المپیک
فصلنامه
سال دوازدهم ـ شماره ۴ (پیاپی ۲۸) زمستان ۱۳۸۳

تاثیر میزان همپوشی بازنمایهای نورونی عضلات در قشر حرکتی مغز برزمان واکنش

❖ **دکتر معصومه شجاعی**، دانشگاه الزهرا (س)
❖ **دکتر سید محمد کاظم واعظ موسوی**، دانشگاه امام حسین (ع)

فهرست :

چکیده ۱۷
مقدمه ۱۸
روش شناسی تحقیق ۲۰
یافته‌های تحقیق ۲۲
بحث و نتیجه‌گیری ۲۵
منابع و مآخذ ۲۹

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

چکیده: یکی از موضوعاتی که هنوز به طور کامل و دقیق شناخته نشده است و سئوالات بسیاری درمورد آن وجود دارند، فرایند برنامه ریزی حرکتی است. نتایج تحقیقاتی که با استفاده از روش پیش نشانه کردن پارامتر انجام شده‌اند، مبین ارتباط بین زمان واکنش (RT)، تعداد و نوع پارامترهای پیش نشانه شده هستند. ولی درخصوص تفاوت اثر پیش نشانهٔ پارامترهای گوناگون بر RT، توضیحات متفاوتی وجود دارد. تحقیق حاضر، به منظور آزمون این فرضیه انجام شد که RT، تابع میزان همپوشی بازنمایهای نورونی عضلات در قشر حرکتی مغز است. یک طرح تحقیقی سه عاملی آمیخته، روی ۱۶ دانشجوی داوطلب (۸ مرد و ۸ زن)، غیر ورزشکار راست دست در دامنهٔ سنی ۲۰ تا ۲۵ ساله اجرا شد. آزمودنیها پنج جلسه در روزهای متوالی، مجموعاً ۲۴۰۰ کوشش (هر جلسه ۴ دستهٔ ۱۲۰ کوششی) را با وضعیتهای دارای میزان همپوشی متفاوت، روی دستگاه پیش نشانه کردن پارامتر انجام دادند. تمرین مورد نظر به تولید نیروی ایزومتریکی معین (۳ یا ۶ کیلوگرم) به سمت داخل یا خارج، با اندام فوقانی راست یا چپ با حداکثر سرعت و دقت ممکن پس از ارائهٔ پیش نشانه‌ها و محرک نیاز داشت. زمان واکنش آزمودنیها درسطوح متفاوت متغیر مستقل، با استفاده از روش آماری تحلیل واریانس سه عاملی (میزان همپوشی × جنس× جلسه) و با سنجشهای مکرر دو عامل (میزان همپوشی و جلسه) تجزیه و

تحلیل شد. نتایج نشان دادند که دراین تکلیف، RT تابعی از میزان همپوشی بازنمایهای عضلانی در قشر حرکتی بود ($p<0/05$). این یافته‌ها، با نظریهٔ تجمع سلولی قشر در مورد برنامه ریزی حرکتی (ویکنز و همکارانش، ۱۹۹۴) همخوانی داشتند. اثر اصلی جنس بر RT معنادار نبود ($p>0/05$)، ولی اثر متقابل میزان همپوشی و جنس، همچنین اثر اصلی جلسه معنا دار بود ($p<0/05$). نتایج با استفاده از نظریهٔ تجمع سلولی قشر، مورد بحث قرار گرفتند.

واژه گان کلیدی: آماده سازی حرکتی، بازنمایهای عضلانی، پارامترهای حرکت، تکلیف تولید نیرو، روش پیش نشانه کردن پارامتر، زمان واکنش، نظریهٔ تجمع سلولی قشر

مقدمه

فرایند **برنامه ریزی حرکتی**[1]، یکی از موضوعات مورد بحث در علم کنترل به شمار می‌رود. این مفهوم که حرکات سریع به صورت کلی به وسیلهٔ یک **بازنمایی انتزاعی**[2] به نام **برنامهٔ حرکتی**[3] کنترل می‌شوند، کاملاً به اثبات رسیده است (**کیل**[4]، ۱۹۶۸؛ **وودورث**[5]، ۱۸۹۹). ولی تعیین پارامترهای برنامه ریزی شده و نحوهٔ آماده سازی آنها (فرایند برنامه ریزی حرکتی) چندان واضح نیست.

روزنبام[6] (۱۹۸۰، ۱۹۸۳) برای بررسی این فرایند، روشی را به نام «**روش پیش نشانه کردن پارامتر**»[7] ابداع کرد. در این روش قبل از ارائهٔ محرک، اطلاعاتی جزئی یا کامل در مورد پاسخ، با یک علامت یا پیش نشانه فراهم می‌شود. محرک همهٔ نشانه‌های لازم را برای مشخص کردن پاسخ ارائه می‌دهد. به عقیدهٔ روزنبام، اگر پارامترهای خاصی از حرکت مورد نظر، قبل از شروع آن شناخته شوند، می‌توان بخشهایی از برنامهٔ حرکتی را از قبل آماده کرد. بنابراین، زمان واکنش (RT) زمان آماده سازی پارامتر نامشخص را نشان می‌دهد و کوتاه‌تر از شرایط بدون پیش نشانه خواهد بود.

بیشتر آزمایشهایی که با این روش انجام شده‌اند، مبین ارتباط بین RT افراد طبیعی با تعداد (آنسون و همکارانش، ۲۰۰۰؛ بونت، رکویین و استلمچ[8]، ۱۹۸۲؛ جنتزش و لئوتولد[9]، ۲۰۰۲؛ روزنبام، ۱۹۸۰، ۱۹۸۳؛ شیخ و شجاعی، زیر چاپ؛ گودمن و کلسو[10]، ۱۹۸۰؛ لریش و فرکنی[11]، ۱۹۸۵) و نوع پارامترهای پیش نشانه شده است (اسپیجکرز[12]، ۱۹۹۰؛ باک و اورشیم[13]، ۲۰۰۰؛ پراکتور و ریو[14]، ۱۹۸۶؛ پروتیو و گیروارد[15]، ۱۹۸۴؛ دورنیر و ریو[16]، ۱۹۹۰؛ روزنبام، ۱۹۸۰؛

1. Motor programming
2. Abstract representation
3. Motor Program
4. Keele
5. Woodworth
6. Rosenbaum
7. Parameter precuing technique
8. Bonnet, Requin, & Stelmach
9. Jentzsch & Leuthold
10. Goodman & Kelso
11. Larish & Frekany
12. Spijkers
13. Bock & Eversheim
14. Proctor & Reeve
15. Proteau & Girouard
16. Dornier & Reeve

