

رشد و یادگیری حرکتی - ورزشی - بهار ۱۳۹۴
دوره ۷، شماره ۱، ص: ۳۹ - ۲۱
تاریخ دریافت: ۹۱ / ۱۲ / ۰۵
تاریخ پذیرش: ۹۲ / ۰۳ / ۱۲

تأثیر افزایش وزن اندام بر بخش‌های پیش حرکتی و حرکتی زمان واکنش ساده و افتراقی مردان جوان و مسن

احمد نیک روان^{۱*} - رسول حمایت طلب^۲ - فضل‌اله باقرزاده^۳

۱. دانشجوی دوره دکتری، گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران،
تهران، ایران، ۳۰۳. دانشیار، گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

تأثیر وزن و نیرو از عوامل مهم سازماندهی و اجرای تکالیف زمان واکنش است. افراد مسن با افزایش وزن با این متغیر درگیرند. هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر افزایش وزن اندام بر بخش‌های پیش حرکتی و حرکتی زمان واکنش ساده و افتراقی مردان جوان و مسن است. از آزمودنی‌ها (۱۶ نفر گروه جوان و ۱۶ نفر گروه مسن) خواسته شد تا در پاسخ به محرک‌های شنیداری (ساده و افتراقی)، حرکت فلکشن ساعد را انجام دهند. در ۵۰ درصد از کوشش‌های انجام گرفته وزن اندام ۱/۲ کیلوگرم افزایش یافت و در همه کوشش‌های انجام گرفته، زمان واکنش و تنش عضلانی به وسیله دستگاه الکترومیوگرام ثبت شد. نتایج آزمون تحلیل نشان داد که تأثیرات اصلی هر سه فاکتور افزایش وزن اندام، افزایش تعداد محرک و سن بر بخش پیش حرکتی معنادار است. در بخش حرکتی، اثر افزایش تعداد محرک از حالت ساده به افتراقی معنادار نبود ($P = 0/77$). با این حال تأثیرات تعاملی بین افزایش وزن اندام و سن معنادار بود ($P = 0/002$). این یافته‌ها بیان می‌کنند عواملی که موجب تغییر در اینرسی اندام و به طور کلی عوامل حرکتی می‌شوند، علاوه بر درگیر کردن بخش حرکتی، همزمان بخشی از فرایندهای پیش-حرکتی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند.

واژه‌های کلیدی

الکترومیوگرافی، افتراقی، زمان پیش حرکتی، زمان حرکتی، زمان واکنش، ساده، محرک - پاسخ، نیروی انقباضی.

مقدمه

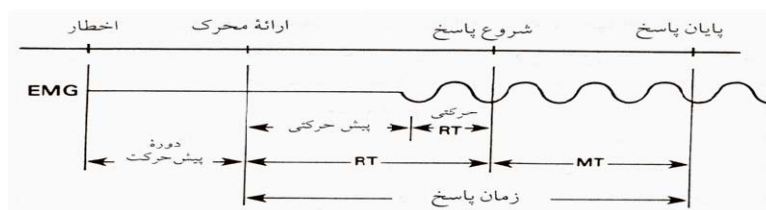
یکی از روش‌های بررسی رفتار انسان، مطالعه چگونگی پاسخ به محرک‌هاست. این تحقیقات نشان‌دهنده فرایندهای پردازش اطلاعات و شروع اجرای پاسخ است. زمان واکنش^۱ (RT) که به فاصله زمانی بین ظهور غیرمنتظره محرک و شروع پاسخ اطلاق می‌شود، یکی از معیارهای مهم اجرای انسان و شاخصی مناسب برای تعیین سرعت و کارایی تصمیم‌گیری است (۳۶). تحقیقات دندرس (۱۹۶۹) از اولین مطالعات در تقسیم‌بندی فرایندهای زیربنایی RT است که تکالیف RT را به سه گروه ساده، افتراقی و انتخابی تقسیم کرده است (۳۴، ۱۱). در دیدگاهی دیگر، یک سری از مطالعات RT را به‌عنوان تأییدی بر وجود کنترل حلقه باز معرفی کردند. اغلب شواهدی که از وجود برنامه‌ریزی قبل از حرکت حمایت می‌کنند، بر تفاوت‌های RT به‌عنوان عملکردی از ماهیت پاسخ ارائه‌شده استوارند. در نگاهی ساده به‌نظر می‌رسد تفاوت‌های RT، تفاوت‌های مورد نیاز برای برنامه‌ریزی پاسخ‌های متفاوت را منعکس می‌کند (۴۱، ۲۹، ۲۱، ۱۶، ۹، ۸).

کلب (۱۹۸۱) اظهار کرده است که RT ساده ممکن است تحت تأثیر عوامل غیرمرتبط با برنامه‌ریزی پاسخ مانند مبادله سرعت - دقت و سرعت حرکت قرار گیرد و فرایندهای پیرامونی نیز ممکن است تکالیف RT ساده را تحت تأثیر قرار دهد. کلب (۱۹۸۱) و آنسون (۱۹۷۷، ۱۹۸۹) اثر اینرسی اندام‌های مختلف و تفاوت در میزان انقباض عضلانی بر RT ساده را گزارش کردند (۲۳، ۲۲، ۲). طی دهه‌های اخیر مطالعه RT با استفاده از فعالیت الکترومیوگرافی^۲ (EMG) عضله فعال و تقسیم‌بندی آن به بخش‌های پیش‌حرکتی^۳ (PMT) و حرکتی^۴ (MT) یافته‌های جدیدی را مطرح کرده است. ویس در اولین مطالعه EMG-RT، زمان ارائه محرک تا ظاهر شدن پتانسیل عمل را به‌عنوان زمان پیش‌حرکتی (PMT) تعریف کرد و مدت زمان شروع پتانسیل عمل عضله تا پاسخ حرکتی مشهود را به‌منزله زمان حرکتی (MT) در نظر گرفت (۴۱). شکل ۱، EMG ثبت‌شده فرضی از عضله درگیر در حرکت RT را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود، فعالیت EMG عضله در بخش بزرگی از RT آرام است که نشان می‌دهد فرمان حرکت هنوز به عضله نرسیده است. سپس عضله فعال می‌شود، اما برای مدت ۴۰ تا

-
1. Reaction Time
 2. Electromyography
 3. Premotor reaction time
 4. Motor reaction time

۸۰ هزارم ثانیه باز هم هیچ حرکت قابل مشاهده‌ای صورت نمی‌گیرد. فاصله زمانی ارائه علامت محرک تا اولین تغییر در EMG را زمان واکنش پیش‌حرکتی (RMT) می‌نامند و تصور می‌شود که نشان‌دهنده فرایندهای مرکزی درگیر در تولید پاسخ (مانند پیش‌بینی و تصمیم‌گیری) است. فاصله زمانی از اولین تغییر در EMG تا حرکت قابل مشاهده، زمان واکنش حرکتی (MT) نامیده می‌شود و بیانگر فرایندهای مرتبط با فعالیت عضلانی است (۳۶).



