

اثر تغییر همپوشی تجمع‌های سلولی قشر به روش پیش‌نشانه کردن بر زمان واکنش تکلیف تولید نیرو

معصومه شجاعی^{۱*}

* استادیار دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه الزهراء (س)

تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۶/۹

چکیده

فرایند برنامه ریزی حرکتی (تعیین و آماده سازی پارامترهای برنامه‌ی حرکتی)، یکی از موضوعات مورد بحث در کنترل حرکتی است. تحقیق حاضر به منظور شناخت بیشتر این فرایند، با استفاده از روش پیش‌نشانه کردن پارامتر به بررسی اثر میزان همپوشی تجمع‌های سلولی قشر مخ، مستقل از نوع پیش‌نشانه بر زمان واکنش ۲ (RT) پرداخت. بدین منظور ۱۸ دانشجوی داوطلب در دامنه‌ی سنی ۲۰-۲۵ سال با استفاده از دستگاه پیش‌نشانه کردن پارامتر، طی ۵ جلسه تحت ۶ وضعیت (۲ وضعیت پیش‌نشانه‌ی اندام با همپوشی کم و زیاد، ۲ وضعیت پیش‌نشانه‌ی نیرو با همپوشی کم و متوسط، ۲ وضعیت پیش‌نشانه‌ی جهت با همپوشی متوسط و زیاد) قرار گرفتند. تکلیف مورد بررسی تولید نیروی ایزومتریک بلافاصله پس از نمایش هدف بود. زمان واکنش در وضعیت‌های مختلف اندازه‌گیری شده و با استفاده از ۳ تحلیل واریانس ۲ (همپوشی) در ۴ (جلسه) با سنجش‌های مکرر تجزیه و تحلیل شد. مطابق نتایج، فقط اثر اصلی همپوشی و جلسه معنی‌دار بود ($P < 0/05$). در وضعیت‌های دارای پیش‌نشانه‌ی یکسان، با افزایش همپوشی RT به طور معنی‌داری کاهش یافت. یافته‌ها نشان داد که موافق نظریه‌ی تجمع سلولی قشر، RT تابعی از میزان همپوشی تجمع‌های سلولی است.

کلیدواژه‌ها: برنامه ریزی حرکتی، پیش‌نشانه کردن، تکلیف تولید نیرو، زمان واکنش، تجمع سلولی قشر

مقدمه

یکی از عوامل مهم در اجرای ماهرانه حرکات ورزشی، پردازش سریع و دقیق اطلاعات است که شاخص آن زمان واکنش (RT) می‌باشد. بسیاری از محققان در تلاش جهت به اوج رساندن اجرای ورزشکاران، به بررسی این

1. elaheh@shojaei-m.com
2. Reaction time

عامل و متغیرهای اثرگذار بر آن پرداخته‌اند. اکثر تحقیقات انجام شده در این زمینه، RT را در شرایط بسیار غیرواقعی، یعنی شرایطی که فرد مجاز به پیش بینی اطلاعات محیطی نیست، مورد مطالعه قرار داده‌اند؛ در صورتی که در فعالیت‌های ورزشی، اکثر محرکها قابل پیش بینی هستند (۲۳). روش پیش نشانه کردن پارامتر^۱ (۲۰، ۲۱) RT را در شرایطی واقعی‌تر مطالعه می‌کند. در این روش، قبل از محرک، اطلاعاتی جزئی یا کامل در مورد پاسخ مورد نظر ارائه می‌گردد.

روش پیش نشانه کردن پارامتر در ابتدا برای بررسی فرایند برنامه ریزی حرکتی^۲ ابداع شد. در حال حاضر مفهوم برنامه‌ی حرکتی کاملاً به اثبات رسیده؛ ولی فرایند تعیین پارامترهای برنامه حرکتی و نحوه‌ی آماده سازی آنها (فرایند برنامه ریزی حرکتی) چندان واضح نیست (۷). آزمایش‌هایی که با استفاده از این روش، جهت بررسی فرایند برنامه ریزی حرکتی انجام شده، کاهش RT با ارائه‌ی پیش‌نشانه را نشان داده است؛ ولی مکانیسم‌های زیربنایی این کاهش هنوز مورد بحث می‌باشد. به عنوان مثال، برخی محققان RT را تابعی از تعداد و نوع پارامترهای پیش نشانه شده دانسته و استدلال کردند که پیش نشانه اطلاعاتی در مورد پارامترهای پاسخ فراهم می‌کند و در نتیجه، فرایند آماده‌سازی حرکت را تسهیل می‌کند (۱، ۴، ۵، ۶، ۱۰، ۱۲، ۱۷، ۲۰، ۲۵).

در برخی مطالعات (۱، ۱۴) پیش نشانه حتی در شرایطی که هیچ پارامتر خاصی را مشخص نمی‌کرد، باعث کاهش RT شد و به این فرض منتهی گشت که بر اساس قانون هیک^۳ (۱۵) پیش نشانه‌ها تعداد انتخاب‌ها را کاهش داده و بدین ترتیب فرایند انتخاب پاسخ را تسریع می‌کنند. وقتی تعداد انتخاب‌ها ثابت نگهداشته و تعداد پارامترها تغییر داده شد، نتایج متناقضی بدست آمد. بعضی تحقیقات بین RT در شرایط دارای تعداد انتخاب ثابت و تعداد پیش‌نشانه‌ی متفاوت، اختلافی نیافتند (۱، ۵، ۱۴). ولی برخی نتیجه گرفتند که تعداد انتخاب‌ها و تعداد پارامترهای پیش‌نشانه شده به طور مستقل بر RT اثر می‌گذارند؛ بنابراین چنین استدلال کردند که پیش-نشانه‌ها می‌توانند در هر دو مرحله‌ی انتخاب پاسخ و آماده‌سازی حرکت عمل کنند (۷، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۶).

از طرف دیگر، باک و اورشیم^۴ (۱۱) دریافتند که پیش نشانه‌ها بر هیچ یک از این دو مرحله اثر نمی‌گذارند. آن‌ها برای ارزیابی نقش پیش‌نشانه در مرحله‌ی انتخاب پاسخ، تعداد انتخاب‌ها و دامنه‌ی فضایی پیش نشانه‌ها را به طور مستقل تغییر دادند و ملاحظه کردند RT به دامنه‌ی فضایی بستگی داشت، نه تعداد انتخاب‌ها. آن‌ها بر اساس نتایج تحقیق بعدی خود در این زمینه (۱۳)، اثر پیش‌نشانه‌ها را به مکانیسم‌های نیازمند توجه در مرحله‌ی پردازش ادراکی نسبت دادند.

