلف پیش‌نشانه

برای تجزیه و تحلیل RT در وضعیتهای مختلف، ابتدا پیش‌فرض طبیعی‌بودن توزیع در هر یک از سطوح متغیرهای مستقل با استفاده از آزمون یک نمونه‌ای **کولموگروف ـ اسمیرنف**[2] (K-S) تأیید شد ($p>۰/۰۵$). ولی پیش‌فرض همگنی واریانس تفاوتها (**کرویّت**)[3] که با استفاده از **آزمون ماوچلی**[4] بررسی شد، تأیید نشد ($p<۰/۰۵$)؛ بنابراین از روش اصلاحی **گرین‌هاووس ـ گیزر**[5] استفاده شد. نتایج تحلیل واریانس ۶ (وضعیت پیش‌نشانه) در ۳۰ (تکرار) با سنجش‌های مکرر هر دو عامل، اثر معنی‌دار وضعیت پیش‌نشانه را نشان داد ($F[۳/۵, ۸۰/۲]=۱۳۰/۶$, $p<۰/۰۰۱$)؛ ولی اثر اصلی تکرار ($F[۹/۱, ۲۰۹/۲]=۱/۴$، $p=۰/۱۷$)؛ و اثر متقابل وضعیت پیش‌نشانه و تکرار

1. Bonferroni post hoc test
2. Kolmogrov-Smirnov
3. Sphericity
4. Mauchly
5. Greenhouse-Geisser

($F[۱۷/۴,۳۹۹/۶]=۱/۳, p=۰/۱۷$) معنی‌دار نبود.

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که اختلاف بین میانگین RT در وضعیتهای مختلف معنی‌دار بود ($p<۰/۰۱$)؛ بجز اختلاف بین میانگین RT در وضعیت دو انتخابی با دامنهٔ فضایی و هم‌پوشی زیاد و دو انتخابی با دامنهٔ فضایی و هم‌پوشی کم ($p>۰/۰۵$). این نتایج، فرضیه‌های تحقیق در خصوص RT بیشتر در وضعیت سه انتخابی نسبت به دو انتخابی در شرایط دامنهٔ فضایی و هم‌پوشی زیاد، RT بیشتر در وضعیت دامنهٔ فضایی زیاد نسبت به کم در شرایط دو انتخابی با هم‌پوشی زیاد، RT بیشتر در وضعیت هم‌پوشی کم نسبت به زیاد در شرایط دو انتخابی با دامنهٔ فضایی کم، RT بیشتر در وضعیت پیش‌نشانهٔ نامشخص نسبت به مشخص در شرایط دو انتخابی با دامنهٔ فضایی و هم‌پوشی کم را تأیید کرد.

در مورد داده‌های مربوط به TP و F100، آزمون یک نمونه‌ای K-S پیش‌فرض طبیعی بودن توزیع را تأیید کرد ($p>۰/۰۵$)؛ ولی آزمون ماوچلی، پیش‌فرض کرویّت را تأیید نکرد ($p<۰/۰۵$) و از روش اصلاحی گرین‌هاووس ـ گیزر استفاده شد. بر اساس نتایج تحلیل واریانس ۶ وضعیت پیش نشانه در ۳۰ تکرار با سنجشهای مکرر برای TP، اثر اصلی وضعیت پیش‌نشانه ($F[۲/۹,۶۶/۷]=۰/۷۴, p=۰/۵۳$)، اثر اصلی تکرار ($F[۸/۹,۲۰۴/۳]=۰/۸۹, p=۰/۵۳$) و اثر متقابل وضعیت پیش‌نشانه و تکرار ($F[۱۵/۳,۳۵۳]=۰/۹۷, p=۰/۴۸$) معنی‌دار نبود. در مورد F100 تحلیل واریانس اثر معنی‌دار وضعیت پیش‌نشانه را نشان داد ($F[۳/۳,۷۵/۷]=۲۷/۲۶, p<۰/۰۰۱$)؛ ولی اثر اصلی تکرار ($F[۱۱,۲۵۳/۵]=۰/۶۳, p=۰/۸$) و اثر متقابل وضعیت پیش‌نشانه و تکرار ($F[۱۵,۳۴۵/۱]=۱/۵۷, p=۰/۰۸$) معنی‌دار نبود. آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که فقط میانگین F100 در وضعیت سه انتخابی با دامنهٔ فضایی و هم‌پوشی زیاد به طور معنی‌داری بیشتر از میانگین F100 در سایر وضعیتها بود ($p<۰/۰۱$).