شکل ۱. ثبت EMG فرضی عضله درگیر در حرکت

مطالعه RT با روش ثبت EMG محدود بوده و تحقیقات انجام‌گرفته نیز صرفاً با تأکید بر این فرضیه که اجزای مختلف RT متمایز و دارای مفاهیمی متفاوت و مستقل از یکدیگرند، مورد بحث قرار گرفته‌اند. در واقع هیچ‌یک از تحقیقات به‌طور مستقیم درباره این فرضیه که بخش PMT نشان‌دهنده فرایندهای شناختی مرکزی درگیر در تولید پاسخ (پردازش و انتقال اطلاعات) و بخش MT بیانگر فرایندهای مرتبط با خود فعالیت عضلانی (حرکتی) است، انجام نگرفته است. بسیاری از تحقیقات اولیه به بررسی اثر فواصل آماده‌سازی^۱ (PI) بر بخش‌های RT پرداخته‌اند (۴۱، ۱۸، ۷). ویس (۱۹۶۵) در نتایج خود گزارش کرده که PI صرفاً بر بخش PMT اثرگذار بوده و احتمالاً فقط با پردازش‌های مرکزی مرتبط است. بوتونیک و تامپسون (۱۹۶۶) نیز با مطالعه اثر فواصل آماده‌سازی (۰/۵، ۳، ۶ و ۱۵ ثانیه به دو صورت ارائه منظم و تصادفی) گزارش کردند که این متغیر با فرایندهای بخش پیش‌حرکتی مرتبط است. در این تحقیق همبستگی بین اجزای RT، استقلال آنها را تأیید کرد. ضریب همبستگی بین PMT و MT تقریباً برابر صفر بود، درحالی‌که تغییرات RT و PMT در هر دو حالت مسدود و تصادفی با یکدیگر هماهنگ و موازی بودند. نکته جالب توجه دیگر این بود که میانگین PMT در بلوک‌های تصادفی به‌طور معناداری طولانی‌تر از بلوک‌های مسدود بود. بالاتر بودن میانگین PMT در بلوک‌های تصادفی بازتابی از نیاز به توجه بیشتر در این کوشش‌ها و عدم توانایی فرد به‌منظور پیش‌بینی

1. Preparatory interval

وقوع محرک است. در نقطه مقابل، علاوه بر اینکه اثر معناداری از تغییرات بر MT دیده نشد، میانگین نمره‌های بلوک‌های PI مسدود و تصادفی نیز تفاوت معناداری نداشتند که تأیید دیگری بر استقلال MT از تغییرات PI بود (۱۸). اکنون با توجه به اینکه اجزای PMT و MT مستقل از یکدیگرند، سؤال متعاقب این یافته‌ها این است که این اجزا تحت تأثیر چه متغیرهایی قرار دارند و آیا فرضیه مطرح شده در مورد فرایندهای مرکزی (بخش PMT) و پیرامونی (بخش MT) صحیح است یا خیر؟

برخی تحقیقات به بررسی اثر فعالیت بدنی زیربیشینه و گرم کردن بر روی بخش‌های RT پرداخته‌اند که آثار متناقضی گزارش شده است. در برخی تحقیقات فعالیت بدنی زیربیشینه با MT کوتاه‌تر (برای مثال داورانچه و همکاران، ۲۰۰۶) و گاهی با PMT کوتاه‌تر (ازدن و همکاران، ۲۰۰۷) گزارش شده است (۳۱، ۱۰، ۵). کریستینا و رز (۱۹۸۵) براساس فرضیه هنری و راجرز (۱۹۶۰) پیچیدگی تکلیف RT را دستکاری کردند. هنگامی که حرکت یک‌بخشی اندام فوقانی به دو بخش افزایش یافت، به‌طور متوسط بخش پیش‌حرکتی ۱۹ هزارم ثانیه افزایش یافت، درحالی‌که زمان حرکتی فقط ۳ هزارم ثانیه افزایش داشت. این یافته‌ها نشان می‌دهند که اثر افزایش پیچیدگی حرکت بیشتر با بخش پیش‌حرکتی مرتبط است و تأثیر کمی بر بخش حرکتی دارد (۹). تحقیقات دیگری اثر فاصله حرکت، جهت حرکت، تعداد اعضا و واحدهای درگیر، دقت و محدودیت زمان‌بندی و مدت زمان حرکت را بر بخش‌های RT بررسی کردند (۴۰، ۳۸، ۳۲، ۲۴، ۱۴، ۱۳، ۹، ۸، ۶).

تحقیق‌های ذکرشده، محل اثر متغیرهایی مانند پیچیدگی حرکت، افزایش زمان حرکت، افزایش سرعت و دقت حرکت را بررسی کرده‌اند که غالب این متغیرها با بخش PMT مرتبط بودند و هنوز هم تحقیقی جامع که به بررسی همزمان عوامل مرکزی و پیرامونی پرداخته باشد، وجود ندارد. با توجه به آثار تغییر نیروی انقباضی که یکی از عوامل مهم در تغییرات RT است، ناگازاکی و همکاران (۱۹۸۳) گزارش کردند که RT با افزایش نیروی انقباضی طولانی‌تر شد که این تغییرات هر دو بخش PMT و MT را شامل می‌شد. آنها در توجیه این نتایج بیان کردند حرکاتی با نیروی بیشتر شامل درگیری واحدهای حرکتی بیشتر و افزایش تناوب فعالیت الکتریکی در این واحدهای حرکتی می‌شود. بنابراین انتظار می‌رود حرکات دارای نیروی بیشتر زمان آماده‌سازی طولانی‌تری را نیز به خود اختصاص دهند (۳۰).

کلمر (۱۹۶۷) در تحقیق خود از انقباض ایزومتریک استفاده کرد و اثری از تغییر نیرو بر RT مشاهده نکرد (۲۵). گلنکراس (۱۹۷۳) نیز در تحقیق دیگری اثری از تغییر نیرو بر RT در حرکات پویا گزارش نکرد (۱۵). بابا و مارتینیوک (۱۹۸۳) با بررسی اثر تغییرات نیروی انقباضی و زمان‌بندی نیرو

گزارش کردند که زمان‌بندی‌های مختلف مورد نیاز در تکالیف RT موجب تغییر در مقدار زمان پردازش‌های مرکزی مورد نیاز می‌شود (۳). کاسایی و کامیاما (۱۹۹۰) اثر افزایش نیروی انقباضی را به‌صورت کاهش در بخش PMT گزارش کردند. برخلاف دیگر مطالعات EMG-RT که اثر افزایش نیروی انقباضی را به‌صورت طولانی‌تر شدن PMT و تأخیر در شروع EMG را بازتابی از پردازش‌های مورد نیاز برای شروع پاسخ گزارش کرده بودند، نتایج تحقیق کاسایی و کامیاما نشان داد که این فاصله با افزایش نیروی انقباضی کاهش می‌یابد (۲۰). همان‌گونه که نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد، این نتایج و فرضیه‌های زیربنایی آنها تعارض آشکاری دارند. علت برخی از این تعارض‌ها، مسائل روش‌شناختی است که اثر اندازه نیرو را با شاخص‌های همزمان دیگر (برای مثال سرعت، دقت و پیچیدگی) ترکیب می‌کند.