1. Parameter precuing technique
 2. Motor programming
 3. Hick's law
 4. Bock & Eversheim

آنسون، هایلند، کوتتر و ویکنز^۱ (۷) به منظور روشن شدن ابهام و تناقض‌های موجود، کلیه عوامل اثرگذار را کنترل نموده و نتیجه گرفتند که زمان لازم برای برنامه ریزی "جهت" بیشتر از زمان لازم برای برنامه ریزی "فاصله" است. آن‌ها این تفاوت‌ها را بر اساس نظریه‌ی تجمع سلولی قشر^۲ (۲۴) تفسیر کردند. مطابق این نظریه، RT تابع میزان همپوشی بازنمایی‌های نورونی عضلات در قشر حرکتی مخ است. تحقیقات اخیر در سطح تحلیل رفتاری (۱)، (۲) و عصب‌شناختی (۸، ۹) نیز این توضیح را تایید کرده است؛ ولی در این تحقیقات اثر نوع پیش‌نشانه از میزان همپوشی تجمع‌های سلولی تفکیک نشده است. به عنوان مثال در تحقیقات آنسون و همکاران، وضعیت پیش‌نشانه‌ی جهت، دارای همپوشی زیاد و وضعیت پیش‌نشانه‌ی فاصله، دارای همپوشی کم بود؛ بنابراین نمی‌توان کمتر بودن RT در وضعیت دارای میزان همپوشی زیاد نسبت به وضعیت همپوشی کم را فقط به میزان همپوشی نسبت داد. شاید نوع پیش‌نشانه یا ترکیبی از دو متغیر، اختلاف ملاحظه شده را ایجاد کرده باشد. در تحقیق شجاعی (۲) نیز تغییر میزان همپوشی، بدون کنترل و ثابت نگهداشتن نوع پیش‌نشانه انجام شد. بنابراین بررسی اثر مستقل این دو متغیر، جهت رفع ابهام موجود در این زمینه، ضروری به نظر می‌رسد.

تحقیق حاضر در نظر دارد با تغییر میزان همپوشی تجمع‌های سلولی و ثابت نگهداشتن نوع پیش‌نشانه، تعداد پیش‌نشانه‌ها و تعداد انتخاب‌ها در یک آرایش سازگار محرک - پاسخ، اثر سطوح مختلف همپوشی را بر RT یک تکلیف تولید نیروی ایزومتریک بررسی نماید. فرض بر این است که در شرایط پیش‌نشانه‌ی یکسان، RT وضعیت دارای همپوشی کم به طور معنی‌داری بیشتر از همپوشی متوسط و RT وضعیت دارای همپوشی متوسط به طور معنی‌داری بیشتر از همپوشی زیاد است.

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

روش شناسی

شرکت کنندگان این تحقیق را ۱۸ (۹ مرد و ۹ زن) دانشجوی داوطلب سالم، راست دست، غیرورزشکار و فاقد هرگونه تجربه در تکالیف مشابه با تکلیف مورد بررسی تشکیل دادند. میانگین سن (\pm انحراف معیار) شرکت کنندگان $22/7 \pm 1/4$ سال بود.

1. Anson, Hyland, Kotter, & Wickens
2. Cortical cell assembly theory

در این تحقیق از دستگاه پیش نشانه کردن پارامتر در تکلیف تولید نیروی ایزومتریک (۱، ۳) استفاده شد. سخت افزار این دستگاه متشکل از دو دستگیره متصل به دو نیروسنج^۱ (مدل SBA-200L، ساخت کره)، یک دستگاه رایانه شامل دو نمایشگر (سطح ۱۷ اینچ)، جعبه رایانه، صفحه کلید، موشواره و دو بلندگو، همچنین یک تقسیم کننده ویدئو^۲ و پایه‌ای برای قرارگیری نمایشگر و اتصال نیروسنج‌ها بود. نرم افزار تهیه شده، امکان کنترل برنامه‌ی آزمون شامل ترتیب و زمان بندی ارائه‌ی اطلاعات صوتی و تصویری و اندازه گیری و ثبت متغیرهای وابسته را فراهم کرد.

شجاعی (۱، ۳) 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 نمود. حداقل ضریب ثبات محاسبه شده برای نرم افزار از طریق همبستگی درون رده‌ای^۳ (ICC) بر اساس مطالعه‌ی مقدماتی بر روی ۱۰ داوطلب، با استفاده از روش بازآزمایی ۰/۹۳ بود. علاوه بر این، از الکترومایوگرام^۴ (BM-300، ساخت ژاپن) با الکترودهای سطحی از نوع نقره - کلرید نقره (AgAgCl) برای ثبت فعالیت الکتریکی عضلات چرخش دهنده داخلی و خارجی بازو استفاده شد.