بحث

بر اساس این فرض که زمان حرکت حد پایینی برای کنترل بازخوردی را مشخص می‌کند- یعنی حرکات بسیار سریع (۲۰۰ms یا کمتر) نمی‌توانند تحت کنترل حلقهٔ بسته باشند (۲۹)- میانگین TP در وضعیتهای مختلف **پیش‌نشانه**[۱] (۱۰۰-۱۰۸ms) نشان داد که این مقادیر کمتر از مدت زمان لازم برای تشخیص و اصلاح خطاست و پاسخهای ارائه شده مطمئناً از پیش برنامه‌ریزی شده و می‌توان از نتایج برای بررسی و بحث در مورد اثر پیش‌نشانه‌ها بر فرایندهای آماده‌سازی حرکت استفاده کرد. علاوه بر این، با توجه به ارتباط بین زمان حرکت و RT (۲۹)، مقایسهٔ بین TP در وضعیتهای مختلف پیش‌نشانه اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($p>۰/۰۵$)؛ بنابراین اختلاف RT در وضعیتهای مختلف را نمی‌توان به سرعت پاسخ نسبت داد.

متغیر وابستهٔ F100 به منظور اطمینان از اینکه شرکت‌کنندگان مطابق دستورالعمل آموزشی نیروهای هدف را بدون توجه به مکان آنها در صفحه تولید کرده‌اند، سنجش شد. عدم اختلاف معنی‌دار بین وضعیتهای دو و چهار انتخابی با دامنهٔ فضایی مختلف ($p>۰/۰۵$)، پیروی شرکت‌کنندگان از دستورالعمل آموزشی را تأیید کرد و نشان داد که نتایج حاصل، مربوط به اختلاف برنامه‌ریزی پارامتر

۲. در تکلیف تولید نیروی ایزومتریک که فاقد حرکت قابل مشاهده است، زمان به حداکثر رسیدن نیرو (TP) معادل MT در حرکات هدف‌گیری است (اوتمار باک، ارتباط شخصی، ۷ اکتبر ۲۰۰۵).

مقدار نیرو در وضعیتهای مختلف نبود. اختلاف معنی‌دار بین F100 در وضعیت سه انتخابی با سایر وضعیتها ($p<۰/۰۱$) به دلیل بیشتر بودن دامنهٔ نیرو در این وضعیت بود.

مطابق نتایج، میانگین RT در وضعیت کنترل بدون پیش‌نشانه به طور معنی‌داری بیشتر از وضعیتهای پیش‌نشانه بود ($p<۰/۰۱$). این یافته، اثر تعداد پیش‌نشانه بر RT را تأیید کرد و با یافته‌های **روزنبام**[1] (۲۷)، **زلازنیک**[2] (۳۳) و شجاعی (۴،۳،۲،۱، ۶، ۳۰) هم‌خوانی داشت. ولی مطابق نظر بسیاری محققان (۱، ۲، ۷، ۱۵، ۲۰، ۲۳، ۲۴)، این کاهش در RT با ارائهٔ پیش‌نشانه را نمی‌توان تنها به فرایندهای برنامه‌ریزی پاسخ نسبت داد و چنین استنباط نمود که اطلاعات قبلی در مورد یکی از پارامترهای پاسخ باعث آماده‌شدن بخشی از برنامهٔ حرکتی از قبل می‌شود؛ زیرا در این وضعیتها، پیش‌نشانهٔ یک پارامتر، تعداد پاسخهای انتخابی را به نصف رسانده و مطابق قانون هیک (۲۱) RT را کاهش داده است. در واقع فرایندهای غیرحرکتی ادراکی و تصمیم‌گیری درگیر شده‌اند.