اگر هنگام بحث در مورد عوامل مؤثر بر RT تعامل فاکتور سن را نیز همزمان مطالعه کنیم، احتمالاً به نتایج جالب توجهی دست خواهیم یافت. با توجه به زوال عملکرد شناختی و حرکتی در افراد مسن، به‌ویژه آن دسته از افراد که در معرض خطر سقوط و زمین خوردن قرار دارند، تمرکز بر RT این افراد ضروری است. زمان واکنش در اوایل دهه سوم زندگی به اوج می‌رسد. طی دوره میانسالی شروع به افت می‌کند و در سالمندی به‌سرعت ضعیف می‌شود. سرعت افزایش RT با رسیدن به هفتاد سالگی و بالاتر سرعت بیشتری می‌گیرد (۱۹، ۳۳). مک دونالد و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که تغییرات RT در افراد مسن به‌طور معمول با RT کندتر و خطای بیشتر در شناسایی محرک همراه است. آنها اظهار کردند که ارزیابی RT می‌تواند شاخص مفیدی برای هماهنگی عصبی عمومی باشد. میرسون و همکاران^۱ (۲۰۰۷) گزارش کردند که افراد بالغ باتجربه‌تر نسبت به جوان‌ترها سازگاری بیشتری برای جمع‌آوری اطلاعات دارند، هرچند واکنش آنها زمان بیشتری طول می‌کشد. لاجویی و کالاگر (۲۰۰۴) دریافتند افراد مسنی که تعداد سقوط و افتادن بیشتری داشتند، RT کندتری نسبت به افراد مسنی که کمتر دچار سقوط می‌شدند، داشتند (۲۶، ۲۷). براساس اظهارات لرد و همکاران (۱۹۹۱)، تعادل ضعیف مسئله رایج در افراد پیر است و عامل اصلی سقوط آنها محسوب می‌شود (۲۸). همچنین برائر و همکاران (۲۰۰۰) و سندرا و وانه (۲۰۰۲) بیان کردند تعادل جانبی ضعیف بهترین پیش‌بینی‌کننده سقوط آنها به‌شمار می‌آید (۴، ۳۵). تحقیق حاضر در تلاش است تا با در نظر گرفتن مسائل روش‌شناختی بر مبنای فرضیه مطرح‌شده، اثر تغییر وزن اندام درگیر بر بخش‌های و زمان واکنش ساده و افتراقی را بررسی کند. در این

1. Myerson & et al

راستا به دلیل تفاوت‌های اساسی افراد جوان و مسن در فعالیت‌های شناختی و حرکتی، احتمالاً مقایسه بین این دو گروه می‌تواند اطلاعات مفیدی درباره PMT و MT فراهم سازد.

روش تحقیق

روش تحقیق حاضر نیمه تجربی و از نوع سه‌عاملی ترکیبی با آزمون‌های تکراری است.

آزمودنی‌ها

جامعه آماری تحقیق حاضر کلیه مردان در دو گروه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال و بالای ۵۰ سال شهر تهران بودند که نمونه‌ای به حجم ۳۲ نفر (۱۶ نفر گروه جوان با میانگین سنی ۲۵/۷۵ سال و ۱۶ نفر گروه مسن با میانگین سنی ۵۹/۱۸ سال) که واجد شرایط بودند، داوطلبانه در تحقیق مشارکت داده شدند. آنها ورزش حرفه‌ای و فعالیت بدنی منظم نداشتند و کمتر از دو جلسه در هفته ورزش می‌کردند. از آزمودنی‌ها برای شرکت در تحقیق رضایت‌نامه گرفته شد و همزمان با آن به‌صورت خودگزارشی وضعیت فعالیت بدنی، نرمال بودن شنوایی، راست دست بودن، عدم ابتلا به بیماری‌های عصبی و عدم مصرف داروهایی که سیستم حسی - حرکتی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، کنترل شد.

ابزار گردآوری اطلاعات

فعالیت الکتریکی عضله با استفاده از دستگاه الکترومیوگرافی مدل Me6000 ساخت فنلاند ثبت می‌شد. این دستگاه دارای شانزده کانال ثبت همزمان فعالیت الکتریکی عضلانی مختلف است که برحسب نیاز محقق به‌کار می‌روند. برای ثبت فعالیت الکتریکی هر عضله سه الکتروود روی آن نصب می‌شود که دو الکتروود برای ثبت اختلاف پتانسیل در طول تارهای عضلانی و سومی برای رفع نویزهاست. در این تحقیق برای تعیین نقطه پایان RT از الکتروگونیا متر مدل SG110 محصول کشور انگلستان استفاده شد. این وسیله از نظر زمانی با دستگاه الکترومیوگرافی مطابق است. الکتروگونیا متر قبل از استفاده کالیبره شده با استفاده از چسب دوطرفه روی پوست نصب می‌شود تا در حد امکان از حرکت آن جلوگیری شود. برای ثبت و آنالیز داده‌های الکترومیوگرافی از برنامه نرم‌افزاری مگاوین نسخه ۳ استفاده شد. با استفاده از این نرم‌افزار می‌توان وضعیت فعالیت الکتریکی عضله یا عضلات درگیر و دیگر امکانات مانند تغییر زاویه را روی نمودار زمانی بررسی کرد.

روش اجرا

برای اجرای آزمون، آزمودنی روی صندلی می‌نشست و آرنج دست راست را به حالت راحتی روی عضله ران قرار می‌داد، به نحوی که ساعد دست در وضعیت چرخش خارجی قرار داشت و کف دست رو به بالا بود. آزمودنی‌ها در این وضعیت می‌توانستند حرکات فلکشن آرنج را به راحتی و با سرعت اجرا کنند. موهای سطح پوست آزمودنی در ناحیه عضله دوسر بازویی و آرنج تراشیده و با الکل تمیز شده و الکترودها در طول تارهای عضلانی روی عضله قرار داده می‌شد. بازوان گونیامتر نیز با استفاده از چسب دوطرفه در دو طرف مفصل آرنج ثابت می‌شد. تکلیف RT شامل حرکت فلکشن بازو در پاسخ به محرک شنیداری به سمت نقطه هدف در ارتفاع ۶۰ سانتی‌متری بود. با توجه به اینکه تغییرات بالای پیش‌دوره یکی از متغیرهای تأثیرگذار بر RT بود و کوتاه و طولانی بودن آن تأثیر زیادی بر بخش‌های RT داشت، فواصل آماده‌سازی بین علامت اخطار و ارائه محرک به ۲ تا ۵ ثانیه محدود شد و این فواصل نیز به صورت تصادفی ارائه شد. در برخی کوشش‌ها دو محرک شنیداری دیگر نیز ارائه می‌شد و تکلیف آزمودنی‌ها نادیده گرفتن این محرک‌های مزاحم و اجرای تکلیف بعد از ارائه محرک اصلی بود. از این رو تکالیف RT به دو نوع ساده و افتراقی تفکیک‌پذیر بودند. به علاوه با افزایش وزن اندام درگیر به مقدار ۱/۲ کیلوگرم در ۵۰ درصد کوشش‌ها، در مجموع آزمون در چهار حالت ساده، افتراقی، ساده با افزایش وزن اندام و افتراقی با افزایش وزن اندام تکرار می‌شد که در نهایت میانگینی از شانزده کوشش در هر حالت برای تجزیه و تحلیل استفاده شد (۲۰، ۱۲). در راستای کاهش آثار تمرین، خستگی و تکرار حالت‌های تکلیف RT روی یکدیگر، تمام کوشش‌ها در یک جلسه و یک پروتکل آزمونی اجرا شدند. به علاوه برای اجرای همه حالت‌ها یک بلوک تعریف شد که در آن سعی شد تکرار هر حالت تا حد امکان کم باشد (چهار تکرار از هر حالت در بلوک شانزده کوششی). در نهایت برای کاهش اثر تقدم و تأخر اجرای هر حالت، آزمودنی‌ها این بلوک را پنج بار تکرار کردند که بلوک اول به عنوان تمرین حذف شد و چهار بلوک دیگر در تجزیه و تحلیل به کار رفتند. جمع‌آوری اطلاعات برای هر آزمودنی حدود ۳۰ الی ۴۰ دقیقه طول می‌کشید.