ریو و پراکتور، ۱۹۸۴؛ زلازنیک و هن[1]، ۱۹۸۵؛ شجاعی و واعظ موسوی، زیر چاپ؛ گودمن و کلسو، ۱۹۸۰؛ نیکالتی و یومیلتا[2]، ۱۹۸۴ و ۱۹۸۵). درمورد علت تفاوت اثر انواع گوناگون پارامترهای پیش نشانه شده، توضیحات متفاوتی ارائه شده است و در خصوص علت واقعی و اصلی آن، بحث و مجادله ادامه دارد. به عقیدهٔ برخی محققان، تحقیقاتی که از روش پیش نشانه کردن استفاده کرده‌اند، RT در آن نه تنها تحت تأثیر فرایندهای برنامه‌ریزی حرکتی قرار گرفته، بلکه فرایندهای غیر حرکتی شناسایی محرک و انتخاب پاسخ نیز بر آن اثر گذاشته است (اسپیجکرز، ۱۹۹۰؛ باک و اورشیم، ۲۰۰۰؛ پراکتور و ریو، ۱۹۸۶؛ پروتیو و گیروارد، ۱۹۸۴؛ دورنیر و ریو، ۱۹۹۰؛ ریو و پراکتور، ۱۹۸۴؛ زلازنیک، شاپیرو و کارتر، ۱۹۸۲؛ زلازنیک وهن، ۱۹۸۵؛ گودمن و کلسو، ۱۹۸۰؛ لریش ۱۹۸۰؛ لریش و فرکنی، ۱۹۸۵؛ نیکالتی و یومیلتا، ۱۹۸۴، ۱۹۸۵). این فرایندهای غیر حرکتی، ممکن است تحت تأثیر تعداد پاسخهای انتخابی و **سازگاری محرک و پاسخ**[3] قرارگیرند. ازاین رو، برخی محققان این تفاوت اثر را ناشی از کنترل نشدن و ثابت نبودن تعداد پاسخهای انتخابی در شرایط متفاوت آزمایش عنوان کرده‌اند (زلازنیک و همکارانش، ۱۹۸۲). بعضی از محققان نیز، این اثر را حاصل ناسازگاری محرک و پاسخ فرض کرده‌اند (گودمن و کلسو، ۱۹۸۰؛ لریش، ۱۹۸۶). تحقیقاتی که این دو عامل اثر گذار را کنترل کرده‌اند، بازهم تفاوت معنا داری را بین RT در شرایطی که پارامترهای گوناگون پیش نشانه می‌شدند، ملاحظه کردند (لریش، ۱۹۸۶؛ لریش و فرکنی، ۱۹۸۵). سپس توضیح دیگری، حاکی از اینکه «برنامه ریزی پارامترهای حرکت به صورت سلسله مراتبی انجام می‌شود»، مطرح شد که بعدها نیز مورد سئوال و تردید قرار گرفت. زیرا برخی از تحقیقات، با وجود سازگاری محرک و پاسخ، همچنین ثابت بودن تعداد محرک و پاسخ، هیچ تفاوتی را در زمان برنامه ریزی پارامترهای گوناگون به دست نیاوردند (پروتیو و گیروارد، ۱۹۸۴). برخی محققان (دورنیر و ریو، ۱۹۹۰؛ نیکالتی و یومیلتا، ۱۹۸۵) تفاوت اثر انواع گوناگون پارامترهای حرکت را بر RT در آزمایشهای قبلی چنین تفسیر کرده‌اند، احتمالاً در شرایطی که ارتباط محرک و پاسخ مستقیم است (سازگار است)، آرایشهای گوناگون فضایی محرک و پاسخ (چپ - راست یا بالا - پایین) باعث تفاوت میزان سازگاری آنها می‌شوند، از این رو، این تفاوتها نتیجهٔ اثر سازگاری (تأثیر فرایندهای غیر حرکتی تصمیم‌گیری) است، نه فرایندهای برنامه ریزی.

تحقیقات بعدی که به منظور روشن شدن ابهامها و تناقضهای موجود انجام شدند، ضمن کنترل تمام عاملهای اثر گذار وجود این تفاوتها را آشکار کردند (آنسون و همکارانش، ۲۰۰۰؛ **لپین، گلن کراس و ریکوبین**[4]، ۱۹۸۹). **آنسون و همکارانش** (۲۰۰۰) نتیجه گرفتند که زمان لازم برای برنامه ریزی عامل «جهت» بیشتر از زمان لازم برای برنامه ریزی عامل «مسافت» است. آخرین توضیحی که در مورد این تفاوتها، آنسون و همکارانش (۲۰۰۰) ارائه دادند، براساس «**نظریهٔ تجمع سلولی قشر**»[5] است. طبق نظریهٔ تجمع سلولی قشر (**ویکنز، هایلند و آنسون**[6]، ۱۹۹۴)، زمان واکنش نیز تابع میزان همپوشی بازنمایهای عضلانی در قشر است. این دیدگاه تاکنون

1. Zelaznic & Hahn
2. Nicoletti & Umilta
3. Sitmulus - response compatibility
4. Lepine, Glencross, & Requin
5. Cortical cell assembly theory
6. Wickens, Hyland, & Anson

به طور مستقیم مورد آزمون قرار نگرفته است؛ یعنی هیچ تحقیقی مستقیماً میزان همپوشی بازنمایی‌های عضلانی در قشر مغز را تغییر نداده و اثر آن را به طور مستقیم بر زمان واکنش بررسی نکرده است. سؤال اصلی تحقیق این است که تغییر میزان همپوشی تجمعهای سلولی در قشر مخ، چه اثری بر زمان واکنش خواهد داشت؟

تحقیق حاضر، به منظوربررسی تأثیر میزان همپوشی بازنمایی‌های نورونی عضلات در قشر حرکتی مغز، جنس، جلسه و اثر متقابل بین آنها بر RT یک تمرین تولید نیرو با استفاده از یک **طرح سه عاملی آمیخته**[1] (ترکیبی از **طرح درون گروهی**[2] و **بین گروهی**[3]) انجام شد، با این فرض که RT در وضعیت دارای همپوشی زیاد، کوتاه‌تر ازوضعیت دارای همپوشی متوسط و کم؛ RT وضعیت دارای همپوشی متوسط، کوتاه‌تر از وضعیت دارای همپوشی کم و RT مردان در تمام وضعیتهای گفته شده کمتر از زنان است.