در این آزمایش، برای مجزا کردن اثر تعداد انتخابها از تعداد پارامترهای پیش‌نشانه‌شده، یک وضعیت پیش‌نشانهٔ نامشخص ارائه شد که بدون ارائهٔ اطلاعات واضح در مورد پارامترهای پاسخ، تعداد انتخابها را به نصف می‌رساند. مقایسهٔ بین RT در این وضعیت و وضعیتهای دو انتخابی با پیش‌نشانهٔ یک پارامتر و دامنهٔ فضایی یکسان نشان داد RT در وضعیت پیش‌نشانهٔ نامشخص به طور معنی‌داری بیشتر بود ($p<۰/۰۱$). به عبارت دیگر، کاهش RT به تعداد پارامترهای پیش‌نشانه شده بستگی داشت. این نتایج با یافته‌های آنسون و همکاران (۷)، زلازنیک (۳۳)، زلازنیک و هن (۳۵)، لپین، گلن کراس و **رکوبین**[3] (۲۴)، لریش و فرکنی (۲۳) هم‌خوانی داشت و نشان داد که پیش‌نشانه‌ها بر هر دو مرحلهٔ انتخاب پاسخ و آماده‌سازی حرکت اثر می‌گذارند. بر اساس نظریهٔ تجمع سلولی قشر (۳۲)، پیش‌نشانه‌کردن پارامترهای بیشتر باعث افزایش بیشتر در سطح فعالیت **نورونهای آماده‌سازی**[4] و نزدیک‌تر شدن تجمع سلولی به **نقطهٔ آتش**[5] می‌شود و راه‌اندازی کامل‌تر تجمع سلولی، RT، را کاهش می‌دهد.

از طرف دیگر، این نتایج با یافته‌های شجاعی (۲) با وجود استفاده از تکلیفی مشابه هم‌خوانی نداشت. در تحقیق شجاعی، وضعیت پیش‌نشانهٔ نامشخص، پیکان راست به سمت داخل و پیکان چپ به سمت خارج یا بر عکس را نمایش می‌داد. با وجود مشخص نبودن پارامتر جهت نسبت به محور بدن در این وضعیت، امکان کدگذاری فضایی جهت برای شرکت‌کننده‌ها وجود داشت؛ بنابراین RT بیش از وضعیتهای پیش‌نشانهٔ یک پارامتر کاهش یافت.

مطابق نتایج، در شرایط تعداد انتخاب و دامنهٔ فضایی یکسان، RT وضعیت پیش‌نشانهٔ جهت به طور معنی‌داری کوتاه‌تر از وضعیت پیش‌نشانهٔ نیرو بود ($p<۰/۰۵$). کمتر بودن RT وضعیت پیش‌نشانهٔ جهت با نتایج اکثر تحقیقاتی که از روش پیش‌نشانه‌کردن استفاده کردند، هم‌خوانی داشت (۷، ۱۵، ۲۳، ۲۷)؛ ولی در اکثر این تحقیقات از تکلیف هدف‌گیری دست استفاده شده است. البته با توجه به اینکه متغیر کینماتیک فاصله، نتیجهٔ مشخص بودن نیروست

1. Rosenbaum
2. Zelaznik
3. Lepine, Glencross, & Requin
4. Preparatory neurons
5. Flash point

(۳۴)، یافته‌های مربوط به پارامترهای نیرو و فاصله قابل مقایسه است.

روزنبام (۲۷، ۲۸) اختلاف بین RT در وضعیت پیش‌نشانهٔ جهت و فاصله را به زنجیره‌ای بودن فرایند برنامه‌ریزی پارامترها مرتبط دانسته است و چنین استدلال کرد که برنامه‌ریزی پارامتر جهت در سطوح بالاتری نسبت به فاصله انجام می‌گیرد.