دستورالعمل‌های قبل از شروع آزمون بر سرعت اجرا تأکید داشت و به همه آزمودنی‌ها آموزش داده می‌شد تا آرنج خود را به موقعیت شروع بیاورند و کف دست خود را در حالت سوپینیشن قرار دهند تا برای کوشش بعدی حاضر باشند. آزمون توسط یک آزمونگر اجرا می‌شد و همزمان با آن سیگنال‌های EMG به صورت مداوم توسط فرد دیگری روی مانیتور کنترل می‌شد. این رویکرد به دلایل روش‌شناختی تحقیق

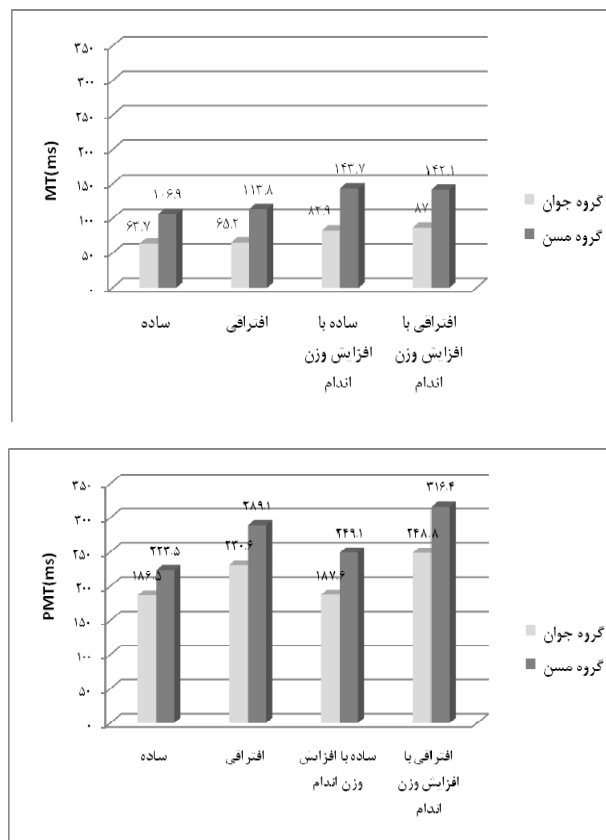
حاضر اتخاذ شده است؛ اول اینکه با این روش در مرحله اول از ایجاد سیگنال‌های اضافی به‌ویژه در حالت‌های استراحت، قبل از ارائه محرک پیشگیری می‌شد. در صورت مشاهده سیگنال‌های اضافی از آزمودنی خواسته می‌شد که اندام خود را به حالت راحتی تغییر دهد. با این ملاحظات، زمان شروع ناگهانی EMG یا به عبارت دیگر نقطه جداسازی PMT و MT راحت‌تر تشخیص داده می‌شد. به علاوه تشخیص انسان نسبت به اشتباهات صورت گرفته در اجرای پروتکل آزمون بر ماشین‌های خودکار برتری دارد و آزمونگر بهتر از کامپیوتر می‌تواند اشتباهاتی را که در حین اجرای آزمون اتفاق می‌افتد مجزا کند. فعالیت EMG عضله از زمان شروع پروتکل آزمون تا پایان آن ثبت شد و زمان واکنش پس از اندازه‌گیری دقیق به بخش‌های PMT و MT تقسیم شده و در تجزیه و تحلیل استفاده شد. در تحقیق حاضر PMT به عنوان فاصله زمانی بین شروع محرک شنیداری و شروع ناگهانی فعالیت عضلانی مربوط تعریف می‌شود و MT نیز فاصله زمانی بین شروع ناگهانی فعالیت عضلانی و شروع تغییر در زاویه آرنج را در برمی‌گیرد (۳۹، ۳۷، ۱۸، ۱۷).

روش‌های آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها در دو سطح توصیفی و استنباطی انجام گرفت. در سطح توصیفی از شاخص‌هایی مانند میانگین و انحراف استاندارد به شکل جدول و نمودار استفاده شد. در سطح آمار استنباطی نیز از آزمون‌های کولموگروف - اسمیرنوف، لون، تحلیل واریانس سه‌عاملی ترکیبی با اندازه‌گیری‌های مکرر و آزمون مقایسه‌های زوجی بنفرونی استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ انجام گرفت و حداقل سطح معناداری در بخش آمار استنباطی ۰/۰۵ در نظر گرفته شد ($P < 0.05$).

نتایج و یافته‌های تحقیق

در این تحقیق، روش‌شناسی جامعی از عوامل مؤثر بر اجزای تشکیل‌دهنده RT معرفی شد که براساس ادبیات و مبانی نظری ارائه شده اثر افزایش وزن اندام درگیر در تکالیف RT ساده و افتراقی بر بخش‌های PMT و MT آزمون شد. شکل ۲ نمودار ستونی میانگین عملکرد دو گروه را در چهار موقعیت متفاوت تکلیف RT نشان می‌دهد.