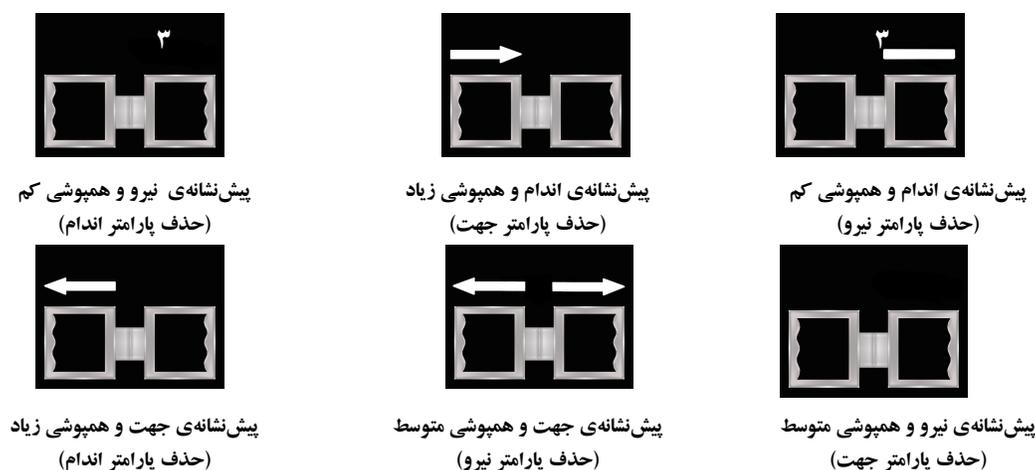
قبل از شروع آزمایش، یک مطالعه‌ی مقدماتی جهت بررسی شیوه‌ی اجرا، تعیین پایایی نرم افزار و تعداد نمونه بر روی ۱۰ داوطلب از جامعه‌ی مورد بررسی انجام شد. در این تحقیق، بجای متغیر کینماتیک فاصله که در بسیاری از تحقیقات گذشته بکار رفته، از متغیر کینتیک نیرو که دارای ارتباط بیشتری با فرایندهای عصبی است (۲۵)، استفاده شد. آزمایش در اتاقی تاریک و ساکت انجام شد. شرکت کننده‌ها بر روی یک صندلی دسته‌دار در مقابل دستگاه و در فاصله‌ی ۴۵ سانتی متری از صفحه‌ی نمایشگر نشستند. مطابق دستورالعمل آموزشی، شرکت کننده باید ساعد دو دست خود را روی دسته‌های صندلی قرار داده، دستگیره‌های متصل به نیروسنج را گرفته و بلافاصله پس از نمایش هدف، با حداکثر سرعت و دقت ممکن، نیروی معینی را با دست راست یا چپ، به سمت چپ یا راست وارد کرده و به وضعیت اول باز می‌گشت.

در مطالعه‌ی مقدماتی به منظور تایید این فرض که پاسخ با نیروهای متفاوت در هر جهت با استفاده از سطوح مختلف فعالیت یک گروه عضلات و بدون فعالیت مخالف انجام می‌شود، الکترومایوگرافی سطحی (EMG) از عضلات اصلی چرخش دهنده داخلی و خارجی بازوی راست یک داوطلب از جامعه‌ی مورد بررسی طی یک جلسه ۱۹۲ کوششی انجام گردید. الکتروود ثبات فعال روی شکم عضله‌ی مورد نظر و الکتروود ثبات مرجع

1. Load cell
 2. Video splitter
 3. Intraclass correlation
 4. Electromyogram

در محل اتصال عضله به تاندون به فاصله‌ی ۲cm از یکدیگر روی محور طولی عضله نصب گردید. الکتروود نواری شکل زمین نیز دور مچ دست بسته شد. پس از نصب الکتروودها، حساسیت، فیلتر حد بالا و پایین (به ترتیب ۲۰Hz و ۵۰۰Hz)، تقویت (۵۰۰ mV per division) و سایر شرایط دستگاه تنظیم شده و فعالیت الکتریکی عضلات مورد نظر با فراوانی نمونه‌گیری ۱۰۰۰Hz ثبت گردید. قبل از تجزیه و تحلیل‌های بیشتر، کل امواج یکسوسازی^۱ شد.

هر کوشش با نمایش طرحی از دستگیره‌ها در وسط صفحه‌ی نمایشگر و علامت‌هایی به عنوان پیش‌نشانه در بالای طرح مذکور به مدت تصادفی ۲۰۵۰ هزارم ثانیه آغاز شد. همزمان با ارائه این علائم پنج صدای بوق به ترتیب با فرکانس‌های ۱۰۰۰-۳۰۰۰ هرتز هر یک به مدت ۵۰ و فواصل ۴۵۰ هزارم ثانیه پخش شد. خطوط افقی در بالای دسته‌ی راست و چپ شکل، پیکان‌های دو طرف خطوط و اعداد ۳ و ۶ در وسط شکل، به ترتیب مشخص‌کننده پارامترهای اندام، جهت و مقدار نیرو بود. این مقادیر نیرو بر اساس مطالعه‌ی مقدماتی تعیین شد. شرکت‌کننده‌ها تحت شش وضعیت مختلف پیش‌نشانه (شکل ۱) قرار گرفتند: ۱) پیش‌نشانه‌ی اندام و همپوشی کم؛ ۲) پیش‌نشانه‌ی اندام و همپوشی زیاد؛ ۳) پیش‌نشانه‌ی نیرو و همپوشی کم؛ ۴) پیش‌نشانه‌ی نیرو و همپوشی متوسط؛ ۵) پیش‌نشانه‌ی جهت و همپوشی متوسط؛ و ۶) پیش‌نشانه‌ی جهت و همپوشی زیاد.



شکل ۱: نمونه‌ای از وضعیت‌های مختلف پیش‌نشانه.

در وضعیت ۱، شرکت‌کنندگان فقط باید مقدار نیروی معینی را وارد می‌کردند (در نیمی از کوشش‌ها ۳ و در نیمی دیگر ۶ کیلوگرم)؛ بنابراین پارامتر نیرو حذف شده و یک تکلیف ۴ انتخابی ایجاد شد (نامشخص بودن پارامتر اندام و جهت). سپس هنگام ارائه‌ی پیش‌نشانه، یکی از خطوط افقی راست یا چپ، اطلاعات قبلی در

1. Rectification

مورد پارامتر اندام فراهم کرد؛ بدین ترتیب دو پاسخ انتخابی (اعمال نیرو به سمت راست یا چپ) مستلزم گروه‌های عضلانی متفاوت با سطح فعالیت یکسان بود و مطابق نظریه‌ی تجمع سلولی قشر (۲۴) و تحقیقات آنسون و همکاران (۷-۹)، بین تجمع‌های سلولی قشر مربوط به دو پاسخ انتخابی، همپوشی کمی وجود داشت. به عبارت دیگر چون برنامه‌ی حرکتی مربوط به دو پاسخ انتخابی، نورون‌های مربوط به عضلات متفاوتی را فعال می‌کرد، میزان همپوشی بازنمایی‌های عضلانی در قشر مغز کم بود.