آنسون و همکاران (۷) نیز بر اساس نظریهٔ تجمع سلولی قشر (۳۰) چنین استدلال کردند که برنامه‌ریزی جهت با انتخاب قبلی نورونهایی که عضلات مربوط را بازنمایی می‌کنند و برنامه‌ریزی فاصله با تعیین سطح فعالیت این نورونها طی اجرای تکلیف انجام می‌گیرد؛ بنابراین، وضعیت پیش‌نشانهٔ فاصله، با برنامه‌ریزی فاصله به روشی تعمیم‌یافته در چند منطقهٔ عضلانی در قشر صورت می‌گیرد و چون طبق این نظریه و تحقیقات نسبتاً جدید آنسون و همکاران (۸، ۹) و شجاعی (۲)، RT تابعی از میزان هم‌پوشی بازنماییهای عضلانی در قشر است، کم‌بودن میزان هم‌پوشی باعث RT بیشتری نسبت به وضعیت پیش‌نشانهٔ جهت شده است.

نتایج تحقیق حاضر در مورد هزینهٔ بیشتر آماده‌سازی پارامتر جهت نسبت به نیرو با تحقیقاتی که از پارامترهای جهت و نیرو استفاده کردند، همخوانی نداشت (۲، ۳، ۳۰، ۳۴). یافته‌های زلازنیک (۳۴) فرضیهٔ برنامه‌ریزی سلسله‌مراتبی پارامتر نیرو قبل از جهت با ترتیب ثابت را تأیید کرد. این نتیجه، مخالف پیش‌بینیهای نظریهٔ برنامه‌ریزی سلسله‌مراتبی و تجمع سلولی قشر در مورد انتخاب گروههای عضلانی در سطوح بالاتر تصمیم‌گیری بود.

عدم کنترل دامنهٔ فضایی پیش‌نشانه‌ها در تحقیق زلازنیک را می‌توان یکی از دلایل تناقض نتایج آن با یافته‌های تحقیق حاضر دانست. تحقیق شجاعی (۲) که با کنترل دامنهٔ فضایی پیش‌نشانه‌ها انجام شد، برخلاف تحقیق حاضر، به‌جای دو پارامتر، سه پارامتر را بررسی کرد (جهت، نیرو و اندام)؛ بنابراین در هر یک از وضعیتهای پیش‌نشانهٔ جهت و نیرو، چهار پاسخ انتخابی وجود داشت. با این حال RT در وضعیت پیش‌نشانهٔ جهت کوتاه‌تر از وضعیت پیش‌نشانهٔ نیرو بود؛ ولی این اختلاف معنی‌دار نبود.

اگر یافته‌های تحقیق حاضر با وضعیت پیش‌نشانهٔ ۹ و ۱۱ شجاعی که با حذف پارامتر اندام صورت گرفت (پاسخ با اندام فوقانی راست) مقایسه گردد، هیچ تناقضی دیده نمی‌شود. در این وضعیتهای دو انتخابی، RT وضعیت پیش‌نشانهٔ جهت به طور معنی‌داری کوتاه‌تر از وضعیت پیش نشانهٔ نیرو بود.