شکل ۲. عملکرد گروه جوان و مسن در بخش PMT و MT چهار موقعیت مختلف تکلیف RT

نتایج آزمون کولموگروف - اسمیرنوف و لون نرمال بودن داده‌ها در هر دو گروه و تجانس واریانس‌ها در متغیرهای مورد تجزیه و تحلیل را تأیید کردند. از این رو همان‌طور که در جدول ۱ می‌بینید، نتایج آزمون تحلیل واریانس عاملی با اندازه‌گیری‌های مکرر آورده شده است. این نتایج نشان داد که هیچ تعاملی بین سه فاکتور وزن اندام، تعداد محرک و سن بر روی بخش PMT وجود ندارد ($P = 0/303$). اما تأثیرات اصلی هر سه فاکتور وزن اندام، تعداد محرک و سن افراد مورد بررسی روی بخش PMT معنادار بود. در سمت مقابل این نتایج برای بخش MT کمی متفاوت بود. دو نتیجه جالب توجه و متفاوت در بخش MT وجود دارد، اول اینکه در بررسی آثار اصلی فاکتور تعداد محرک از حالت ساده به افتراقی تفاوت معناداری دیده نشد ($P = 0/077$). به علاوه، آثار تعاملی بین وزن اندام و سن نیز معنادار بود ($P = 0/002$).

جدول ۱. نتایج مقایسه‌های درون فردی و تأثیرات بین گروهی آزمون تحلیل واریانس سه‌عاملی با اندازه‌گیری‌های

مکرر

مقایسه‌های درون فردی								
بخش پیش حرکتی (PMT)					بخش حرکتی (MT)			
منابع تغییرات	میانگین مربعات	DF	F	Sig	میانگین مربعات	DF	F	Sig
وزن اندام	۱۰۴۴۰/۱۲	۱	۱۷/۴۲	۰/۰۰۱*	۲۲۴۷۲/۰۰	۱	۲۲۹/۸۵	۰/۰۰۱
وزن اندام X سن	۲۲۶۱/۲۸	۱	۳/۷۷	۰/۰۶۱	۱۱۶۴/۰۳	۱	۱۱/۹۰	۰/۰۰۲
تعداد محرک	۱۱۳۴۰۷/۰۳	۱	۲۵۷/۳۹	۰/۰۰۱*	۲۳۶/۵۳	۱	۳/۳۶	۰/۰۷۷
تعداد محرک X سن	۱۵۱۲/۵۰	۱	۳/۴۳	۰/۰۷۴	۰/۱۲	۱	۰/۰۰	۰/۹۶۷
وزن اندام X تعداد محرک	۷۰۳/۱۲	۱	۱/۶۳	۰/۴۱۱	۷۲/۰۰	۱	۰/۸۴	۰/۳۶۶
وزن اندام X تعداد محرک X سن	۴۷۲/۷۸	۱	۱/۰۹	۰/۳۰۳	۲۴۷/۵۳	۱	۲/۸۹	۰/۰۹۹
تأثیرات بین آزمودنی								
سن	۱۰۱۰۲۵/۱۲	۱	۱۰۲/۲۵	۰/۰۰۱*	۸۶۳۲۰/۱۲	۱	۱۴۶/۰۸	۰/۰۰۱

* تفاوت‌های مشاهده‌شده در سطح $\alpha = ۰/۰۵$ معنادار است.

در ادامه به‌منظور بررسی تفاوت‌های دقیق بین حالت‌های مختلف تکلیف RT از مقایسه‌های زوجی

آزمون بنفرونی استفاده شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. مقایسه‌های زوجی که از آزمون بنفرونی برای تعدیل مقایسه‌های چندگانه استفاده شده است

گروه	مقایسه زوجی	پیش حرکتی (PMT)			حرکتی (MT)		
		میانگین تفاوت‌ها	Sig	خطای استاندارد	میانگین تفاوت‌ها	Sig	خطای استاندارد
جوان	۱. ساده - افتراقی	۴۴/۱۲*	۰/۰۰۱	۶/۲	۱/۵۰	۳/۱	۱/۰۰۰
	۲. ساده - ساده با افزایش وزن اندام	۱/۱۲	۱/۰۰۰	۵/۷	۱۹/۱۸*	۳/۴	۰/۰۰۱
	۳. ساده - افتراقی با افزایش وزن اندام	۶۲/۳۱*	۰/۰۰۱	۵/۹	۲۳/۲۵*	۳/۷	۰/۰۰۱
	۴. افتراقی - ساده با افزایش وزن اندام	۴۳/۰۰*	۰/۰۰۱	۸/۸	۱۷/۶۸*	۳/۲	۰/۰۰۱
	۵. افتراقی - افتراقی با افزایش وزن اندام	۱۸/۱۸	۰/۲۹۹	۸/۵	۲۱/۷۵*	۳/۵	۰/۰۰۱
	۶. ساده با افزایش وزن اندام - افتراقی با افزایش وزن اندام	۶۱/۱۸*	۰/۰۰۱	۶/۷	۴/۰۶	۳/۱	۱/۰۰۰
مسن	۱. ساده - افتراقی	۶۵/۵۶*	۰/۰۰۱	۶/۹	۶/۹۳	۲/۷	۰/۱۴۴
	۲. ساده - ساده با افزایش وزن اندام	۲۵/۶۲	۰/۱۳۸	۱۰/۱	۳۶/۸۱*	۲/۹	۰/۰۰۱
	۳. ساده - افتراقی با افزایش وزن اندام	۹۲/۸۷*	۰/۰۰۱	۸/۴	۲۵/۱۸*	۳/۳	۰/۰۰۱
	۴. افتراقی - ساده با افزایش وزن اندام	۳۹/۹۳*	۰/۰۰۲	۸/۶	۲۹/۸۷*	۲/۴	۰/۰۰۱
	۵. افتراقی - افتراقی با افزایش وزن اندام	۲۷/۳۱*	۰/۰۰۹	۷/۰	۲۸/۲۵*	۳/۴	۰/۰۰۱
	۶. ساده با افزایش وزن اندام - افتراقی با افزایش وزن اندام	۶۷/۲۵*	۰/۰۰۱	۹/۱	۱/۶۲	۳/۳	۱/۰۰۰

* تفاوت‌های مشاهده‌شده در سطح $\alpha = ۰/۰۰۵$ معنادار است.

نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی در بخش PMT در سه مورد معنادار نبود که در همه آنها دو سمت مقایسه زوجی هر دو از نظر نوع محرک (ساده یا افتراقی) یکسان بود. این نتایج برای بخش MT با وزن اندام ارتباط داشت، به‌نحوی که در هر چهار مورد از مقایسه‌های جفتی که معنادار نبودند، دو سمت مقایسه زوجی هر دو از نظر وزن اندام (بدون افزایش وزن یا با افزایش وزن) یکسان بودند.