در وضعیت ۲، به شرکت کنندگان گفته شد که فقط باید در یک جهت نیرو وارد کنند (در نیمی از کوشش‌ها به طرف داخل و در نیمی دیگر به سمت خارج)؛ بنابراین پارامتر جهت حذف شده و یک تکلیف ۴ انتخابی (نامشخص بودن پارامتر اندام و نیرو) ایجاد شد. سپس مشابه وضعیت ۱ پارامتر اندام پیش‌نشانه شد. بدین ترتیب دو پاسخ انتخابی (اعمال نیرویی معادل ۳ یا ۶ کیلوگرم) مستلزم گروه‌های عضلانی یکسان با سطح فعالیت متفاوت بود و بنابراین همپوشی بازنمایی‌های نورونی عضلات در قشر حرکتی مغز زیاد بود (۷-۹، ۲۴). به عبارت دیگر، فرد قبل از ارائه‌ی محرک، نورون‌هایی را که عضلات مورد استفاده در تکلیف را بازنمایی می‌کرد (در یک نیمکره‌ی مغز) انتخاب می‌نمود و فقط برنامه ریزی مقدار نیرو یا سطح فعالیت این نورون‌ها باقی می‌ماند که پس از ارائه محرک انجام می‌شد. در واقع بین برنامه‌های حرکتی فراخوانی شده (برای دو پاسخ انتخابی) یا مجموعه نورون‌های فعال شده در قشر مغز پس از ارائه‌ی پیش‌نشانه همپوشی زیادی وجود داشت.

در وضعیت ۳، شرکت کنندگان فقط باید با یک دست (راست یا چپ) نیرو وارد می‌کردند؛ بنابراین پارامتر اندام حذف شده و یک تکلیف ۴ انتخابی ایجاد شد (نامشخص بودن پارامتر نیرو و جهت). سپس هنگام ارائه‌ی پیش‌نشانه، یکی از اعداد ۳ یا ۶، اطلاعات قبلی در مورد پارامتر نیرو را فراهم کرد؛ بدین ترتیب دو پاسخ انتخابی (اعمال نیرو به سمت راست یا چپ) مستلزم گروه‌های عضلانی متفاوت با سطح فعالیت یکسان بود و مشابه وضعیت ۱ بین تجمع‌های سلولی قشر مربوط به دو پاسخ انتخابی، همپوشی کمی وجود داشت (۷-۹، ۲۴). در وضعیت ۴، مشابه وضعیت ۲ پارامتر جهت حذف شده و پیش‌نشانه، یکی از مقادیر نیرو را نشان داد. دو پاسخ انتخابی، اعمال نیرو با دست راست یا چپ بود. در این وضعیت بدلیل ارتباط بازنمایی‌های عصبی اندام‌های مشابه و آماده سازی یک بازنمایی در اثر فعالیت دیگری (۲۲) و راه اندازی سریع‌تر تجمع‌های دارای ارتباط‌های بین نیمکره‌ای (مربوط به عضلات پروگزیمال) نسبت به تجمع‌هایی که فاقد این ارتباط‌ها هستند (مربوط به عضلات دیستال) (۲۴)، همپوشی بین مجموعه نورون‌های فعال شده مربوط به عضلات پروگزیمال یکسان (عضلات چرخش دهنده‌ی داخلی یا خارجی بازو) در دو نیمکره‌ی راست و چپ متوسط بود.

در وضعیت ۵، مشابه وضعیت ۱ پارامتر نیرو حذف شده و پیش نشانه، جهت اعمال نیرو را نشان داد. دو پاسخ انتخابی، اعمال نیرو با دست راست یا چپ و همپوشی تجمع‌های سلولی مشابه وضعیت ۴ متوسط بود. در وضعیت ۶، پارامتر اندام حذف و جهت پیش نشانه شد؛ بنابراین همپوشی تجمع‌های سلولی زیاد بود. پس از پایان بوق پنجم، پیش نشانه‌ها محو شده و محرک بعد از پیش دوره‌ای متغیر (با میانگین ۵۰۰ ms) به طور تصادفی از پیش تعیین شده ارائه شد. پس از پاسخ، بازخورد افزوده‌ی کمی پایانی، مقدار نیروی اعمال شده توسط فرد را در قسمت بالا و وسط صفحه نمایشگر ارائه کرد (فقط در کوشش‌های تمرینی جلسه اول). فاصله‌ی بین کوشش‌ها ۵S بود.

هر شرکت کننده در پنج جلسه در روزهای متوالی ۹۶۰ کوشش (هر جلسه ۶ دسته ۳۲ کوششی) انجام داد. پس از هر دسته کوشش، به منظور جلوگیری از خستگی عضلانی و خستگی ناشی از یکنواختی^۱ و همچنین ایجاد تعادلی بین این اثرات از یک طرف و اثر گرم کردن^۲ از طرف دیگر، بجای ۵S فاصله‌ی بین کوششی، استراحتی ۵ دقیقه‌ای ارائه شد. در هر دسته کوشش یک پارامتر حذف شد و دو وضعیت مربوط به آن با ترتیبی تصادفی ارائه شد؛ با این محدودیت که تعداد کوشش‌های مربوط به هر وضعیت پیش نشانه برابر بوده و پیش نشانه و هدف در دو کوشش متوالی، یکسان نبود. ترتیب ارائه‌ی دسته کوشش‌ها بین تمام شرکت کنندگان همتراز سازی متقابل شد. در هر کوشش، فاصله‌ی زمانی بین نمایش محرک و شروع پاسخ (اعمال نیرو^۳ به میزان حداقل ۰/۱kg) با تفکیک پذیری ۵۰ms به عنوان زمان واکنش (RT) و فاصله‌ی زمانی بین شروع پاسخ و به حداکثر رسیدن نیرو به عنوان زمان به حداکثر رسیدن نیرو^۴ (TP) با استفاده از نرم افزار تهیه شده مورد سنجش قرار گرفت.

قبل از تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، کوشش‌هایی که پاسخ آن‌ها نادرست بود (پاسخ با اندام اشتباه، به جهت اشتباه و با نیرویی به مقدار بیش از ۱۵%± نیروی هدف)، RT آن‌ها کمتر از ۱۰۰ms و بیشتر از ۱۰۰۰ms و یا TP آن‌ها بیش از ۱۰۰۰ms بود، خطا در نظر گرفته شد و RT این کوشش‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار نگرفت. داده‌های حاصل از کوشش‌های جلسه‌ی اول که برای آشنایی با ابزار و تکلیف و یادگیری ترجمه‌ی یک علامت بینایی به نیروی عضلانی انجام شد، نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار نگرفت. در وضعیت‌های دارای پیش نشانه‌ی یکسان، بررسی اثرات اصلی و متقابل میزان همپوشی و جلسه بر RT با استفاده از سه تحلیل واریانس ۲ (میزان همپوشی) در ۴ (جلسه) با سنجش‌های مکرر و آزمون تعقیبی توکی - کرامر^۵ (برای اثرات معنی‌دار) انجام شد.