نتایج مربوط به مقایسهٔ وضعیتهای دارای دامنهٔ فضایی زیاد و کم در شرایط تعداد انتخاب و میزان هم‌پوشی یکسان، این فرضیه را که کاهش RT به فاصلهٔ بین پیش‌نشانه‌ها بستگی دارد، تأیید کرد. این یافته با نتایج اسپیجکرس (۳۱)، اورشیم و باک (۱۷)، باک و اورشیم (۱۱) و ریو و پراکتور (۲۶) هم‌خوانی داشت؛ ولی در این تحقیقات، اثر میزان هم‌پوشی تجمعهای سلولی قشر کنترل نشده بود. برای مثال، در تحقیق اورشیم و باک (۱۷) یا باک و اورشیم (۱۱)، هر وضعیت پیش‌نشانه دارای ۸ حالت بود. وضعیت دامنهٔ فضایی کم دارای ۸ حالت با هم‌پوشی زیاد بود؛ یعنی در تمام حالات، جهت حرکت دست مشخص بود. ولی در وضعیت دامنهٔ فضایی زیاد، فقط ۲ حالت از ۸ حالت دارای هم‌پوشی زیاد تجمعهای سلولی بود. بنابراین RT کمتر در وضعیت دامنهٔ فضایی کم احتمالاً مربوط به میزان هم‌پوشی تجمعهای سلولی در این وضعیت بود. در تحقیق حاضر، دامنهٔ فضایی پیش‌نشانه‌ها در وضعیتهای مورد مقایسهٔ ۱ و ۲

متفاوت و نوع پارامتر پیش‌نشانه شده و در نتیجهٔ میزان هم‌پوشی تجمعها یکسان بود. بنابراین، با وجود ثابت بودن میزان هم‌پوشی در این دو وضعیت، اثر دامنهٔ فضایی پیش‌نشانه‌ها بر RT از بین نرفت. به عقیدهٔ باک و اورشیم (۱۱)، اثر دامنهٔ فضایی پیش‌نشانه‌ها بر RT نشان می‌دهد که پیش‌نشانه‌ها بر مرحله‌ای از پردازش حسی ـ حرکتی که درگیر بازنمایی درونی فضاست، اثر می‌گذارند و این مرحلهٔ پردازش فضایی مبین سازوکارهای توجه انتخابی فضایی به عنوان واسطه‌ای برای آثار پیش‌نشانه است.

مطابق نتایج، RT وضعیت سه انتخابی به طور معنی‌داری بیشتر از وضعیت دو انتخابی با دامنهٔ فضایی و میزان هم‌پوشی یکسان بود ($p<۰/۰۱$). این نتیجه با یافته‌های زلازنیک و هن (۳۵)، لپین و همکاران (۲۴) و لریش و فرکنی (۲۳) هم‌خوانی داشت و مبین اثر پیش‌نشانه‌ها بر مرحلهٔ انتخاب پاسخ بود؛ ولی در تحقیقات باک و اورشیم (۱۱)، فاویلا (۱۸) و **کارسون**[1] و همکاران (۱۴) اختلاف معنی‌داری بین وضعیت‌های دارای تعداد انتخاب متفاوت و دامنهٔ فضایی یکسان ملاحظه نشد.

باک و اورشیم (۱۱) اعتبار قانون هیک در تکالیف بینایی ـ حرکتی و همچنین نقش پیش‌نشانه‌ها در مرحلهٔ انتخاب پاسخ را مورد تردید قرار دادند. به عقیدهٔ آنها در تحقیقات زلازنیک و هن (۳۵)، لپین و همکاران (۲۴) و لریش و فرکنی (۲۳) افزایش تعداد انتخابها یا مکانهای پیش‌نشانه‌شده، با افزایش دامنهٔ فضایی آنها همراه بوده، در نتیجه، اثر متقابل دو عامل دامنهٔ فضایی و تعداد انتخابها بر RT اثر گذاشته است.

یکی از دلایل عدم هم‌خوانی نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های این تحقیقات، عدم کنترل میزان هم‌پوشی بازنماییهای نورونی عضلات بود. برای مثال، در تحقیق باک و اورشیم (۱۱) هیچ پارامتری از حرکت پیش‌نشانه نشد و در هر یک از وضعیتها، برخی حالات، پارامتر جهت را پیش‌نشانه می‌کرد و برخی نمی‌کرد. بنابراین احتمالاً اختلاف میزان هم‌پوشی حالات مختلف یک وضعیت RT آن وضعیت را تحت تأثیر قرار می‌دهد و با اثر دامنهٔ فضایی پیش‌نشانه‌ها و تعداد انتخابها تداخل یافته است.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج این تحقیق برخلاف تحقیقات گذشته که کاهش RT تحت تأثیر پیش‌نشانه را به درگیری یک یا دو مرحله از پردازش اطلاعات نسبت دادند، اثر پیش‌نشانه‌ها بر فرایندهای پردازش ادراکی، تصمیم‌گیری و آماده‌سازی حرکتی را در هر سه مرحلهٔ پردازش حسی ـ حرکتی تأیید می‌کند. نتایج همچنین نشان داد که RT تابعی از میزان هم‌پوشی بازنماییهای نورونی عضلات در قشر مغز است.