بحث و نتیجه‌گیری

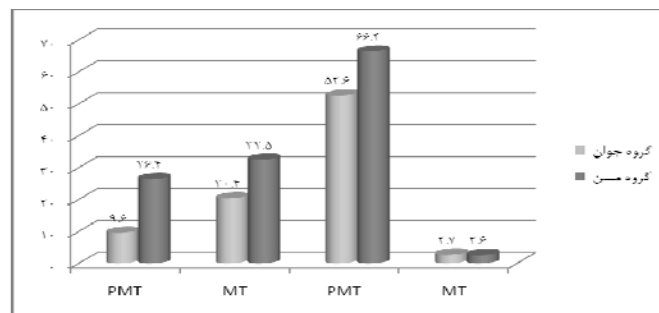
تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر افزایش وزن اندام درگیر بر بخش‌های PMT و MT تکالیف RT ساده و افتراقی انجام گرفته است. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های بخش PMT نشان داد که تأثیرات اصلی هر سه فاکتور وزن اندام، نوع تکلیف و سن معنادارند. هرچند هیچ تعاملی در بین این سه فاکتور دیده نشد. این نتایج در بخش MT دو تفاوت عمده داشت. در این نتایج اثر نوع تکلیف RT از حالت ساده به افتراقی در بخش MT معنادار نبود ($P = 0/077$) و تأثیرات تعاملی بین افزایش وزن اندام و سن در بخش MT معنادار بود ($P = 0/002$). نتایج مقایسه‌های زوجی در چهار تکرار آزمون RT نشان داد که در چند مورد اختلاف معناداری وجود ندارد که عدم معناداری در بخش PMT با یکسان بودن نوع محرک در دو سمت مقایسه و عدم معناداری در بخش MT به یکسان بودن دو سمت مقایسه از نظر متغیر وزن ارتباط داشت.

در نگاهی گذرا به آثار دو متغیر درون آزمودنی یعنی افزایش وزن اندام و تعداد محرک به‌نظر می‌رسد نتایج بخش MT فرضیه مرتبط بودن این بخش با عوامل حرکتی را تأیید می‌کند، چراکه تفاوت تکلیف RT از حالت ساده به افتراقی روی این بخش اثر معناداری نداشته است، درحالی که افزایش وزن اندام موجب تغییر معنادار آن شده است. مقایسه‌های زوجی نیز حاکی از آن است که بخش MT به هیچ عنوان تحت تأثیر افزایش تعداد محرک قرار نگرفته است، درحالی که با تغییر وزن اندام در یک سمت از مقایسه زوجی تفاوت‌های مشاهده‌شده معنادار بوده است. با وجود این تأثیر معنادار افزایش وزن اندام بر بخش PMT، مغایر با فرضیه مذکور است، چراکه در این فرضیه عوامل حرکتی نباید بر بخش PMT اثرگذار باشند. نتایج آزمون تعقیبی در بخش PMT نیز نشان می‌دهد اثر تغییر وزن اندام درگیر بر این بخش کمتر از اثر تغییر محرک بوده است. با وجود این، بخش PMT تا حدودی تحت تأثیر متغیر افزایش وزن اندام و تغییر نیروی انقباضی قرار گرفته است.

نتایج اثر افزایش وزن اندام در این تحقیق با یافته‌های ناگازاکی و همکاران (۱۹۸۳) همخوانی دارد (۳۰). آنها گزارش کردند که اثر افزایش نیروی انقباضی بر RT، هر دو بخش PMT و MT را شامل می‌شود.

نتایج تحقیق کلمر (۱۹۵۷) و گلنکراس (۱۹۷۳) از جمله مواردی است که در آنها اثری از تغییر نیرو بر بخش‌های PMT و MT گزارش نشده است (۲۵، ۱۵). احتمالاً تناقض مشاهده‌شده در این دو تحقیق با روش‌شناسی آنها ارتباط دارد. برای مثال کلمر در تحقیق خود از انقباض ایزومتریک برای بررسی تغییر نیرو استفاده کرده بود و واضح است که بررسی عوامل حرکتی مرتبط با غلبه بر اینرسی با انقباض ایزومتریک سازگاری چندانی ندارد و در این رویکرد صرفاً می‌توان تغییرات نیرو را به‌صورت ایستا بررسی کرد. احتمالاً استفاده از حرکات پویا در تحقیق گلنکراس شامل پردازش‌هایی متفاوت از مباحث مربوط به تحقیق حاضر است.

کاسایی و کامیاما (۱۹۹۰) در نتایجی کاملاً متضاد با سایر تحقیقات مشابه، اثر افزایش نیروی انقباضی را به‌صورت کاهش بخش PMT گزارش کردند. آنها یافته‌های تحقیق خود را با قوانین سرعت - دقت توجیه و بیان کردند که احتمالاً محدود کردن آزمودنی در جهت وارد کردن نیرویی خاص موجب پیچیدگی در تنظیم زمان‌بندی عضلات شتاب‌دهنده و کاهنده می‌شود و به طولانی‌تر شدن PMT می‌انجامد. درحالی‌که با توجه به قوانین سرعت - دقت با افزایش نیروی انقباضی تنظیم زمان‌بندی ذکرشده ساده‌تر و سریع‌تر خواهد بود (۱۸). بابا و مارتینیوک (۱۹۸۳) در مباحث خود عنوان کردند که زمان‌بندی‌های مختلف مورد نیاز در تکالیف RT موجب تغییر در مقدار زمان پردازش‌های مرکزی مورد نیاز می‌شود. بنابراین به‌نظر می‌رسد زمان‌بندی نیروی انقباضی شاخصی از حرکت سازماندهی‌شده باشد که قبل از شروع حرکت تنظیم می‌شود (۳). شکل ۳ نموداری از تغییرات بخش‌های RT در اثر متغیرهای تحقیق حاضر فراهم کرده است که در ادامه مباحث مفید خواهد بود. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، افزایش تعداد محرک صرفاً بر بخش PMT اثرگذار بوده است، اما افزایش وزن اندام درگیر موجب افزایش میزان هر دو بخش RT شده است. به‌نظر می‌رسد افزایش وزن علاوه بر افزایش اینرسی اندام موجب پیچیدگی پاسخ و پردازش‌های لازم برای به‌کارگیری واحدهای حرکتی بیشتر و احتمالاً استفاده از عضلات همکوش شده باشد. همه این موارد از نکات شایان توجهی هستند که هنگام بحث درباره بخش PMT و فرایندهای پیش‌حرکتی شامل ارگان‌های حسی پیرامونی، مسیرهای آوران، پردازش‌های مرکزی، مسیرهای وایران و حتی عملکرد اتصالات عصبی - عضلانی باید به آن توجه داشته باشیم.



شکل ۳. نمودار ستونی از میزان افزایش بخش‌های RT بر اثر متغیرهای تعداد محرک و وزن اندام

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، گروه مسن به‌طور میانگین ۴۰ میلی‌ثانیه در بخش MT کندتر از گروه جوان بودند. با بررسی تغییرات ایجادشده در اثر متغیرهای مستقل مشخص شد که هر دو گروه بر اثر افزایش تعداد محرک از حالت ساده به افتراقی در بخش MT افزایش داشتند و هرچند به مقدار اندک اما گروه مسن به‌طور میانگین کمتر از گروه جوان تحت تأثیر قرار گرفته بودند. در مقابل، بخش MT در گروه مسن در اثر افزایش وزن اندام درگیر با اختلاف بسیار بیشتری نسبت به گروه جوان افزایش نشان داده بودند. این نتایج همان اثر تعاملی افزایش وزن اندام و گروه در بخش MT است و نشان می‌دهد که گروه مسن به تغییرات وزن اندام حساس‌تر است. احتمالاً افزایش بیشتر MT افراد گروه مسن نسبت به گروه جوان باید در ضعف عضلانی آنها و عدم آمادگی جسمانی مناسب آنها ریشه داشته باشد.