1. Monotony
2. Warm-up decrement

۳. مقدار نیرو با فراوانی نمونه گیری ۲۰Hz و تفکیک پذیری ۰/۱kg اندازه گیری و ثبت شد.

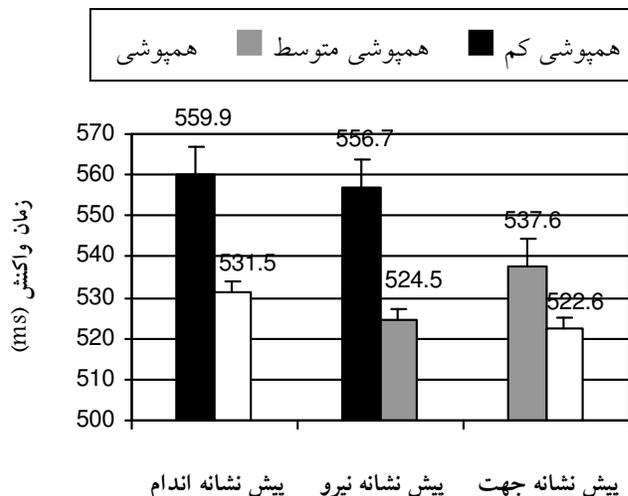
4. Time-to-Peak
5. Tukey-Kramer

TP به عنوان یک متغیر کمکی^۱ وارد تجزیه و تحلیل آماری شد. برای مقایسه تعداد خطاها در وضعیت‌های دارای پیش نشانه‌ی یکسان و همپوشی مختلف از آزمون رتبه‌های علامت گذاری شده جفت‌های جور شده ویلکاکسون^۲ استفاده شد. سطح معنی داری در کلیه‌ی آزمون‌ها $p < 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌های تحقیق

ثبت‌های EMG نشان دهنده‌ی متناسب بودن دامنه و زمان پاسخ EMG با مقدار نیروی اعمال شده و همچنین عدم هم انقباضی عضلات چرخش دهنده‌ی داخلی و خارجی بازو بود که درگیری گروه‌های عضلانی کاملاً متفاوت در اعمال نیرو به جهت‌های مختلف را تایید کرد.

شکل ۲ میانگین RT در وضعیت‌های مختلف پیش نشانه را نشان می‌دهد. نتایج به صورت میانگین \pm انحراف معیار ارائه شده است. مطابق این شکل، در وضعیت‌های دارای پیش نشانه‌ی اندام، میانگین RT وضعیت همپوشی کم ($509/9 \pm 18/9 \text{ms}$) بیشتر از همپوشی زیاد ($531/5 \pm 19/4 \text{ms}$)، در وضعیت‌های دارای پیش نشانه‌ی نیرو، میانگین RT وضعیت همپوشی کم ($506/7 \pm 14/1 \text{ms}$) بیشتر از همپوشی متوسط ($524/5 \pm 18/9 \text{ms}$) و در وضعیت‌های دارای پیش نشانه‌ی جهت، میانگین RT وضعیت همپوشی متوسط ($537/6 \pm 16/6 \text{ms}$) بیشتر از همپوشی زیاد ($522/6 \pm 21/4 \text{ms}$) بود.



شکل ۲: زمان واکنش در وضعیت‌های مختلف پیش نشانه.

برای تجزیه و تحلیل RT در وضعیت‌های مختلف، ابتدا پیش فرض طبیعی بودن توزیع در هر یک از سطوح متغیرهای مستقل با استفاده از آزمون یک نمونه‌ای کولموگروف - اسمیرنوف^۱ (K-S) و پیش فرض همگنی

1. Covariate
2. Wilcoxon matched-pairs signed-ranks

واریانس تفاوت‌ها (کرویت)^۲ با استفاده از آزمون ماچلی^۳ مورد تایید قرار گرفت ($p > 0.05$). در وضعیت‌های دارای پیش‌نشانه‌ی اندام، نتایج تحلیل واریانس ۲ (میزان همپوشی) در ۴ (جلسه) با سنجش‌های مکرر، اثر معنی دار میزان همپوشی ($F(1, 257) = 3.05$, $p = 0.011$) و جلسه ($F(3, 209) = 1/4$, $p = 0.004$) را نشان داد؛ ولی اثر متقابل آن‌ها معنی دار نبود ($p > 0.05$).

مطابق نتایج میانگین RT وضعیت همپوشی کم به طور معنی داری بیشتر از همپوشی زیاد بود. نتایج آزمون تعقیبی توکی - کرامر برای اثر معنی دار جلسه نشان داد که میانگین RT جلسه‌ی دوم به طور معنی داری بیشتر از جلسه‌ی چهارم ($t = 2/87$, $p = 0.021$) و پنجم ($t = 3/23$, $p = 0.007$) و RT جلسه‌ی سوم به طور معنی داری بیشتر از جلسه‌ی پنجم بود ($t = 3/02$, $p = 0.014$)؛ ولی بین میانگین RT جلسات دوم و سوم، سوم و چهارم و همچنین چهارم و پنجم اختلاف معنی داری وجود نداشت ($p > 0.05$).

در وضعیت‌های دارای پیش‌نشانه‌ی نیرو، نتایج تحلیل واریانس ۲ (میزان همپوشی) در ۴ (جلسه) با سنجش‌های مکرر، اثر معنی دار میزان همپوشی ($F(1, 241) = 40/9$, $p < 0.0001$) و جلسه ($F(3, 258) = 1/4$, $p < 0.0001$) را نشان داد؛ ولی اثر متقابل آن‌ها معنی دار نبود ($p > 0.05$).