تقدیر و تشکر

با تشکر فراوان از دکتر گرگ آنسون و جفری ویکنز، اساتید دانشکدهٔ تربیت‌بدنی دانشگاه اوتاگو استرالیا، برای راهنماییهای ارزنده در خصوص نظریهٔ تجمع سلولی قشر و روش پیش‌نشانه کردن.

1. Carson

منابع

۱. شجاعی، معصومه. (۱۳۸۲). «اثر تعداد پارامترهای پیش‌نشانه‌شده بر زمان واکنش تکلیف تولید نیرو». حرکت، ۲، ۱۱۲-۹۷.
۲. شجاعی، معصومه. (۱۳۸۲). تأثیر میزان هم‌پوشی بازنماییهای عضلانی در قشر مغز بر زمان واکنش: استفاده از روش پیش‌نشانه‌کردن پارامتر برای بررسی نظریهٔ تجمع سلولی قشر. رسالهٔ دکتری چاپ نشده، دانشگاه تهران.
۳. شجاعی، معصومه. (۱۳۸۳). «اثر نوع پارامترهای پیش‌نشانه‌شده بر زمان واکنش تکلیف تولید نیرو». المپیک، ۱۸، ۴۰-۲۵.
۴. شجاعی، معصومه. (۱۳۸۳). «تأثیر میزان هم‌پوشی بازنماییهای نورونی عضلات بر زمان واکنش». المپیک، ۴، ۳۰-۱۷.
۵. شجاعی، معصومه. (۱۳۸۳). «دستگاه پیش‌نشانه‌کردن پارامترهای حرکت انسان در تکلیف تولید نیرو». شمارهٔ ثبت: ۳۰۱۳۱.
۶. شجاعی، معصومه. (زیر چاپ). «اثر تعداد پارامترهای پیش‌نشانه‌شده مستقل از تعداد پاسخهای انتخابی بر زمان واکنش تکلیف تولید نیرو». علوم حرکتی و ورزش.