با اینکه افراد گروه مسن قبل از ارائه متغیرهای مستقل در هر دو بخش PMP و MT به‌صورت میانگین ۳۰ الی ۴۰ میلی‌ثانیه کندتر بودند، بر اثر متغیرهای مستقل نیز افزایش بیشتری در هر دو بخش RT و به‌ویژه بخش PMT نشان دادند. در واقع افراد مسن نسبت به متغیرهایی که RT را تحت تأثیر قرار می‌دهند، تأثیر بیشتری می‌پذیرند. برای مثال، سندرا و وانه (۲۰۰۲) در تحقیق خود به‌صورتی مشابه تکلیف RT گام برداشتن سریع را با سه حالت آمادگی بالا (H)، متوسط (N) و کم (L) برای دو گروه آزمودنی جوان و مسن ارائه کردند که در آن به‌ترتیب آزمودنی ۸۰، ۵۰ و ۲۰ درصد شانس داشت که بداند سیگنال محرکی که ارائه خواهد شد، مرتبط با حرکت کدام یک از پاهای او خواهد بود.

نتایج نشان داد که فعالیت EMG عضله در هر دو حالت متوسط و پایین طولانی‌تر از اجرای تکلیف با آمادگی بالا بود. این وضعیت در هر دو گروه جوان و مسن دیده شد، باوجود این میانگین گروه جوان کمتر از گروه پیر بود. آنها بیان کردند که این نتایج اهمیت فعال‌سازی عضلات قامت در کنترل تعادل را

نشان می‌دهد و تفاوت‌های دیده‌شده بین دو گروه را می‌توان به تفاوت در مقدار زمان صرف‌شده به‌منظور رفع عدم قطعیت و تصمیم‌گیری صحیح ارتباط داد. در نهایت نکته مهم این است که تأخیر در زمان فعال‌سازی عضلات و تکمیل پاسخ افراد پیر نسبت به افراد جوان در پاسخ به از دست دادن تعادل ممکن است به اندازه‌ای طولانی باشد که برای پیشگیری از سقوط و افتادن آنها مؤثر واقع نشود (۳۵). اسکات و همکاران (۲۰۱۰) در مقاله خود بیان کردند که افزایش PMT در افراد پیر موجب تأخیر در عملکرد صحیح عضلات تثبیت‌کننده می‌شود و احتمال آسیب عضلانی در آنها را افزایش می‌دهد. تأخیر فعالیت عضلانی و طولانی بودن بخش PMT عضلات اطراف زانو، علت برخی حرکات زائد و آسیب‌زننده آن از جمله خارج شدن وزن از خط آبداکشن زانو در برخی افراد با آسیب‌های مفصلی و لیگامنتی است. در نهایت، عدم حمایت کامل عضلات تثبیت‌کننده، زمان مناسب برای تثبیت زانو هنگام برخورد را فراهم نمی‌کند (۳۷). براساس مباحث مطرح‌شده توسط سندرا و وانه (۲۰۰۲) و همچنین اسکات و همکاران (۲۰۱۰)، زمانی که تأخیر ناشی از عدم اطلاع قبلی از بر هم خوردن تعادل و آمادگی ذهنی برای واکنش سریع و مناسب با تأخیر ناشی از کهولت سن جمع شود، احتمالاً موجب تأخیر بسیار زیادی در پیشگیری از سقوط می‌شود. در واقع همه افراد هنگام سقوط که اغلب اتفاقی غیرمنتظره است، از قبل علامت آگاه‌کننده‌ای برای پیش‌بینی بر هم خوردن تعادل و سازگاری‌های مورد نیاز قامت ندارند، از این‌رو فعال‌سازی عضلات مربوط ممکن است با تأخیر همراه باشد. علاوه بر در نظر گرفتن این واقعیت، افراد پیر تمایل دارند که تأخیر طولانی‌تری در فعال‌سازی مرتبط با عدم هشدار و کمبود آمادگی به‌منظور حرکت هنگام از دست رفتن تعادل ترکیب شود. ممکن است نتیجه آن اجرای حرکتی باشد که به اندازه کافی برای حفظ تعادل سریع نباشد.

نتایج تحقیق حاضر در ترکیب با ادبیات تحقیق بیان‌کننده این مطلب هستند که غالب متغیرهای تأثیرگذار بر RT بر بخش PMT اثرگذارند. برخی از آنها ممکن است بر بخش MT نیز اثر داشته باشند، اما به‌ندرت می‌توان متغیری را نام برد که بر بخش MT اثر داشته باشد بدون اینکه بخش PMT را تحت تأثیر قرار دهد. این بدان مفهوم است که متغیرهایی که عوامل حرکتی RT را طولانی‌تر می‌کنند، بدون تردید آثار چشمگیری بر فرایندهای پیش‌حرکتی ذکرشده خواهند داشت. بنابراین در مورد این فرضیه که بخش PMT را با فرایندهای مرکزی درگیر در تولید پاسخ و بخش MT را با فعالیت‌های حرکتی عضله مرتبط می‌داند، می‌توان گفت که هرچند این فرضیه زیربنایی به‌طور کلی اشتباه نیست، فرضیه‌ای کلی‌نگر بوده و بر جزئیات تمرکز نداشته است. اول اینکه فرایندهای

پیش‌حرکتی گسترده‌تری از سیستم پردازش اطلاعات و فرایندهای عصبی مرکزی را شامل می‌شود. به‌علاوه، عواملی که موجب تغییر در اینرسی اندام و به‌طور کلی عوامل حرکتی می‌شوند، علاوه‌بر درگیر کردن بخش PMT، همزمان بخشی از فرایندهای پیش‌حرکتی، از جمله تعداد عضلات، واحدهای حرکتی، تعداد سیناپس‌های اتصالات عصبی-عضلانی و فعالیت EMG عضله را تحت تأثیر قرار می‌دهند که با تغییر برنامه‌ریزی این فرایندها و افزایش پیچیدگی مسیرهای وابرانی، تغییرات بخش PMT را نیز موجب می‌شوند.

منابع و مأخذ

1. Anson, J. G. (1977). "Memory drum theory: alternative tests and explanations for the complexity effects on simple reaction time". J. of Motor Behavior, 14, PP: 228-246.
2. Anson, J. G. (1989). "Effect of movement of inertia on simple reaction time". J. of Motor Behavior, 21, PP: 60-71.
3. Baba, D. M. and Marteniuk, R. G. (1983). "Timing and torque involvement in the organization of a rapid forearm flexion". J. of Quarterly Experimental Psychology, 35A, PP:323-331.
4. Brauer, SG. Burns, Y. and Galley, P.(2000). "A prospective study of laboratory and clinical balance measure as risk factors for falls in the community – dwelling elderly". J. of Gerontol, PP:55A, M469-76
5. Brisswalter, J. Arcelin, R. Audiffren, M. and Delignieres, D. (1997). "Influence of physical exercise on simple reaction time: Effect of physical fitness". J. of Percept, Mot, Skills, 85, PP:1019-1027.
6. Canic, M. J. and Franks, L. M. (1989). "Response preparation and latency in patterns of tapping movements". J. of Human Movement Science, 8, PP: 123-139.
7. C. Tandonnet, B. Burle, F. Vidal, and T. Hasbroucq (2003). "The influence of time preparation on motor processes assessed by surface laplacian estimation". J. of Clinical Neurophysiology, 114, 12, PP: 2316- 2384.
8. Christina, R. W., Fischman, M. G. Lambert, A. L. and Moore, J. F. (1985). "Simple reaction time as a function of response complexity: christina et al (1982). Revisited". J. of Research Quarterly for Exercise and Sport (RQES), 56(4), PP: 316-322.

9. Christina, R. W. and Rose, D. J. (1985). "Premotor and motor reaction time as a function of response complexity". J. of Research Quarterly for Exercise and Sport (RQSE), 56 (4), PP:306-315.
10. Davranche K. Burle, B. Audiffren, M. and Hasbroucq, T. (2006). "Physical exercise facilitates motor processes in simple reaction time performance: An electromyographic analysis". J. of Neuroscience Letters, 396, PP:54-56.
11. Donders, F. C. (1969). "On the speed of mental process". J. of Acta Psychological 30 Attention and Performance (W. G. Koster, ed), PP:412-431.
12. Duan, V. Knudson and Craig, S. Morrison (2002). "Qualitative analysis of human movement". Second edition, Human Kinetics, PP: 102-108.
13. Fishman, M. G. (1984). "Programming time as a function of number of movement parts and changes in movement direction". J. of Motor Behavior, 16, PP:405-423.
14. Glencross, D. J. (1972). "Latency and response complexity". J. of Motor Behavior, 4, PP: 448-458.
15. Glencross, D.J. (1973). "Response complexity and the latency of different movement patterns". J. of Motor Behavior, 5, PP:95-104.
16. Henry, Franklin. M. and Rogers, Donald, E. (1960). "Increased response latency for complicated movements and a memory drum theory of neuromotor reaction". J. of Research Quarterly of the American Association for Health, Physical Education and Recreation, 31, 1960. PP: 448-458.
17. Hurd, W. J. Chmielewski, T. L. and Snyder – Mackler, L. (2006). "Perturbation – enhanced neuromuscular training alters muscle activity in female athletes". J. of Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc, 14, PP: 60-9.
18. J. Botwinic, and L. W. Tompson (1966). "Premotor and motor components of reaction time". J. of Experimental Psychology, 71, 1, PP: 9-15.

19. Jevaa, S. and J. H. Yan. (2001). "The effect of aging on cognitive function: a preliminary quantitative review". J. of Research Quarterly for Exercise and Sport, 72P: A -49.
20. Kasai, T. and Komiyama T. (1990). "Effects of varying force components on EMG – RT of isometric ankle dorsiflexion". J. of Human Movement Science, 9, PP:133-147.
21. Kasai, T. and Seki, H.(1992). "Motor reaction times of the simple and the choice ballistic elbow extention – flexion as a function of response complexity". J. of Human Movement science, 11, PP:319-334.
22. Klapp, S. T. (1977). "Reaction time analysis of programmed control". J. of Exercise and Sport Science Researches, 5, PP:231-253.
23. Klapp, S. T. (1981). "Motor programming is not the only process which can influence RT: some thoughts on the martiniuke and mackenzie analysis". J. of Motor Behavior. 13, PP:150-158.
24. Klapp, S. T. and Ervin, C. I. (1976). "Relation between programming time and duration of the response being programmed". J. of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 105, pp:591-598.
25. Klemmer, E. T. (1967). "Rate of force application ina simple reaction time test". J. of Applied Psychology 41, PP:329-332.
26. Kosinski Robert, J. (2008). "A literature review on reaction time". J. of Clemson University, 10, PP: 1-13.
27. Lajoie, Y. and S. P. Gallagher, (2004). "Prediciting falls within the elderly community: comparison of postural sway, reaction time, the Berg balance scale and the activities – specific balance confidence (ABC) scale for comparing fallers and non – fallers". Archives of Gerontology and Geriatrics, 38 (1), PP:11-25.
28. Lord, SR. Clarke RD, and Webster IW. (1991). "Physiological factors associated with falls in an elderly population". J. of Am Geriatr Soc, 39, PP:1194-200.
29. Ma H. I., and trombly C. A. (2004). "Effects of task complexity on reaction time and movement kinematics in elderly people". American Journal of Occupational Therapy, 58, PP:150-158.

30. Nagazaki, H. Aoki, F. and Nakamura, R. (1983). "Premotor and motor reaction time as a function of force output". J. of Perceptual and Motor Skills, 57, PP:859-867.
31. Ozden, O-T. Zafer, G. Nesrin, B. and Mehmet, B. (2008). "The effect of a single session sub – maximal aerobic exercise on premotor fraction of reaction time: An electromyographic study". J. of Clinical Biomechanics, 23, PP:231 – 253.
32. Quin, J. T. Schmidt, R. A. Zelaznik, H. N. Hawkons, B. and Mcfarguhar, R. (1980). "Target size influences on reaction time with movement time controlled". J. of Motor Behavior, 12, PP: 239-261.
33. Rose, S. A., J. F. Feldman, J.J. Jankowski, and D. M. Caro (2002). "A longitudinal study of visual expectation and reaction time in the first year of life". J. of Child Development, 73 (1),P: 47.
34. Salthouse, T. A. and Heden, T. (2002). "Interpreting reaction time measures in between – group comparisons". J. of Clinical and Experimental Neuropsychology, 24: 7, PP:858-872.
35. Sandra, G. B. and Yvonne, R. B. (2002). "The influence of preparedness on rapid stepping in young and older adults". J. of Clinical Rehabilitation, 16, PP:741-748.
36. Schmidt, R. A. and Lee T. D. (2011). "Motor control and learning: a behavioral emphasis". 5th edition, Human Kinetics, PP: 21-93.
37. Scott, G.M. Bhushan, B. and Sarah M. L. (2010). "Lower limb muscle premotor time measures during a choice reaction task associate with knee abduction loads during dynamic single leg landing". J. of Clinical Biomechanics, 25, 6, PP:563-569.
38. Siegel, D. (1986). "Movement duration, fractionated reaction time and response programming". J. of Research Quarterly for Exercise and Sport, 57, PP:128-131.
39. Spehar, B. and Kolesaric V. (2010). "The effects of stimulus context on components of simple reaction time". J. of Review of Psychology, 17, 1,PP: 59-67.

-
40. Spijkers, W. A. C. (1987). "Programming of direction and velocity of an aiming movement: The effect of probability and response – spicificity". J. of Acta Psychologica, 65, PP: 285-304.
 41. Weiss, AD. (1965). "The locus of reaction time change with sex, motivation and age". J. of Gerontology, 20, PP: 60-64.