روش شناسی تحقیق

آزمودنیها

آزمودنیهای این تحقیق را ۱۶ دانشجوی داوطلب سالم (هشت مرد با میانگین سن ۳/۱ ± ۲۲/۶ سال، میانگین قد ۱cm ۴/۶ ± ۱۷۰، میانگین وزن ۵kg / ۳ ± ۶۳/۱ و هشت زن با میانگین سن ۱/۶ ± ۲۲/۹ سال، میانگین قد ۹cm ۴/۴ ± ۱۵۸/۴ و میانگین وزن ۲kg ۴/۳ ± ۵۸/۳)، غیر ورزشکار و راست دست تشکیل دادند که دارای مشاغل بدنی نبودند، دارو مصرف نمی‌کردند و به مواد مخدر، الکل، سیگار و... اعتیاد نداشتند.

ابزار

ابزار اندازه‌گیری متغیرهای وابسته و دستکاری تجربی، «**دستگاه پیش نشانه کردن پارامتر**[4]» بود که محقق آن را طراحی کرد و سخت‌افزار و نرم افزارآن را شرکت «ساتراپ» ساخت. سخت‌افزار دستگاه شامل چهار بخش **نیروسنج**[5]، نمایشگر رایانه‌ای، یک سیستم کامل رایانه‌ای، و چاپگر بود. نرم‌افزار دستگاه نیز، امکان کنترل برنامهٔ آزمون شامل ترتیب و زمانبندی ارائهٔ پیامهای صوتی و دیداری (پیش نشانه‌ها، محرک و باز خورد) و در نهایت سنجشها و ثبت آنها را فراهم می‌آورد. نیرو سنج دارای دو دسته بود که به پایه‌ای ثابت متصل می‌شد و نیروی کشش و فشار هر یک از اندامهای فوقانی را با دقت ۰/۱ کیلوگرم می‌سنجید. نمایشگر رایانه‌ای نیز روی همان پایهٔ ثابتی که ارتفاع آن قابل تنظیم بود، قرارداشت. در هر کوشش، طرحی از نیرو سنج، علامتهایی به عنوان پیش نشانه و محرک روی نمایشگر ظاهر می‌شد. دو خط افقی دربالای دستهٔ راست و چپ این شکل، اندام پاسخ را مشخص می‌کرد. دو پیکان به سمت خارج و داخل در دو طرف خطوط، مشخص کننده جهت اعمال نیرو بود. دو عدد ۳ و ۶ در وسط شکل، مقادیر مورد نظر نیرو را نمایش می‌داد. علاوه بر این علامتها، مقدار نیروی اعمال شده از آزمودنی در هر کوشش، به عنوان باز خورد افزودهٔ کینتیکی، کمی و پایانی، در قسمت بالا و وسط صفحه نشان داده می‌شد. کنترل زمان شروع برنامه، ذخیره و چاپ داده‌ها به وسیلهٔ سیستم رایانه‌ای که در مقابل آزمونگر (محقق) بود، انجام می‌گرفت. چاپگر نیز اطلاعات مربوط به هر کوشش را چاپ می‌کرد. **ضریب ثبات**

1. Mixed three- factorial design
2. Within groups design
3. Between groups design
4. Parameter precuing apparatus
5. Dynamometer

بازآزمایی[1]، ۰/۹۳ برآورد شد. از دیگر ابزارهای سنجش، می‌توان از ابزارهای **آنتروپومتری**[2] یا پیکر سنجی نام برد که شامل: قد سنج، ترازو، متر مخصوص، **کالیپر لغزشی میله‌ای**[3] یا پیکر سنج **تیغه‌دار**[4]، کالیپر لغزشی کوچک و **کالیپر باز شونده**[5] بود.

شیوهٔ اجرا

ابتدا اطلاعات لازم درمورد تحقیق دراختیار داوطلبان قرارگرفت. آنها پس از امضای فرم رضایتنامه متعهد شدند: از هر گونه فعالیت بدنی شدید یا مشابه تکلیف تجربی و تصویر سازی تکلیف اجتناب کنند، تغذیه و خواب کافی داشته باشند؛ در صورت مصرف هر داروی اثر گذار بر هوشیاری یا وقوع هر حادثه و اتفاق غیر منتظره‌ای که ذهن آنها را بسیار درگیر کند و تمرکز و توجه آنها را تحت تأثیر قرار دهد، محقق را در جریان بگذارند.

به منظور کنترل متغیر جرم اندام مجری، از داوطلبان پیکر سنجی شد که شامل اندازه گیری قد، وزن، فاصلهٔ شانه تا آرنج، فاصلهٔ آرنج تا مچ دست، طول دست، عرض شانه، پهنای آرنج، پهنای مچ دست، محیط شانه، محیط سینه، محیط بازو، محیط ساعد و محیط مچ دست بود. افرادی که اندازه‌های آنتروپومتری آنها بیش از یک انحراف معیار با میانگین اندازه‌های افراد شرکت کننده در تحقیق راهنما تفاوت داشت، به عنوان آزمودنی پذیرفته نشدند.

سپس آزمودنیها **تکلیف زمان واکنش تولید و تنظیم نیرو**[6] را درشرایط محرک - پاسخ سازگار به مدت پنج جلسه درپنج روز متوالی (هر جلسه، چهار دستهٔ ۱۲۰ کوششی) انجام دادند. محقق ازآزمودنیها خواست که با حداکثر سرعت ممکن، به محرک دیداری پاسخ دهند و تلاش کنند که تعداد خطاهایشان کمتر از ۱۰ درصد باشد. علاوه بر این، به محض وارد کردن نیروی مورد نظر درهر کوشش، اعمال نیرو را قطع کنند. در هر کوشش، دو یا سه پارامتر پیش نشانه می‌شد و همزمان با ارائهٔ پیش نشانه، پنج صدا به ترتیب با فرکانسهای کم به زیاد، مجموعاً به مدت ۲۰۵۰ ms پخش می‌شد. در وضعیت پیش نشانه، «سه پارامتر» پیش نشانه تمام اطلاعات مربوط به محرک و پاسخ را قبل از ارائهٔ محرک در اختیار آزمودنی قرار داد و تعداد انتخابها را به یک کاهش داد و RT حاصل، RT ساده‌ای بود. دروضعیت پیش نشانهٔ «اندام و جهت»، پیش نشانه قبل از ارائهٔ محرک، اطلاعاتی درمورد اندام و جهت پاسخ ارائه می‌کرد و آزمودنی فقط باید در مورد مقدارنیروی لازم (۳ یا ۶ کیلوگرم) تصمیم می‌گرفت. در این وضعیت میزان همپوشی بازنمایهای عضلانی در قشر مغز زیادمی شد، زیرا آزمودنی قبل از ارائهٔ محرک، نورونهایی را انتخاب می‌کرد که عضلات مورد استفاده در تمرین آنها را بازنمایی می‌کردند (در یک نیمکرهٔ مغز) و فقط، برنامه ریزی مقدار نیرو یا سطح فعالیت این نورونها باقی می‌ماند که پس از ارائهٔ محرک انجام می‌شدند. در واقع پس از ارائهٔ پیش نشانه، همپوشی زیادی بین برنامهٔ حرکتی فراخوانی شده (برای دو پاسخ انتخابی) یا مجموعه نورونهای فعال شده در قشر مغز وجود داشت. پیش نشانه در وضعیت پیش نشانهٔ «جهت و مقدارنیرو» اطلاعاتی در مورد جهت و مقدار نیروی لازم برای پاسخ ارائه می‌داد و آزمودنی فقط باید اندام مجری (راست یا چپ) را پس از ارائهٔ محرک انتخاب

1. Test-retest method
2. Anthropometry
3. Sliding -beam caliper
4. Blade anthropometer
5. Spreading caliper
6. Reaction time of force production and regulation task

می‌کرد. در این وضعیت، میزان همپوشی بازنمایهای عضلانی درقشر مغز متوسط بود؛ زیرا به عقیدهٔ **ربیت، فیرنلو و وایاس**[1] (به نقل از روزنبام، ۱۹۹۱، ص ۲۶۱) بازنمایهای عصبی اندامهای مشابه به هم مرتبطند و فعالیت یک بازنمایی عصبی دیگری را آماده می‌کند. علاوه بر این، به عقیدهٔ **ویکنز** و همکارانش (۱۹۹۴) تجمعهای دارای ارتباطهای بین نیمکره‌ای (مربوط به عضلات پروگزیمال) سریع‌تر از تجمعهای فاقد این ارتباطها (مربوط به عضلات دیستال) راه‌اندازی می‌شوند. بنابراین، به دلیل وجود ارتباط عملی بین اندامهای مشابه، همپوشی بین مجموعهٔ نورونهای فعال شدهٔ مربوط به به عضلات پروگزیمال یکسان (عضلات چرخش دهندهٔ داخلی یا خارجی بازو) در دو نیمکرهٔ راست و چپ، متوسط بود. پیش نشانهٔ در وضعیت پیش نشانهٔ «اندام و مقدارنیرو» اطلاعاتی درمورد اندام و مقدار نیروی مورد نظر برای پاسخ ارائه می‌دهد و آزمودنی فقط باید جهت اعمال نیرو را پس از ارائهٔ محرک انتخاب کند؛ یعنی براساس محرکهای ارائه شده، تصمیم بگیرد نیرو سنج را فشار دهد یا آن را بکشد. از این رو، چون برنامهٔ حرکتی مربوط به دو پاسخ انتخابی، نورونهای مربوط به عضلات متفاوتی را فعال می‌کرد، میزان همپوشی بازنمایهای عضلانی در قشر مغز کم بود. در این شرایط، برنامه ریزی جهت به روشی تعمیم یافته دربخشهای مربوط به عضلات گوناگون در قشر حرکتی یک نیمکرهٔ مغز انجام می‌شود (ویکنز و همکارانش ۱۹۹۴). سپس پیش نشانه‌ها خاموش می‌شوند پس از پیش دوره‌های متغیر (با میانگین ۵۰۰ ms) محرک ارائه می‌شد. فاصلهٔ بین کوششها، ۵ ثانیه و استراحت بین دسته کوششها ۵ دقیقه بود. درهر دسته کوشش، ۱۲۰ حالت متفاوت و پیش دوره‌های متغیر به صورت تصادفی و ازپیش تعیین شده ارائه شدند. پس ازپایان آزمونها درهر جلسه (۴۸۰ کوشش)، تمام اطلاعات مربوط به تک تک کوششها چاپ شدند.

روش تجزیه وتحلیل آماری

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) و RT آنها کمتر از ۱۰۰ ms و بیشتر از ۱۰۰۰ ms بودند (براساس **دورنیر و ریو**[2]، ۱۹۹۰)، خطا در نظر گرفته شدند و RT این کوششها تجزیه و تحلیل نشد. داده‌های حاصل از آزمونهای جلسهٔ اول که به منظور آشنایی آزمودنیها با تکلیف و ابزار انجام شدند نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار نگرفتند. سپس از تحلیل واریانس سه عاملی (میزان همپوشی (۳) × جنس (۲) × جلسه (۴)) با **تکرار سنجش دو عامل میزان همپوشی** و **جلسه**[3] استفاده شد. به دلیل اثر MT بر RT، MT به عنوان یک **متغیر کمکی**[4] وارد تجزیه و تحلیل آماری شد و با کنترل این متغیر، اثر خالص سایر عاملها بر RT به دست آمد. براساس مقادیر انتخابی در بیشتر تحقیقات مربوط به موضوع سطح معنا دار $p< ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

یافته های تحقیق

نتایج تحلیل آماری نشان دادند که اثر اصلی میزان همپوشی معنا دار بود ($p< ۰/۰۵$) (جدول ۱). بنابراین، فرضیهٔ صفر «نبودن تفاوت معنا دار بین RT در وضعیتهای دارای میزان همپوشی متفاوت» مورد

1. Rabbitt, Fearnlev, & Vyas
2. Dornier & Reeve
3. Three factor experiment with repeated measures on two factor
4. Covariate

جدول ۱. خلاصهٔ تحلیل واریانس سه عاملی با تکرار سنجش دو عامل

منبع تغییرات	df	F	p
اثر متغیر کمکی زمان حرکت	۱	۲۸۵/۸۵	<۰/۰۰۰۱
آثار درون گروهی			
میزان همپوشی	۲	۸/۶۳	۰/۰۰۰۲
جلسه	۳	۲/۹۳	۰/۰۳۲۵
آثار بین گروهی			
جنس	۱	۰/۰۲	۰/۸۹۴۲
آثار متقابل			
میزان همپوشی × جنس	۲	۳/۹۶	۰/۰۱۹۱
میزان همپوشی × جلسه	۶	۰/۷۸	۰/۵۸۶۲
جنس × جلسه	۳	۳۰/۴۸	<۰/۰۰۰۱

تأیید قرار نگرفت؛ یعنی میانگین RT حداقل در دو وضعیت از سه وضعیت بالا با یکدیگر تفاوت معنا داری داشت. مقایسه‌های دو به دوی وضعیتها به وسیلهٔ **آزمون تعقیبی توکی - کرامر**[1] نشان دادند که تفاوت میانگینها در این سه وضعیت با آنچه انتظار می‌رفت، همخوانی داشت.

نتایج مقایسه‌های دو به دوی وضعیتها در جدول ۲ نشان داده شده‌اند. تفاوت بین میانگین RT در وضعیت همپوشی زیاد و کم ($P< ۰/۰۵$) و همچنین وضعیت همپوشی متوسط و کم ($P< ۰/۰۵$) معنا دار بود. به عبارت دیگر، میانگین RT وضعیت همپوشی زیاد (۵۴۴/۴۷۸ ms) به طور معنا داری کوتاه‌تر از وضعیت همپوشی کم (۵۶۳/۰۲۲ ms) و میانگین RT وضعیت همپوشی متوسط (۵۴۶/۴۳۲ ms) به طور معنا داری کمتر از وضعیت همپوشی کم بود. ولی بین میانگین RT دو وضعیت همپوشی زیاد و متوسط تفاوت معنا داری وجود نداشت (شکل ۱).

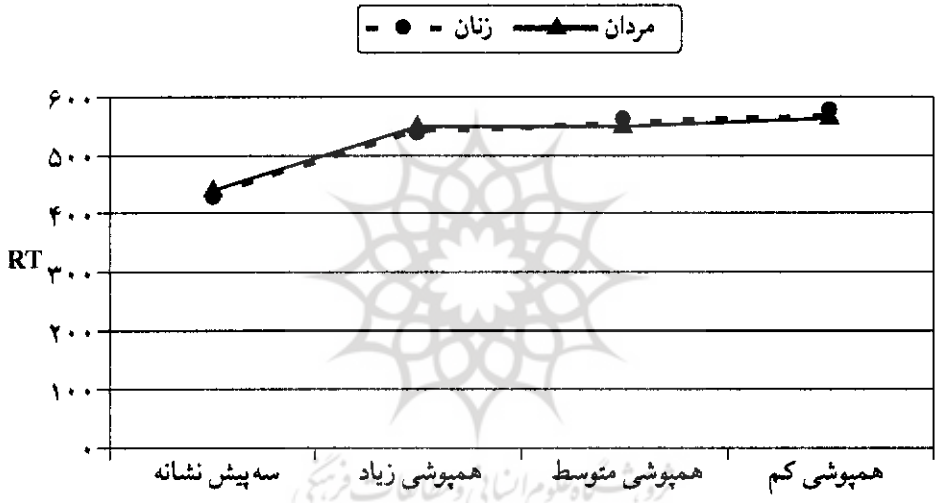
براساس اطلاعات جدول ۱، اثر عامل «بین گروهی جنس» معنا دار نبود ($p< ۰/۰۵$)؛ یعنی بین زمان واکنش دو انتخابی مردان وزنان در وضعیتهای دارای میزان همپوشی گوناگون، تفاوت معنا داری وجود نداشت. ولی اثر متقابل میزان همپوشی × جنس معنا دار بود ($p< ۰/۰۵$). به عبارت دیگر، با احتمال خطای کمتر از ۰/۰۵ تفاوت بین زمان واکنش دو انتخابی در وضعیتهای دارای میزان همپوشی متفاوت، به جنسیت بستگی داشت.

به منظورنشان دادن تفاوت بین میانگین وضعیتهای گوناگون زنان و مردان، از آزمون تعقیبی توکی - کرامر برای تحلیل استفاده شد. نتایج این مقایسه‌های متقابل در جدول ۳ نشان داده شده‌اند. همان طور که در این

1. Tukey - Kramer post hoc

جدول ۲. تحلیل تفاوت بین میانگینهای RT برای اثر اصلی میزان همپوشی بازنمایی‌های نورونی عضلات در قشر مغز

اثر	وضعیت	تفاوت میانگینها	خطای استاندارد	df	t	p
میزان همپوشی بازنمایی‌های نورونی عضلات در قشر مغز	زیاد ـ متوسط	-۱/۹۵۳	۴/۳۱۴	۳۷۹۸	-۰/۸۳	۰/۶۸۶۳
	زیاد ـ کم	-۱۸/۵۴۳	۴/۳۴۷	۳۷۹۹	-۳/۹۶	۰/۰۰۰۲
	متوسط ـ کم	-۱۶/۵۹۰	۴/۳۹۵	۳۷۹۹	-۳/۱۱	۰/۰۰۵۴



شکل ۱. میانگین زمان واکنش مردان و زنان در هر یک از وضعیتهای دارای میزان همپوشی متفاوت

جدول ملاحظه می‌شود، بین میانگین RT زنان در وضعیتهای دارای همپوشی زیاد و کم، همچنین بین میانگین RT مردان در وضعیتهای دارای همپوشی متوسط و کم تفاوت معنا داری وجود دارد ($p< ۰/۰۵$).

مطابق جدول ۱، اثر اصلی عامل درون گروهی جلسه معنا دار بود ($p< ۰/۰۵$)؛ بدین معنا که میانگین RT حداقل در دو جلسه از چهار جلسهٔ مورد بررسی، با یکدیگر تفاوت معنا داری داشت. برای تعیین جلساتی که به طور معنا داری با یکدیگر تفاوت داشتند، آزمون تعقیبی توکی - کرامر - انجام شد. نتایج این مقایسه‌ها برای اثر اصلی جلسه، در جدول ۴ نشان داده شده‌اند.

همان طور که در جدول ۴ ملاحظه می‌شود، بین میانگین RT در جلسات دو و پنج تفاوت معنا داری وجود دارد ($p< ۰/۰۵$). طبق نتایج، RT در وضعیتهای دارای میزان همپوشی متفاوت، از جلسهٔ دوم تا پنجم کاهش یافت (به ترتیب ۵۷۰/۱۰۶ ms، ۵۴۷/۱۴۳ ms، ۵۵۴/۸۳۸ ms، ۵۳۴/۶۱۲ ms).

جدول ۳. نتایج تحلیل مقایسه های متقابل برای اثر متقابل میزان همپوشی × جنس

اثر	جنس	همپوشی	جنس	همپوشی	تفاوت میانگینها	خطای استاندارد	df	t	p
میزان	زن	زیاد	زن	متوسط	-۱۵/۴۸۳	۶/۳۱۴	۳۷۹۸	-۲/۴۵	۰/۱۳۹۰
همپوشی × جنس	زن	زیاد	زن	کم	-۲۴/۹۹۸	۶/۴۰۸	۳۷۹۹	-۳/۹۰	۰/۰۰۱۴
	زن	زیاد	مرد	زیاد	-۱۵/۲۰۶	۱۶/۰۸۰	۱۶/۸	-۰/۹۵	۰/۹۳۴۵
	زن	زیاد	مرد	متوسط	-۶/۸۵۸	۱۶/۰۹۲	۱۶/۸	-۰/۴۳	۰/۹۹۸۲
	زن	زیاد	مرد	کم	-۲۴/۶۴۴	۱۶/۰۸۶	۱۶/۸	-۱/۵۳	۰/۶۴۳۵
	زن	متوسط	زن	کم	-۹/۵۱۵	۶/۵۰۷	۳۷۹۸	-۱/۴۶	۰/۶۸۸۴
	زن	متوسط	مرد	زیاد	۰/۲۷۶	۱۶/۱۲۷	۱۷	۰/۰۲	۱/۰۰۰۰
	زن	متوسط	مرد	متوسط	۸/۶۲۵	۱۶/۱۳۵	۱۷	۰/۵۳	۰/۹۹۴۸
	زن	متوسط	مرد	کم	-۹/۱۶۲	۱۶/۱۳۳	۱۷	-۰/۵۷	۰/۹۹۳۱
	زن	کم	مرد	زیاد	۹/۷۹۱	۱۶/۱۶۲	۱۷/۱	۰/۶۱	۰/۹۹۰۷
	زن	کم	مرد	متوسط	۱۸/۱۴۰	۱۶/۱۷۳	۱۷/۲	۱/۱۲	۰/۸۷۲۶
	زن	کم	مرد	کم	۰/۳۵۳	۱۶/۱۶۹	۱۷/۲	۰/۰۲	۱/۰۰۰۰
	مرد	زیاد	مرد	متوسط	۸/۳۴۹	۵/۸۶۸	۳۷۹۸	۱/۴۲	۰/۷۱۳۱
	مرد	زیاد	مرد	کم	-۹/۴۳۸	۵/۸۷۶	۳۷۹۹	-۱/۶۱	۰/۵۹۴۵
	مرد	متوسط	مرد	کم	-۱۷/۷۸۷	۵/۹۰۶	۳۷۹۹	-۳/۰۱	۰/۰۳۱۳

جدول ۴. تحلیل تفاوت بین میانگینها RT برای اثر اصلی جلسه

اثر جلسه	تفاوت میانگینها	خطای استاندارد	df	t	p
۳_۲	۲۲/۹۶۴	۵/۲۱۳	۳۸۰۵	۱/۱۱	۰/۶۸۴۴
۴_۲	۱۵/۲۶۸	۵/۱۲۷	۳۸۰۰	۲/۲۹	۰/۱۰۱۳
۵_۲	۳۵/۴۹۴	۵/۲۷۸	۳۸۰۹	۲/۶۴	۰/۰۴۱۱
۴_۳	-۷/۶۹۶	۵/۰۰۲	۳۸۰۶	-۱/۱۹	۰/۶۳۴۲
۵_۳	۱۲/۵۳۰	۴/۹۵۵	۳۸۰۱	۱/۶۵	۰/۳۵۱۰
۵_۴	۲۰/۲۲۶	۵/۰۵۶	۳۸۱۰	۰/۴۴	۰/۹۷۱۴

براساس اطلاعات جدول ۱، اثر متقابل میزان همپوشی × جلسه معنا دار نبود ($p> ۰/۰۵$)؛ ولی اثر متقابل جنس × جلسه معنا دار بود ($p< ۰/۰۵$). به این دلیل که بررسی این آثار متقابل، مد نظر محقق نبوده‌اند، تحلیل این مقایسه ها ارائه نشده است.

بحث و نتیجه گیری

در وضعیتی که تمام پارامترها پیش نشانه شدند (تعداد و نوع پارامترها از قبل مشخص بود)، فقط یک انتخاب وجود داشت (وضعیت RT ساده). بنابراین، آماده سازی هر سه پارامتر قبل از شروع محرک انجام

شد و در نتیجه، RT این وضعیت کمتر از سایر وضعیتها بود(۴۳۳/۱۶ ms). ولی وقتی در وضعیتهای دارای میزان همپوشی متفاوت، دو پارامتر پیش نشانه شد، مدت آماده سازی به طور معنا داری افزایش یافت. تفاوت بین RT ساده و این سه وضعیت را می‌توان مربوط به زمان لازم برای فرایندهای آماده سازی حسی، برای انتخاب هدف صحیح، تأخیر پردازش بینایی در بازشناسی و انتخاب گزینهٔ صحیح دانست (یعنی تأخیر به واسطهٔ تعداد گزینه ها). اگر تغییرات RT فقط به واسطهٔ افزایش تعداد گزینه ها بودند، انتظار می‌رفت که RT این سه وضعیت دو انتخابی مشابه باشند، در صورتی که چنین نبود. RT این سه وضعیت به طور معنا داری متفاوت بود. بنابراین، به نظر می‌رسد که علاوه بر تعداد گزینه ها، متغیر یا متغیرهای دیگری بر فرایند آماده سازی اثر می‌گذارند. وقتی «جهت و اندام» مشخص و «مقدار نیرو» نامشخص بود، RT نسبت به RT ساده ۱۱۱/۳۲ ms افزایش یافت.

وقتی «جهت و مقدار نیرو» مشخص و «اندام» نامشخص بود، مدت آماده سازی ۱۱۳/۲۷ ms بیشتر شد و زمانی که «اندام و مقدار نیرو» مشخص و «جهت» نامشخص بود، RT افزایشی برابر با ۱۲۹/۸۶ ms داشت. باید توجه داشت که وقتی «جهت» نامشخص بود، افزایش بیشتری در RT صورت می‌گرفت. به نظر می‌رسد که آماده سازی «جهت» بیش از آماده سازی «مقدار نیرو» و «اندام»، نیاز به زمان دارد. به همین ترتیب، زمان لازم برای آماده سازی «مقدار نیرو» کمتر از سایر پارامترها بود. نتایج مربوط به وضعیت های دارای میزان همپوشی متفاوت نشان دادند. میانگین RT در وضعیت دارای همپوشی زیاد به طور معنا داری کوتاه‌تر از وضعیت دارای همپوشی کم (۰/۰۰۰۲ =p، ۳/۹۶ -= t)، میانگین RT در وضعیت دارای همپوشی متوسط به طور معنا داری کمتر از وضعیت دارای همپوشی کم بود (۰/۰۰۵ = p، ۳/۱۱ -= t)، ولی بین میانگین دو وضعیت دارای همپوشی زیاد و متوسط تفاوت معنا داری وجود نداشت (۰/۶۸۶ = P، ۰/۸۳ -= t). این نتایج با نظریهٔ تجمعهای سلولی قشر ویکنز و همکاران (۱۹۹۴) و نتایج آنسون و همکارانش (۲۰۰۰) همخوانی داشت. براساس نظریهٔ تجمعهای سلولی قشر که در خصوص برنامه ریزی حرکتی است (ویکنز و همکاران، ۱۹۹۴) پارامتر «جهت» به وسیلهٔ انتخاب نورونهایی که عضلات مورد نظر را بازنمایی می‌کنند، پارامتر «اندام» به وسیلهٔ انتخاب نورونهای مربوط به عضلات یکسان در نیمکره مورد نظر و پارامتر «مقدار نیرو» به وسیله سطح فعالیت این نورونها در اجرای تکلیف تعیین می‌شوند. در وضعیتی که پارامتر «مقدار نیرو» نامشخص بود، نورونهای بازنمایی کنندهٔ عضلات مورد استفاده در تکلیف (در یک نیمکره) از قبل انتخاب می‌شدند و فقط برنامه ریزی مقدار نیرو یا سطح فعالیت این نورونها باقی می‌ماند که پس از ارائهٔ محرک انجام می‌گرفت. احتمالاً «مقدار نیرو» به روشی تعمیم یافته در قشر حرکتی برنامه ریزی می‌شود؛ یعنی در فاصلهٔ بین ارائه پیش نشانه و محرک که به طور همزمان دو برنامهٔ حرکتی برای دو پاسخ ممکن فراخوانی و آماده می‌شود و در نورونهای بازنمایی کنندهٔ عضلات و نیمکرهٔ مورد نظر اشتراک دارند و تفاوت آنها نیز فقط در سطح فعالیت این نورونهاست. آنسون و همکارانش (۲۰۰۰)، **لریش و فرکنی** (۱۹۸۵) برنامه ریزی همزمان دو پاسخ را هنگام پیش نشانه کردن یک پارامتر تأیید کرده و بیان داشته‌اند، برنامه ریزی همزمان دو پاسخ در جهت یکسان، ساده‌تر از دو پاسخ در جهتهای متفاوت است و زمان کمتری هم صرف می‌کند.

مک کی، بونت، اولریخ و همکارانش (به نقل از جنتزش و لئوتولد، ۲۰۰۲، ص ۲۰۴) نیز آماده سازی

موازی دو دست را هنگام پیش نشانهٔ جهت، با استفاده از بررسی پتانسیلهای مغزی مربوط به حرکت تأیید کرده‌اند. **جنتزش و لئوتولد** (۲۰۰۲) نیز براساس تحقیق خود استدلال کرده‌اند که هنگام پیش نشانه کردن جهت پاسخ، دو برنامهٔ حرکتی متفاوت مربوط به سیستمهای حرکتی چشم و دوست، به طور همزمان در سطح انتزاعی فعال می‌شوند. بنابراین، به نظر می‌رسد که همپوشی زیاد بازنمایهای نورونی عضلات در قشر مغز، باعث کاهش زیاد RT می‌شود. به همین ترتیب، وقتی پارامتر «اندام» نامشخص بود نورونهای بازنمایی کنندهٔ عضلات یکسان، درهر دو نیمکره فعال می‌شدند؛ یعنی دو برنامهٔ 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 نیمکرهٔ مورد نظر باقی می‌ماند که بعد از ارائهٔ محرک انجام می‌گرفت. با توجه به ارتباط بین بازنمایهای عصبی اندامهای مشابه در دو نیمکرهٔ مغز و فعالیت تجمع سلولی یک نیمکره با فعالیت و آماده سازی تجمع سلولی نیمکرهٔ دیگر (ربیت و همکاران، به نقل از روزنبام، ۱۹۹۱، ص ۲۶۱)، میزان همپوشی بین این تجمعهای سلولی که در فاصلهٔ بین ارائهٔ پیش نشانه 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، احتمالاً پارامتر مورد نظر به روشی تعمیم یافته در مناطق حرکتی مربوط به عضلات آگونیست و آنتاگونیست برنامه ریزی می‌شود؛ یعنی بعد از پیش نشانه، به طور همزمان دو تجمع سلولی مربوط به عضلات گوناگون در یک نیمکرهٔ مغز فعال می‌شود. بنابراین، نیمکره و سطح فعالیت نورونها در این دو تجمع سلولی یکسان و نورونها متفاوتند. به عبارت دیگر، میزان همپوشی بازنمایهای نورونی عضلات در قشر مغز کم است. در این وضعیت، بیشترین RT مشاهده شده است. به طور کلی، براساس نظریهٔ تجمعهای سلولی قشر می‌توان گفت، تغییرات RT تابعی از میزان همپوشی بازنمایهای عضلانی در قشر مغز است.

تفسیر دیگر این است که هنگام ارائهٔ پیش نشانه‌ها، برنامه‌ای برای پارامترهای مشخص شده آماده می‌شود و پارامتر نامشخص، هنگام ارائهٔ محرک تنظیم می‌شود (آنسون و همکاران، ۲۰۰۰). طبق این تفسیر، در وضعیتهایی که پارامترهای پیش نشانه شده، در سطوح بالاتر سلسله مراتب فرایند برنامه ریزی حرکتی قرار می‌گیرند (مثل پیش نشانهٔ جهت)، RT به میزان بیشتری کاهش می‌یابد. چون هزینهٔ آماده سازی پارامترهایی که در سطح بالاترند بیشتر است، هنگام پیش نشانه شدن آنها، در زمان آماده سازی حرکت پس از ارائهٔ محرک بیشتر صرفه جویی می‌شود.

نتایج تحقیق نشان دادند که بین میانگین RTزنان و مردان در وضعیتهای دارای پیش نشانهٔ دو پارامتر، تفاوت معنا داری وجود نداشت ($p = ۰/۸۹۴$، $F_{(۱, ۱۳/۸)} = ۰/۰۲$). این نتایج با یافته‌های **تایملا**[1] (۱۹۹۲)، **دانهام**[2] (۱۹۷۷)، **فولتون و هوبارد**[3] (۱۹۷۵)، **هادکینز**[4] (۱۹۶۳)، **رنگازاس**[5] (۱۹۵۷)، **مایلز**[6] (۱۹۲۹) و **واتکینسون**[7] (۱۹۹۷) همخوانی نداشت. ناهمخوانی نتایج مربوط به اثر اصلی جنس بر RT با نتایج تحقیقات قبلی را می‌توان به تفاوت روش مورد استفاده یابه نوع تکلیف نسبت داد. تحقیقات

1. Taimela
2. Dunham
3. Fulton & Hubbard
4. Hodgkins
5. Rangazas
6. Meles
7. Watkinson

قبلی، RT زنان و مردان را در یک تکلیف زمان واکنش، بدون استفاده از روش پیش نشانه کردن پارامتر مقایسه کرده بود. و بیشتر آنها از تکلیف های متفاوتی نسبت به تکلیف مورد نظر در این تحقیق استفاده کرده بودند. شاید هم ویژگی این نمونهٔ آماری، به دلیل انتخاب داوطلبانه آن است یا به دلیل اثر متقابل این انتخاب و متغیر مستقل، نتیجهٔ بالا به دست آمده و از میزان تعمیم پذیری نتایج کاسته است. به علاوه دلیل دیگر آن ممکن است، این باشد که زنان از سن ۱۵ تا ۱۷ سالگی RT سریع تری نسبت به مردان دارند و RT زنان در حدود ۲۰ سالگی متوقف می شود اما در مردان ادامه می یابد (فولتون و هوبارد، ۱۹۷۵؛ مایلز، ۱۹۲۹) اما در این تحقیق RT آزمودنیهای زن (میانگین سن ۱/۶ ± ۲۲/۹ سال) متوقف شد و RT آزمودنیهای مرد (میانگین سن ۱/۳ ± ۲۲/۶ سال) در حال پیشرفت بود، به حدی که برتری زنان از بین رفته بود و RT آنها تفاوت معنا داری با هم نداشت.

با توجه به اینکه در وضعیتهای مورد بررسی این تحقیق، علاوه بر متفاوت بودن میزان همپوشی بازنمایهای عضلانی در قشر، نوع پیش نشانه ها نیز متفاوت بود. این سؤال مطرح می شود که کدام یک از این دو متغیر، RT را تحت تأثیر قرار داده اند؟ بنابر این، پیشنهاد می شود که برای تفکیک اثر نوع پیش نشانه از میزان همپوشی، طرح تحقیقی برای ثابت نگهداشتن پیش نشانه ها و تغییر میزان همپوشی بازنمایهای عضلانی در قشر مغز، برنامه ریزی و اجرا شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع و مآخذ

۱ . شجاعی ، معصومه و واعظ موسوی، سید محمد کاظم . (زیرچاپ) . اثر نوع پارامتر پیش نشانه شده بر زمان واکنش یک تکلیف تولید نیرو، المپیک .

۲ . شیخ، محمود و شجاعی ، معصومه . (زیر چاپ) . اثر تعداد پارامترهای پیش نشانه شده بر زمان واکنش تکلیف تولید نیرو ، حرکت .

3. Anson, J. G. , Hyland, B. I. , Kotter, R. , & Wickens, J. R. (2000). Parameter precuing and motor Preparation. Motor Control, 4: 221-213

4. Bock, O. , & Eversheim, U. (2000). The mechanisms of movement preparation: A precuing study. Behavioural Brain Research. 108(1): 85-90

5. Bonet, M. Requin, J. & Stelmach, G. E. (1982). Specification of direction and extent in motor programming. Bulletin of the Psychonomic Society. 19(1 . 31-34

6. Dornier, L. A. , & Reeve, T. G. (1990). Evaluation of compatibility effects in the precuing of arm and direction parameters. Research Quarterly for Exercise and Sport. 61(1): 37-49

7. Dunham, P. (1977). The effect of sex, stimulus and subject movement on reaction time and movement time. Abstracts AAHPER. 93

8. Fulton, C. D. , & Hubbard, W. A. (1975). Effect of puberty on reaction and movement time. Research Quarterly. 46: 335-344

9. 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

10. Hodgkins, J. (1963). Reaction time and speed of movement in males and females of various ages. Research Quarterly. 34: 335-343

11. 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

12. Keele, S. W. (1968). Movement control in skilled motor performance. Psychological Bulletin. 70: 387-403

13. 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

14. Larish, D. D. , & Frekany, G. A. (1985). Planning and preparing expected and unexpected movements: Reexamining the relationships of arm, direcion, and extent of movement. Journal of Motor Behavior. 17(2): 168-189

15. 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

16. Miles, W. L. (1929). Ocular dominance demonstrated by unconscious sighting. Journal of Expremental Psychology. 12: 113-120
17. Nicoletti, R. , & Umilta, C. (1984). Right - left prevalence in spatial compatibility. Perception and Psychophysics. 35: 333-343
18. Nicoletti, R. , & Umilta, C. (1985). Responding with hand and foot: The . right/ left prevalence in spatial compatibility. Perception and Psychophysics . 38: 211-216
19. Proctor, R. W., & Reeve, T.g. (1986). Salient-feature coding operations in spatial precuing tasks, Jouranl of Experimental Psychology: Human Perception and Perdormance. 12: 277-285.
20. Proteaue, L., & Girouard, Y. (1984). Motor programming: Does the choice to the limb which is to carry out the response imply a delay?,Journal of Motor Behavior. 16: 302-312.
21. Rangazas, E. P. (1957). Acomparative analysis of selected college athletes and nonathetes on several handfeed reaction time measures; Unpublished Doctoral Dissertation, Indiana University.
22. Reeve, T. G., & Proctor, R. W. (1984). On the advanced preapration to discrete finger responses, Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. 10; 541-553.
23. Rosenbaum, D.A. (1980). Human movement initation: Specification of arm, direction, and extent, Journal of Experimental Psychology [Ceneral]. 109(4): 444-474.
24. Rosenbaum, D. A. (1983). The movement precuing techinique: Asseumptions, applications, and extensions, In R. A. Magill (Ed.), Memory and control of action: 231-247.
25. Rosenbaum, D. A. (1991). Human motor control, california, SD: Academic Press.
26. 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.
27. Taimela, S. (1992). Factors affecting reaction time: Testing and interpretaion of results, Perceptual and Motor Skills. 73: 1195-1202.
28. Wathinson, J. (1997). Fractionated components of resisted reaction time in men and women, unpublished master's thesis. IndianaUniversity.
29. Wickens, J., Hyland, B., & Anson, G. (1994). Cortical cell assemblies: A possible mechanism for motor program, Journal of Motor Behavior. 26(2): 66-82.
30. Woodworth, R. S. (1899). The accuracy of voluntary movement, Psychlogical Review Monograph supplements. 3(3).
31. Zelazink, H. N. (1978). Precuing response factors in choice reaction time: A word of caution, Journal of Motor Behavior. 10: 77-79.
32. 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.