مطابق نتایج، میانگین RT وضعیت همپوشی کم به طور معنی داری بیشتر از همپوشی متوسط بود. نتایج آزمون تعقیبی توکی - کرامر برای اثر معنی دار جلسه نشان داد که میانگین RT جلسه دوم به طور معنی داری بیشتر از جلسه‌ی چهارم ($t = 2/7$, $p = 0.035$) و پنجم ($t = 5/12$, $p < 0.0001$) و RT جلسه‌ی سوم به طور معنی داری بیشتر از جلسه‌ی پنجم بود ($t = 4/75$, $p < 0.0001$)؛ ولی بین میانگین RT جلسات دوم و سوم، سوم و چهارم و همچنین چهارم و پنجم اختلاف معنی داری وجود نداشت ($p > 0.05$).

در وضعیت‌های دارای پیش‌نشانه‌ی جهت، نتایج تحلیل واریانس ۲ (میزان همپوشی) در ۴ (جلسه) با سنجش‌های مکرر، اثر معنی دار میزان همپوشی ($F(1, 255) = 18/9$, $p = 0.049$) و جلسه ($F(3, 231) = 8/8$, $p < 0.0001$) را نشان داد؛ ولی اثر متقابل آن‌ها معنی دار نبود ($p > 0.05$).

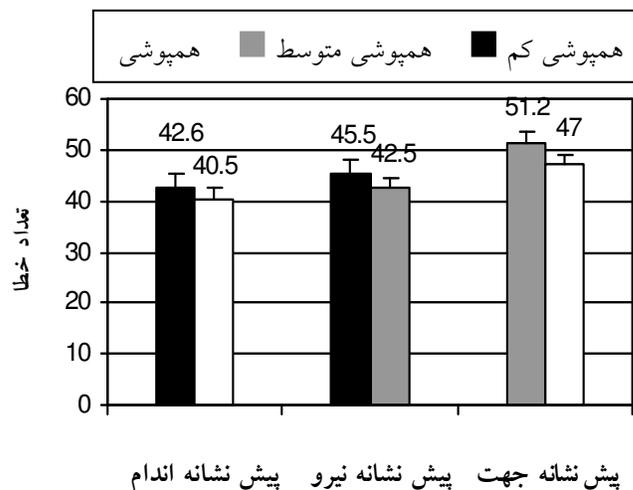
مطابق نتایج، میانگین RT وضعیت همپوشی متوسط به طور معنی داری بیشتر از همپوشی زیاد بود. نتایج آزمون تعقیبی توکی - کرامر برای اثر معنی دار جلسه نشان داد که میانگین RT جلسه‌ی دوم به طور معنی داری بیشتر از جلسه‌ی چهارم ($t = 3/34$, $p < 0.005$) و پنجم ($t = 4/95$, $p < 0.0001$) و RT جلسه‌ی سوم به طور معنی داری بیشتر از جلسه‌ی پنجم بود ($t = 3/89$, $p < 0.0006$)؛ ولی بین میانگین RT جلسات دوم و سوم، سوم و چهارم و همچنین چهارم و پنجم اختلاف معنی داری وجود نداشت ($p > 0.05$). نتایج فوق، فرضیه‌های تحقیق در خصوص

1. Kolmogrov-Smirnov
2. Sphericity
3. Mauchly

RT بیشتر در وضعیت همپوشی کم نسبت به متوسط و RT بیشتر وضعیت همپوشی متوسط نسبت به زیاد را تایید کرد.

مطابق نتایج در هر یک از وضعیت‌های پیش‌نشانه، RT طی ۱۲۸ کوشش کاهش یافت. جهت بررسی سرعت تغییر RT در وضعیت‌های مختلف، میانگین متحرک^۱ RT هر یک از وضعیت‌ها در دسته‌های ۱۰ کوششی متوالی محاسبه شد. رتبه‌ی میانگین متحرک هر وضعیت طی این کوشش‌ها ثابت بود. به منظور رسم بهترین خط برازش برای RT هر یک از وضعیت‌ها طی کوشش‌های متوالی، از رگرسیون حداقل مجذورات استفاده شد. بین شیب خطوط رگرسیون اختلاف قابل ملاحظه‌ای وجود نداشت. این نتیجه مؤید آن است که سرعت تغییر در وضعیت‌های مختلف پیش‌نشانه مشابه بود.

شکل ۳ میانگین تعداد خطاها در وضعیت‌های مختلف پیش‌نشانه را نشان می‌دهد. آزمون رتبه‌های علامت گذاری شده جفت‌های جور شده و یلکاکسون برای مقایسه‌ی میانه‌ی تعداد خطاها در وضعیت‌های دارای پیش‌نشانه‌ی یکسان و همپوشی مختلف نشان داد که در وضعیت‌های دارای پیش‌نشانه‌ی اندام، بین تعداد خطاهای وضعیت همپوشی کم و زیاد، در وضعیت‌های دارای پیش‌نشانه‌ی نیرو، بین تعداد خطاهای وضعیت همپوشی کم و متوسط و در وضعیت‌های دارای پیش‌نشانه‌ی جهت، بین تعداد خطاهای وضعیت همپوشی متوسط و زیاد اختلاف معنی داری وجود نداشت (بترتیب $Z = -0.74, p = 0.44$; $Z = -0.22, p = 0.61$; $Z = -0.24, p = 0.75$).



شکل ۳: تعداد خطاها در وضعیت‌های مختلف پیش‌نشانه.

1. Moving average

بحث و نتیجه گیری

طرح تحقیق حاضر برای تفکیک اثر نوع پیش نشانه از میزان همپوشی تجمع‌های سلولی بر RT طراحی شد و وضعیت‌های پیش نشانه‌ی مختلف، امکان مقایسه‌ی میزان همپوشی در شرایط پیش نشانه‌ی یکسان را فراهم ساخت. بر اساس نتایج، در وضعیت‌های دارای پیش نشانه‌ی یکسان، میانگین RT وضعیت همپوشی زیاد به طور معنی داری کمتر از همپوشی متوسط، وضعیت همپوشی زیاد به طور معنی داری کمتر از همپوشی کم و وضعیت همپوشی متوسط به طور معنی داری کمتر از همپوشی کم بود ($P < 0.05$). این یافته‌ها با نظریه‌ی تجمع سلولی قشر (۲۴) و نتایج آنسون و همکاران (۷-۹) و شجاعی (۱، ۲) همخوانی داشت. ولی در این تحقیقات تغییر میزان همپوشی تجمع‌های سلولی با تغییر در نوع پیش نشانه همراه بوده و اثر این دو متغیر از یکدیگر قابل تفکیک نبوده است.

بر اساس نظریه‌ی تجمع‌های سلولی قشر در خصوص برنامه ریزی حرکتی (۲۴)، پارامتر جهت به وسیله‌ی انتخاب نوروتهایی که عضلات مورد نظر را بازنمایی می‌کنند، پارامتر اندام به وسیله‌ی انتخاب نوروتهای مربوط به عضلات یکسان در نیمکره‌ی مورد نظر و پارامتر مقدار نیرو به وسیله‌ی سطح فعالیت این نوروتهای طی اجرای تکلیف تعیین می‌گردد. در وضعیت‌هایی که پارامتر مقدار نیرو نامشخص بود (وضعیت ۲ و ۶)، نوروتهای بازنمایی کننده‌ی عضلات مورد استفاده در تکلیف (در یک نیمکره) از قبل انتخاب می‌شد و فقط برنامه ریزی مقدار نیرو یا سطح فعالیت این نوروتهای باقی می‌ماند که پس از ارائه‌ی محرک انجام می‌گرفت. احتمالاً مقدار نیرو به روشی تعمیم یافته در قشر حرکتی برنامه ریزی می‌شود؛ یعنی در فاصله‌ی بین ارائه‌ی پیش نشانه و محرک، به طور همزمان دو برنامه‌ی حرکتی برای دو پاسخ ممکن فراخوانی و آماده می‌شود که در نوروتهای بازنمایی کننده‌ی عضلات و نیمکره‌ی مورد نظر اشتراک دارند و تفاوت آنها فقط در سطح فعالیت این نوروتهاست. مطابق نتایج، این وضعیت‌ها باعث بیشترین کاهش در RT شد. آنسون و همکاران (۷) و لاریش و فرکنی^۱ (۱۷) برنامه ریزی همزمان دو پاسخ هنگام پیش نشانه کردن یک پارامتر را مورد تأیید قرار دادند و بیان کردند که برنامه ریزی همزمان دو پاسخ در جهت یکسان ساده‌تر از دو پاسخ در جهت‌های مختلف است و زمان کمتری صرف می‌کند. اولریخ، لئوتولد و سامر^۲ (۱۶) نیز آماده سازی موازی دو دست هنگام پیش نشانه‌ی جهت را با استفاده از بررسی پتانسیل‌های مغزی مربوط به حرکت تأیید کردند. جنترز و لئوتولد^۳ (۱۶) نیز بر اساس تحقیق خود استدلال کردند که هنگام پیش نشانه کردن جهت پاسخ، دو برنامه‌ی حرکتی مختلف مربوط به سیستم‌های حرکتی چشم و دست به طور همزمان در سطح انتزاعی فعال می‌شود.

1. Larish & Frekany
2. Ulrich, Leuthold, and Sommer
3. Jentzsch & Leuthold

به همین ترتیب، وقتی پارامتر اندام نامشخص بود (وضعیت ۴ و ۵)، نورون‌های بازنمایی کننده‌ی عضلات یکسان در هر دو نیمکره فعال می‌شد؛ یعنی دو برنامه‌ی حرکتی یا تجمع سلولی در مناطق مشترکی از قشر مغز (مربوط به عضلات یکسان) و با سطح فعالیت یکسان در این نورون‌ها، به طور همزمان آماده می‌شد و فقط انتخاب نیمکره‌ی مورد نظر باقی می‌ماند که بعد از ارائه‌ی محرک انجام می‌گرفت. با توجه به ارتباط بین بازنمایی‌های عصبی اندام‌های مشابه در دو نیمکره‌ی مغز و فعالیت تجمع سلولی یک نیمکره با فعالیت و آماده سازی تجمع سلولی نیمکره‌ی دیگر (۲۲)، میزان همپوشی بین این تجمع‌های سلولی که در فاصله‌ی بین ارائه‌ی پیش‌نشانه و محرک آماده سازی می‌شد، متوسط بود. RT در این وضعیت نیز نسبت به دو وضعیت دیگر متوسط بود. در وضعیتی که جهت نامشخص بود (وضعیت ۱ و ۳)، احتمالاً پارامتر مورد نظر به روشی تعمیم یافته در مناطق حرکتی مربوط به عضلات آگونیسست و آنتاگونیسست برنامه ریزی می‌شود؛ یعنی بعد از پیش‌نشانه، به طور همزمان دو تجمع سلولی مربوط به عضلات مختلف در یک نیمکره‌ی مغز فعال می‌گردد. بنابراین نیمکره و سطح فعالیت نورون‌ها در این دو تجمع سلولی یکسان است؛ ولی نورون‌ها متفاوتند. به عبارت دیگر، میزان همپوشی بازنمایی‌های نورونی عضلات در قشر مغز کم است. در این وضعیت، بیشترین RT مشاهده شد.

به طور کلی، نتایج نشان داد که هر چه میزان همپوشی افزایش یافت، RT کوتاه‌تر شد؛ به عبارت دیگر، تغییرات RT تابعی از میزان همپوشی بازنمایی‌های عضلانی در قشر مغز بود. بر اساس نظریه‌ی تجمع سلولی قشر، احتمالاً هر چه میزان همپوشی تجمع‌های سلولی فعال شده در فاصله‌ی زمانی ارائه‌ی پیش‌نشانه و محرک بیشتر باشد، سطح فعالیت نورون‌های آماده سازی^۱ بیشتر شده و در نتیجه، تجمع سلولی به نقطه‌ی آتش^۲ نزدیک‌تر می‌گردد. نزدیک‌تر شدن تجمع سلولی به نقطه‌ی آتش، گسترش فعالیت به کل نورون‌های تجمع سلولی و راه اندازی کامل آن را سریع‌تر می‌کند و RT کاهش می‌یابد.

یکی از تفاسیر دیگر فرایند برنامه ریزی حرکتی این است که هنگام ارائه‌ی پیش‌نشانه‌ها، یک برنامه برای پارامترهای مشخص آماده می‌شود و پارامتر نامشخص، هنگام ارائه‌ی محرک تنظیم می‌گردد (۷). طبق این تفسیر، در وضعیت‌هایی که پارامترهای پیش‌نشانه شده، در سطوح بالاتر سلسله مراتب فرایند برنامه ریزی حرکتی قرار گرفته باشند (مثل پیش‌نشانه‌ی جهت)، RT به میزان بیشتری کاهش می‌یابد. چون هزینه‌ی آماده سازی پارامترهایی که در سطح بالاترند، بیشتر است، هنگام پیش‌نشانه شدن آن‌ها، در زمان آماده سازی حرکت پس از ارائه‌ی محرک بیشتر صرفه جویی می‌شود. با توجه به این که در تحقیق حاضر در برخی وضعیت‌ها نوع پیش‌نشانه یکسان، ولی میزان همپوشی و همچنین RT متفاوت بود، این تفسیر مورد تایید قرار نگرفت.

1. Preparatory neurons
2. Flash point

همان طور که در نتایج ملاحظه شد، در وضعیت‌های دارای پیش‌نشانه‌ی یکسان، بین تعداد خطاها در وضعیت‌های دارای میزان همپوشی مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در تحقیقات گذشته تأثیر میزان همپوشی تجمع‌های سلولی بر تعداد خطاها مورد بررسی قرار نگرفته است. یافته‌های مربوط به تعداد خطاها در این تحقیق نشان می‌دهد که نتایج تجزیه و تحلیل‌های مربوط به **RT** تحت تأثیر مبادله‌ی سرعت - دقت در وضعیت‌های مختلف قرار نگرفته است.

پیشنهادات عملی و آموزشی در حیطه‌ی ورزش مستلزم تحقیقات کاربردی بر روی اثر همپوشی تجمع‌های سلولی بر **RT** تکالیف ورزشی است. بعلاوه، با توجه به این که در تحقیق حاضر با تثبیت هر نوع پیش‌نشانه فقط دو سطح همپوشی تجمع‌های سلولی ایجاد شد و امکان مقایسه سطوح مختلف میزان همپوشی در یک نوع پیش‌نشانه میسر نبود، پیشنهاد می‌گردد که طرح تحقیقی جهت تغییر میزان همپوشی بازنمایی‌های عضلانی در قشر مغز و ایجاد سطوح مختلف آن با ثابت نگهداشتن یک نوع پیش‌نشانه برنامه ریزی و اجرا گردد.

منابع و مآخذ:

۱. شجاعی، معصومه. (۱۳۸۲). تاثیر میزان همپوشانی بازنمایی های عضلانی در قشر مغز بر زمان واکنش: استفاده از روش پیش نشانه کردن پارامتر برای بررسی نظریه‌ی تجمع سلولی قشر. رساله‌ی دکتری چاپ نشده، دانشگاه تهران.
۲. شجاعی، معصومه. (۱۳۸۳). تاثیر میزان همپوشانی بازنمایی‌های نورونی عضلات در قشر حرکتی مغز بر زمان واکنش. المپیک، ۱۲(۴)، ۳۰-۱۷.
۳. شجاعی، معصومه. (۱۳۸۳). دستگاه پیش نشانه کردن پارامترهای حرکت انسان در تکلیف تولید نیرو. شماره‌ی ثبت: ۳۰۱۳۱.
۴. شجاعی، معصومه، و واعظ موسوی، سید محمد کاظم. (۱۳۸۳). اثر نوع پارامترهای پیش‌نشانه شده بر زمان واکنش تکلیف تولید نیرو. المپیک، ۱۲(۲)، ۹۷-۱۱۲.
۵. شجاعی، معصومه، و واعظ موسوی، سید محمد کاظم. (۱۳۸۴). اثر تعداد پارامترهای پیش نشانه شده مستقل از تعداد پاسخ‌های انتخابی بر زمان واکنش تکلیف تولید نیرو. علوم حرکتی و ورزش، ۶، ۹۵-۱۰۵.
۶. شیخ، محمود، و شجاعی، معصومه. (۱۳۸۲). اثر تعداد پارامترهای پیش‌نشانه شده بر زمان واکنش تکلیف تولید نیرو. حرکت، ۱۸، ۳۹-۲۵.
7. Anson, J.G., Hyland, B.I., Kotter, R., & Wickens, J.R. (2000). Parameter precuing and motor preparation. *Motor Control*, 4, 221-231.
8. Anson, J.G., Hyland, B.I., Wickens, J.R. & Hight, D.F. (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., Wickens, J.R., Hyland, B.I. & Hight, D.F. (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., & Arnold, K. (1992). Motor control prior to movement onset: Preparatory mechanisms for pointing at visual targets. *Experimental Brain Research*, 90, 209-216.
11. Bock, O., & Eversheim, U. (2000). The mechanisms of movement preparation: A precuing study. *Behavioural Brain Research*, 108(1), 85-90.
12. Bonnet, M., Requin, J., & Stelmach, G.E. (1982). Specification of direction and extent in motor programming. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 19(1), 31-34.
13. Eversheim, U. & Bock, O. (2002). The role of precues in the preparation of motor responses in humans. *Journal of Motor Behavior*, 34(3), 271-276.
14. Goodman, D., & Kelso, J.A.S. (1980). Are movements prepared in parts? Not under compatible (naturalized) conditions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109(4), 475-495.
15. Hick, W.E. (1952). On the rate of gain of information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 4, 11-26.
16. Jentzsch, I., & Leuthold, H. (2002). Advance movement preparation of eye, foot, and hand: A comparative study using movement-related brain potentials. *Cognitive Brain Research*, 14(2), 201-217.
17. Larish, D.D., & Frekany, G.A. (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.
18. Lepine, D., Glencross, D., & Requin, J. (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.
19. Olivier, I., & Bard, C. (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.
20. Rosenbaum, D.A. (1980). Human movement initiation: Specification of arm, direction, and extent. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109(4), 444-474.
21. 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.

22. Rosenbaum, D. A. (1991). *Human motor control*. California, SD: Academic Press.
23. Schmidt, R.A., & Lee, T.D. (1999). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
24. Wickens, J., Hyland, B., & Anson, G. (1994). Cortical cell assemblies: A possible mechanism for motor program. *Journal of Motor Behavior*, 26(2),66-82.
25. 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.
26. Zelaznik, H.N., & Hahn, R. (1985). Reaction time methods in the studying of motor programming: The precuing of hand, digit, and duration. *Journal of Motor Behavior*, 17, 190-218.