7. Anson, J.G., B.I. Hyland, R. Kotter, & J.R. Wickens. (2000). "Parameter precuing and motor preparation." Motor Control, 4, 221-231.
8. Anson, J.G., B.I. Hyland, J.R. Wickens, & D.F. Hight. (2004). "Neural mechanisms of motor preparation. Abstracts", 2004 NASPSPA Conference, June 10-12, Vancouver, Canada; Journal of sport & Exercise Psychology, 26 (Supplement) S26-S27.
9. Anson, J.G., J.R. Wickens, B.I. Hyland, & D.F. Hight. (2003). "Neural mechanisms of precuing and motor preparation: An EEG study in a two-hand choice reaction time task". Society for Neuroscience Abstracts, 822-824.
10. Bock, O., & K. Arnold. (1992). "Motor control prior to movement onset: Preparatory mechanisms for pointing at visual targets". Experimental Brain Research, 90, 209-216.
11. Bock, O., & U. Eversheim. (2000). "The mechanisms of movement preparation: A precuing study". Behavioural Brain Research, 108(1), 85-90.
12. Bonnet, M., J. Requin, & G.E. Stelmach. (1982). "Specification of direction and extent in motor programming". Bulletin of the Psychonomic Society, 19(1), 31-34.
13. Bratcher, T.L., M.A. Moran, & W.J. Zimmer. (1970). "Tables of sample size in the analysis of variance". Journal of Quality Technology, 2, 156-164.
14. Carson, R.G., R. Chua, D. Goodman, W.D. Byblow, & D. Elliott. (1995). "The preparation of aiming movements. Brain cognition", 28, 133-154.
15. Dornier, L.A., & T.G. Reeve. (1990). "Evaluation of compatibility effects in the precuing of arm and direction parameters". Research Quarterly for Exercise and Sport, 61(1), 37-49.
16. Eriksen, C.W., & T.D. Murphy. (1987). "Movement of attention focus across the visual field: A critical look at the evidence". Perception and Psychophysics, 42(3), 299-305.
17. Eversheim, U. & O. Bock. (2002). "The role of precues in the preparation of motor responses in humans". Journal of Motor Behavior, 34(3), 271-276.
18. Favilla, M. (1996). "Reaching movements: programming time course is independent of choice number". Neuro Report, 7, 2629–2634.
19. Girgenrath, M., S. Gobel, O. Bock, & H. Pongratz. (2005). "Isometric force production in high Gz: Mechanical effects, proprioception, and central motor". Aviation, Space, and Environmental Medicine, 76(4), 339-343.
20. Goodman, D., & J.A.S. Kelso. (1980). "Are movements prepared in parts? Not under compatible (naturalized) conditions". Journal of Experimental Psychology: General, 109(4), 475-495.
21. Hick, W.E. (1952). "On the rate of gain of information". Quarterly Journal of Experimental Psychology, 4, 11-26.
22. Larish, D.D. (1986). "Influence of stimulus-response translations on response programming: Examining the relationship of arm, direction, and extent of movement." Acta Psychologica, 61, 53-70.
23. Larish, D.D., & G.A. Frekany. (1985). "Planning and preparing expected and unexpected movements: Reexamining the relationships of arm, direction, and extent of movement". Journal of Motor Behavior, 17(2), 168-189.
24. Lepine, D., D. Glencross, & J. Requin. (1989). "Some experimental evidence for and against a parametric conception of movement programming". Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 15(2), 347-362.
25. Olivier, I., & C. Bard. (2000). "The effects of spatial movement components precues on the execution of rapid aiming in children aged 7, 9, & 11." Journal of Experimental Child Psychology. 77(2), 155-168.

26. **Reeve, T.G., & R.W. Proctor. (1984). "On the advanced preparation to discrete finger responses". Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 10, 541-553.**
27. **Rosenbaum, D.A. (1980). "Human movement initiation: Specification of arm, direction, and extent". Journal of Experimental Psychology: General, 109(4), 444-474.**
28. **Rosenbaum, D.A. (1983). "The movement precuing technique: Assumptions, applications, and extensions". In R. A. Magill (Ed.), Memory and control of action (pp.231-274). Amsterdam: North-Holland.**
29. **Schmidt, R.A., & T.D. Lee. (1999). Motor control and learning: A behavioral emphasis (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.**
30. **Shojaei, M. (in press). "The effect of nature of precued parameters on reaction time of a force-production task." International Journal of Applied Sports Science.**
31. **Spijkers, W.A.C. (1990). "The relation between response-specificity, S-R compatibility, forperiod duration and muscle-tension in a target aiming task". Acta Psychologica, 75, 261-277.**
32. **Wickens, J., B. Hyland., & G. Anson. (1994). "Cortical cell assemblies: A possible mechanism for motor program". Journal of Motor Behavior, 26(2),66-82.**
33. **Zelaznik, H.N. (1978). "Precuing response factors in choice reaction time: A word of caution". Journal of Motor Behavior, 10, 77-79.**
34. **Zelaznik, H.N. (1981). "The effects of force and direction uncertainty on choice reaction time in an isometric force production task". Journal of Motor Behavior, 13(1), 18-32.**
35. **Zelaznik, H.N., & R. Hahn. (1985). "Reaction time methods in the studying of motor programming: The precuing of hand, digit, and duration". Journal of Motor Behavior, 17, 190-218.**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی