رشد و یادگیری حرکتی _ ورزشی – پاییز ۱۳۹۸
دورهٔ ۱۱، شمارهٔ ۳، ص : ۳۶۰- ۳۴۳
تاریخ دریافت : ۰۱/ ۱۲ / ۹۷
تاریخ پذیرش : ۰۳/ ۰۶ / ۹۸

تأثیر دست‌برتری و دشواری تکلیف بر پهنای مؤثر هدف و دقت زمانی تکلیف مبادلهٔ سرعت- دقت فیتز

محمدرضا دوستان*[۱]- لیلا فرزاد[۲] – اسماعیل صائمی[۳] - ملیحه نیکنام[۴]

۱. استادیار گروه رفتار حرکتی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران ۲.کارشناس ارشد رفتار حرکتی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران ۳. استادیار گروه رفتار حرکتی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران ۴. کارشناس ارشد رفتار حرکتی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر دست‌برتری و دشواری تکلیف بر پهنای مؤثر هدف و دقت زمانی تکلیف مبادلهٔ سرعت- دقت فیتز بود. پژوهش حاضر از نوع پژوهش‌های نیمه‌تجربی بود. ابزار مورد استفاده شامل پرسشنامهٔ دست برتری ادینبورگ، قلم نوری، دستگاه سنجش مبادلهٔ سرعت- دقت، لپ‌تاپ، کرنومتر و مترونوم بود. جامعهٔ آماری پژوهش را دانش‌آموزان ۱۴ و ۱۵ ساله و نمونه را ۲۰ نفر تشکیل دادند (n=۲۰) که به روش نمونه‌گیری در دسترس در پژوهش شرکت کردند. آزمودنی‌ها به دو گروه ۱۰ نفرهٔ راست‌دست و چپ‌دست تقسیم شدند. هر آزمودنی چهار کوشش ۳۰ ثانیه‌ای تکلیف ضربه‌زنی دوطرفه به اهداف موردنظر را هماهنگ با صدای مترونوم انجام می‌داد. کوشش‌ها شامل دو تکلیف آسان و دشوار بود که آزمودنی هر تکلیف را با دست برتر و غیربرتر، هماهنگ با صدای مترونوم که با ضرباهنگ ۳۰۰ هزارم ثانیه تنظیم شده بود، انجام داد. برای تحلیل آماری داده‌ها از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد. نتایج نشان داد که دست‌برتری و دشواری تکلیف بر پهنای مؤثر هدف تأثیر معناداری ندارد (p=۰/۹۷۳ و p=۰/۶۱۱). همچنین دست‌برتری بر میانگین وقفهٔ زمانی نیز تأثیر نداشت (p=۰/۱۳۵ و p=۰/۷۸۵)، ولی در اندام غیربرتر میانگین وقفهٔ زمانی برای تکلیف دشوار بیش از تکلیف آسان بود (p=۰/۰۰۱). به‌نظر می‌رسد شرکت‌کنندگان در تکالیف دشوار با کاهش سرعت حرکت سعی می‌کنند میزان خطای فضایی را ثابت نگه‌دارند و سرعت را فدای دقت فضایی می‌کنند. همچنین خطای زمانی (میانگین وقفه) بیشتر تحت تأثیر دشواری تکلیف است تا دست‌برتری.

واژه‌های کلیدی

پهنای هدف، دست برتری، دشواری تکلیف، قانون فیتز.

---

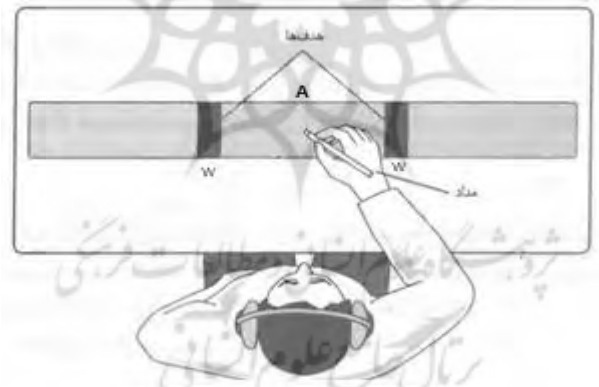
* نویسنده مسئول : تلفن : ۰۹۱۲۷۳۵۱۹۷۷ Email:mrdoostan@gmail.com

مقدمه

یکی از موضوعات مهم کنترل حرکتی که در زندگی روزمره زیاد به چشم می‌خورد، مبادلهٔ سرعت و دقت[1] است. مبادلهٔ سرعت- دقت، ویژگی مشترک در اجرای مهارت‌های حرکتی است، که در تکالیف نیازمند سرعت و دقت، افزایش سرعت با کاهش دقت فضایی همراه است و برای افزایش دقت، باید سرعت را کاهش داد (۱). تلاش بیشتر ما برای انجام سریع‌تر تکلیف امکان خطای بیشتر را به‌وجود می‌آورد. از طرف دیگر، تمرکز بیشتر روی دقت حرکت موجب آهسته‌تر شدن حرکت می‌شود (۲). هنگامی‌که افراد برای رسیدن به هدف، سریع و دقیق عمل کنند، در اینجا مبادلهٔ سرعت-دقت رخ می‌دهد. افزایش سرعت حرکت، سبب کاهش دقت فضایی و کاهش سرعت حرکت، موجب افزایش دقت فضایی می‌شود (۳).

قانون فیتز[2] با استفاده از یک تکلیف آزمایشگاهیِ ضربه‌زنی دوطرفه با استفاده از قلم ویژه به اهداف مشخص، یک معادلهٔ لگاریتمی برای مبادلهٔ سرعت و دقت پیشنهاد می‌کند که ارتباط زمان حرکت و شاخص دشواری[3](ID) را نشان می‌دهد (۴). فیتز دریافت که رابطهٔ بین اندازهٔ حرکت[4](A)، پهنای هدف[5] (W) و میانگین زمان حرکت[6](MT) منتج از این دو، از یک فرمول تبعیت می‌کند:

$$T = a + b\left[\log\left(\frac{2A}{W}\right)\right]$$ معادلهٔ ۱



شکل ۱. تصویری از تکلیف ضربه‌زنی دوطرفهٔ فیتز

1. speed-accuracy trade off
2. Fitts law
3. Index of Difficulty
4. Amplitude
5. Width
6. Movement Time

ارزش عددی $\log(\frac{2A}{W})$ به‌عنوان شاخص دشواری (ID) بیان می‌شود. افزایش شاخص دشواری سبب کاهش سرعت حرکت (افزایش MT) می‌شود (اشمیت و لی، ۲۰۰۵). قانون فیتز به‌طور وسیع روی اندام فوقانی، حرکات سر، در بین افراد بزرگسال و کودکان تحقیق و تأیید شده است (۵). فیتز بیان کرد که شکل یک حرکت، تنها عامل تعیین‌کنندهٔ زمان حرکت نیست و می‌توان نسبت بین فاصله و عرض هدف حرکت را به‌عنوان ماهیت اساسی در کنترل حرکتی نام برد (اشمیت و لی، ۲۰۰۵).

هکر[1] (۱۹۷۴) بیان کرد که شکل یک حرکت، تنها عامل تعیین‌کنندهٔ زمان حرکت نیست. او پیشنهاد کرد که می‌توان نسبت بین فاصله و عرض هدف حرکت را بررسی کرد و از آن به‌عنوان ماهیت اساسی و مهم در کنترل حرکتی نام برد. این مطلب امروزه با مفهوم شاخص دشواری (ID) مطالعه می‌شود (به نقل از اشمیت و لی، ۲۰۰۵) (۱).

حرکات هدف‌گیری و دستیابی روی دو مرحلهٔ تأکید کرده‌اند؛ یک مرحلهٔ از پیش‌برنامه‌ریزی‌شده، که اندام را به اطراف هدف می‌آورد. این بخش پوشانندهٔ مسافت حرکت به‌وسیلهٔ یک مرحلهٔ تعقیبی دنبال می‌شود (مثل کنترل در حال جریان[2]). طی مرحلهٔ دوم بازخورد بینایی و درونی برای کاهش هر گونه فاصله، بین اندام و جایگاه هدف به‌کار می‌رود (۶). در ابتدای حرکت، اندام به‌وسیلهٔ فرایند حلقهٔ باز و به‌صورت پرتابی حرکت را آغاز می‌کند و در انتهای آن حلقهٔ بسته آن را به سمت هدف نهایی خود می‌برد (۱).

دشواری حرکت برای تمامی ترکیبات A و W که نسبت یکسانی داشته باشند، مساوی است (۱). اوکادا[3] و آکیبا[4] (۲۰۱۰) مشاهده کردند که W، در شاخص دشواری نسبت به A، بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد. خطای حرکت به‌صورت انحراف استاندارد[5] (SD) درون‌فردی فاصلهٔ حرکت که به‌عنوان ناهمسانی یا «گستردگی» در حرکات هدف‌گیری به سمت هدف شناخته می‌شود، اندازه‌گیری می‌شود. این خطاها را پهنای مؤثر هدف[6] (W_e) نامیدند و آن را به‌عنوان اندازهٔ مؤثر هدفی در نظر گرفتند که فرد می‌تواند در MT و A خاصی به آن برسد. برای محاسبهٔ W_e از SD نقاط پایانی هدف استفاده می‌شود (۷):

معادلهٔ ۲ $$W_e = 4.133SD$$

1. Hacker
2. Current control
3. Okada
4. Akiba
5. Effective Wide

مبادلهٔ بین تغییرات فضایی و زمانی در حرکات هدف‌گیری دوجانبهٔ اندام فوقانی، تحقیق دانیون[1] و همکاران (۲۰۱۴) بود. نتایج آنها نشان داد که تغییرپذیری فضایی، با مدت زمان حرکت کاهش می‌یابد، درحالی‌که تغییرپذیری زمانی، با مدت زمان حرکت افزایش می‌یابد و همبستگی قوی منفی بین تغییرات فضایی و زمانی پس از تغییرات در طول حرکت مشاهده شد (۸).

اخیراً چندین فرضیه دربارهٔ مبادلهٔ سرعت- دقت مطرح شده است. پترنل[2] و همکاران (۲۰۱۷) بیان می‌کنند هنگامی‌که مغز ما تصمیم می‌گیرد که بدنمان را حرکت دهد، دو عامل اصلی در تعامل‌اند؛ اول، مغز با مبادلهٔ هزینه- سود،[3] بین اهمیت سرعت حرکت سریع‌تر به سمت هدف که با پاداش همراه است و افزایش هزینهٔ عضلانی ناشی از سرعت حرکت، مبادله ایجاد می‌کند؛ دوم، مغز با مبادلهٔ سرعت- دقت، بین اینکه چگونه حرکت دقیق را انجام دهد و زمان لازم برای دستیابی به چنین دقتی، مبادله ایجاد می‌کند. تاکنون، این دو مبادله، به‌طور جدی مطالعه شده‌اند، ولی وابستگی آنها به یکدیگر چندان زیاد نیست. برای غلبه بر این محدودیت، پترنل و همکاران (۲۰۱۷) مدل جدیدی را پیشنهاد کردند که قادر است همزمان هر دو مبادله را محاسبه کند. این مدل فرض می‌کند که سیستم عصبی مرکزی، سعی دارد سود مورد انتظار از پاداش بالقوه و هزینهٔ تکرار حرکات را، با در نظر گرفتن احتمال از دست دادن هدف، به حداکثر برساند. مدل برایند می‌تواند هر دو مبادلهٔ سرعت- دقت و هزینه-سود را محاسبه کند. نتایج کیفی نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی به‌طور موفقیت‌آمیزی برای هر دو هزینه-سود و سرعت- دقت ترکیب می‌کند (۹).

پیشرفت جدیدی در تحقیقات کنترل حرکتی برای درک چگونگی زمان انتخاب یک حرکت، رخ داده است. به‌طور ویژه، دو مدل یک معیار بهینه‌سازی را پیشنهاد دادند که حاوی مبادلهٔ بین تلاش عضلانی و ارزش ذهنی پاداش و بنابراین مبادلهٔ هزینه- سود[10] (CBT) است (۱۱، ۱۰). از یک سو، دریافت سریع پاداش به تلاش عضلانی بزرگ‌تر نیاز دارد (۱۲). از سوی دیگر، با کاهش ارزش ذهنی پاداش، زمان لازم برای انجام آن تکلیف افزایش یابد (۱۳). در نتیجه، سود خالص که شامل ارزش ذهنی منهای تلاش عضلانی است، برای یک زمان معین بهینه است. با این حال، این مدل‌ها به‌طور مستقیم نمی‌توانند حقایق اساسی در مورد رابطهٔ بین دشواری حرکت و مدت زمان حرکت را، که بیش از ۵۰ سال پیش توسط قانون

1. Danion
2 .Peternel1
3. cost-benefit trade-off

فیتز (۱۹۵۴) گرفته شده است، محاسبه کنند. با توجه به این قانون، برای رسیدن به هدف کوچک‌تر، یابد حرکت آهسته‌تری انجام گیرد. این قانون به‌صراحت به اصطلاح «مبادلهٔ سرعت-دقت» اشاره دارد، که بیان می‌کند یک حرکت سریع‌تر، دقت کمتری دارد، ازاین‌رو احتمال از دست دادن هدف بیشتر است. پس دسترسی سریع به یک شیء ممکن است ارزش ذهنی خیلی بالای مرتبط با آن را نداشته باشد و باید سرعت حرکت کم شود (۹).

تحقیقات مختلف نشان داده است که در انجام حرکات سریعِ نیازمند دقت، اندام‌های قرینه تفاوتی اساسی دارند که در مبادلهٔ سرعت- دقت نیز بر آن تأکید شده است (۱۴-۶۴). مهم‌ترین اندام‌های قرینه، دست‌ها هستند. هر دو دست تفاوت‌های خاصی برای کنترل حرکت در وضعیت‌های مختلف دارند. دست برتر تحت عنوان دستی که در فعالیت‌های روزانه از آن استفاده می‌شود، تعریف می‌شود (۱۷). در توضیح اینکه دست‌برتری[1] چگونه می‌تواند عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد، گرویوس[2] (۲۰۰۶) نتیجه گرفت که افراد راست‌دست حرکات هدف‌گیری را با سرعت بهتر، ظرافت بیشتر و درجهٔ بالاتری از دقت فضایی هنگام اجرا با دست راست خود نشان می‌دهند (۱۴). در این زمینه یک نگرش وجود دارد؛ هنگامی‌که تکالیف، همزمان به سرعت و دقت نیاز دارند، دست راست (برتر) سریع‌تر و دست چپ دقیق‌تر عمل می‌کند (۱۶).

براساس نتایج برخی تحقیقات چپ‌دست‌ها به‌علت آمادگی عصبی- روانی بهتر، از مزیت عمومی نسبت به راست‌دست‌ها برخوردارند (۱۸-۲۰). همچنین نتایج پژوهش میکویچین[3] و همکاران (۲۰۱۱)، پریش[4] (۲۰۱۳)، آسای[5] و همکاران (۲۰۱۰) و بسیاری از محققان دیگر نشان می‌دهد که دست چپ دقیق‌تر از دست راست است (۲۲،۲۱، ۱۶)، درحالی‌که تحقیقات زوزوا[6] و همکاران (۲۰۰۹) و گرویوس (۲۰۰۶) نشان داد که دست راست دقت بیشتری نسبت به دست چپ دارد (۲۳، ۱۴). کاباش[7] و همکاران (۱۹۹۳) نیز بیان کردند که در فواصل کمتر دقت دست راست بیشتر است (۲۴).

مقدم و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند هر دو گروه دست برتر راست و چپ در اجرا و یادگیری مهارت پرتاب آزاد بهبود داشتند (۱۷). استوکل و ویگلت[8] (۲۰۱۲) در پی پاسخگویی به این پرسش که آیا

---

1. Handedness
2. Grouios
3. Mickevičienė
4. Parish
5. Asai
6. Zuoza
7. Kabbash
8. Stöckel, & Weigelt

تمرینات اولیه با دست برتر و غیربرتر در کسب مهارت‌های پرتابی مؤثر است، به این نتیجه دست یافتند که تکالیف فضایی که ابتدا با دست غیربرتر تمرین می‌شوند، بهتر یاد گرفته می‌شوند، درحالی‌که تمرین با دست برتر برای تکالیفی با تولید نیروی بیشتر، کارامدتر است (۲۵). گورسی[1](۲۰۰۹) عنوان کرد چپ‌دست‌ها برتری ذاتی نسبت به راست‌دست‌ها در خصوص مهارت‌های حرکتی فضایی دارند (۱۹). لنهارد و هافمن[2](۲۰۰۷) دریافتند که شواهد قانع‌کننده‌ای برای برتری دست چپ در راست‌دست‌ها برای برنامه‌ریزی فضایی در حرکات دسترسی وجود دارد (۲۶). با این حال، دانش اندکی در مورد مهارت در افراد چپ‌دست موجود است. تحقیقات انجام‌گرفته نیز مؤید این نکته است که چپ‌دست‌ها به‌طور نامناسبی در ورزش‌های تعاملی مانند تنیس (۲۰)، شمشیربازی (۲۷)، بیسبال (۲۹، ۲۸) و کریکت (۳۰) بیشتر از ورزش‌های غیرتعاملی مانند ژیمناستیک یا دارت (۳۱) شرکت دارند.

با توجه به اهمیت سرعت و دقت در عملکردهای حرکتی و همچنین اهمیت دست برتر و غیربرتر و همچنین با توجه به اینکه پژوهش‌های اندکی در زمینهٔ بررسی اهمیت دست برتری در مبادلهٔ سرعت- دقت انجام گرفته است، در این پژوهش درصدد پاسخگویی به این پرسش بودیم که آیا دشواری تکلیف و دست برتری روی مؤلفه‌های مبادلهٔ سرعت- دقت اثرگذار است؟

روش‌شناسی

نوع پژوهش حاضر بنیادی با طرح درون‌گروهی و بین‌گروهی و روش تحقیق به‌صورت نیمه‌تجربی است که در آن تأثیر دشواری تکلیف و دست برتری بر مبادله سرعت- دقت بررسی شده است. جامعهٔ آماری تحقیق دانش‌آموزان پسر پایهٔ هشتم دبیرستان قیصر امین‌پور شهرستان شوشتر (با میانگین سنی ۱۴/۲ سال) بودند. شرکت‌کنندگان ابتدا داوطلبانه در پژوهش شرکت کردند و از میان آنها ۲۰ نفر به‌صورت هدفمند انتخاب شدند. از سیاههٔ دست برتری ادینبورگ برای ارزیابی دست برتری استفاده شد که از بین جامعهٔ مذکور تعداد ۱۰ نفر راست‌دست و ۱۰ نفر چپ‌دست خالص انتخاب شدند. معیارهای ورود به پژوهش شامل سلامت جسمانی و حرکتی (از طریق پرسشنامه) و داشتن دامنهٔ بینایی طبیعی (از طریق شاخص اسنلن) بود. ابزار مورد استفاده شامل دستگاه سنجش مبادلهٔ سرعت- دقت، قلم نوری، لپ‌تاپ، مترونوم و کرونومتر بود. نرم‌افزار مورد استفاده در پژوهش حاضر توسط دوستان (۲۰۱۶) طراحی شد. در

1. Gursoy
2. Lenhard & Hoffmann

این نرم‌افزار، صفحه‌ای طراحی شده است که در آن دو یا چند هدف به شکل دایره، مربع یا خط با پهنای (W) و فاصلهٔ بین دو هدف (A) وجود دارد.

تکلیف شرکت‌کننده این است که در مدت زمانی که آزمونگر تعیین می‌کند، به اهدافی که بر روی تبلت تعبیه شده‌اند، با استفاده از قلم نوری، به سرعت و با دقت ضربه بزند، طوری‌که محل ضربه درون اهداف باشد. پس از پایان هر آزمون، دستگاه چند خروجی به‌صورت عددی به ما می‌دهد که شامل زمان حرکت، تعداد کل ضربات زده‌شده، تعداد ضربه‌های خطا، تعداد ضربه‌های درست و اشتباه، میانگین فاصلهٔ زمانی بین ضربه‌ها و فاصلهٔ هر ضربه تا مرکز هدف مربوط به خودش است، که به‌طور خودکار توسط دستگاه ثبت می‌شوند. روایی نرم‌افزار توسط متخصصان و افراد خبره در حوزهٔ رفتار حرکتی تأیید شد. پایایی ابزار از طریق روش آزمون- بازآزمون، از طریق ضریب همبستگی پیرسون ۰/۸۲۳ به‌دست آمد. تمامی آزمودنی‌ها پیش از اجرای آزمون توسط آزمونگر با موارد آزمون و با نحوهٔ اجرای تکالیف و هماهنگی با صدای مترونوم آشنایی پیدا می‌کردند. سپس به فرد فرصت داده می‌شد تا قلم نوری را در دست بگیرد و ضمن هماهنگ شدن با صدای مترونورم که به شیوه‌ای تنظیم شده بود که فاصلهٔ هر ضربه ۳۰۰ هزارم ثانیه باشد، آزمون را تمرین کند. آزمون شامل دو تکلیف آسان با فاصلهٔ اهداف ۱۵۰ میلی‌متر و عرض هدف ۱۵ میلی‌متر و تکلیف دشوار با فاصلهٔ اهداف ۸۰ میلی‌متر و عرض هدف ۵ میلی‌متر بود. اجرای آزمون به این صورت بود که آزمودنی ابتدا تکلیف آسان را به مدت ۳۰ ثانیه با دست برتر و سپس همان تکلیف را با دست غیربرتر به مدت ۳۰ ثانیه انجام می‌داد. سپس آزمودنی آزمون دشوار را به مدت ۳۰ ثانیه با دست برتر و غیربرتر انجام می‌داد (شکل ۱). براساس پژوهش‌های پیشین میانگین انحراف استاندارد خطاهای زمانی از الگوی ازپیش‌تعیین‌شدهٔ مترونوم (۳۰۰ هزارم ثانیه) به‌عنوان خطای زمانی یا دقت زمانی در نظر گرفته شد. همچنین انحراف استاندارد پراکندگی ضربات زده‌شده به سمت اهداف (پهنای مؤثر هدف) به‌عنوان خطای فضایی در نظر گرفته شد.

برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک و نیز برای همگنی واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد و سطح معناداری بالای ۰/۰۵ به‌دست آمد. برای بررسی استنباطی و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از آزمون‌های آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری، t مستقل و t وابسته استفاده شد. سطوح معناداری در نظرگرفته‌شده در همهٔ آزمون‌ها $P<۰/۰۵$ بود. برای انجام تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۱ استفاده شد.

شکل ۲. تصاویری از نحوه انجام تکالیف سرعت- دقت ساده و دشوار

یافته‌ها

یافته‌ها نشان داد که در پهنای مؤثر هدف (We)، اثر اصلی دشواری تکلیف معنادار نیست؛ بدین‌معنا که در پهنای مؤثر اهداف راست و چپ بین دو تکلیف ساده و دشوار، صرف‌نظر از نوع اندام و دست برتری، تفاوت معناداری وجود ندارد ($F=۰/۲۶۸$ ،$p=۰/۶۱۱$ ،$\eta^2=۰/۰۱۵$). علاوه‌بر این، تعامل دشواری تکلیف در گروه ($F=۰/۴۲۵$ ،$P=۰/۵۲۳$ ،$\eta^2=۰/۰۲۳$) معنادار نشد. همچنین اثر اصلی اندام (دست برتر-غیربرتر) معنادار نیست؛ بدین معنا که در پهنای مؤثر هدف (We)، صرف‌نظر از جهت اهداف، دشواری تکلیف و دست برتری، بین دست برتر و غیربرتر تفاوت وجود ندارد. یافته‌های مربوط به اثر اصلی جهت هدف معنادار نیست ($F=۱/۶۹۶$ ،$P=۰/۲۰۹$ ،$\eta^2=۰/۰۸۶$)؛ بدین‌معنا که در پهنای مؤثر هدف (We)، صرف‌نظر از دشواری تکلیف، نوع اندام و دست برتری، بین دو هدف راست و چپ تفاوت وجود ندارد (جدول ۱).

پرتال جامع علوم انسانی

جدول۱.نتایج آزمون تحلیل تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری مرکب (۲*۲*۲) برای بررسی تفاوت بین پهنای مؤثر هدف (We) سمت راست و چپ، در دو دشواری تکلیف، در دست برتر و غیربرتر افراد راست‌دست و چپ‌دست

منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجهٔ آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	سطح معناداری	مجذور اتا
دشواری تکلیف	۲۰۳/۹۰۶	۱	۲۰۳/۹۰۶	۰/۲۶۸	۰/۶۱۱	۰/۰۱۵
دشواری تکلیف * گروه	۳۳۹/۳۰۶	۱	۳۳۹/۳۰۶	۰/۴۲۵	۰/۵۲۳	۰/۰۲۳
اندام (دست برتر-غیربرتر)	۱/۰۵۶	۱	۱/۰۵۶	۰/۰۰۱	۰/۹۷۳	۰/۰۰۱
اندام * گروه	۱۲۶۰/۰۰۶	۱	۱۲۶۰/۰۰۶	۱/۳۶۵	۰/۲۵۸	۰/۰۷۱
جهت هدف	۳۰۳۶/۳۰۶	۱	۳۰۳۶/۳۰۶	۱/۶۹۶	۰/۲۰۹	۰/۰۸۶
جهت هدف * گروه	۳۵۷/۰۰۶	۱	۳۵۷/۰۰۶	۰/۱۹۹	۰/۶۶۱	۰/۰۱۱
دشواری تکلیف * اندام	۵۱۴۱/۵۵۶	۱	۵۱۴۱/۵۵۶	۷/۹۰۵	*۰/۰۱۲	۰/۳۰۵
دشواری تکلیف * اندام * گروه	۶/۸۰۶	۱	۶/۸۰۶	۰/۰۱۰	۰/۹۲۰	۰/۰۰۱
دشواری تکلیف * جهت هدف	۱۲۴/۲۵۶	۱	۱۲۴/۲۵۶	۰/۵۰۲	۰/۴۸۸	۰/۰۲۷
دشواری تکلیف* جهت هدف* گروه	۶۳/۷۵۶	۱	۶۳/۷۵۶	۰/۲۵۷	۰/۶۱۸	۰/۰۱۴
اندام * جهت هدف	۴۲۵۳/۹۰۶	۱	۴۲۵۳/۹۰۶	۳/۹۳۸	۰/۰۶۳	۰/۱۷۹
اندام * جهت هدف * گروه	۴۷۹/۵۵۶	۱	۴۷۹/۵۵۶	۰/۴۴۴	۰/۵۱۴	۰/۰۲۴
دشواری * اندام * جهت هدف	۷/۶۵۶	۱	۷/۶۵۶	۰/۰۱۰	۰/۹۲۰	۰/۰۰۱
دشواری* اندام* جهت هدف * گروه	۷۷/۰۰۶	۱	۷۷/۰۰۶	۰/۱۰۴	۰/۷۵۰	۰/۰۰۶

با توجه به اینکه تعامل دشواری تکلیف در اندام ($F=۷/۹۰۵$ ،$sig=۰/۰۱۲$ ،$\eta^2=۰/۳۰۵$) معنادار شد، از آزمون t مستقل برای یافتن جایگاه تفاوت استفاده شد. این آزمون نشان داد که در تکلیف آسان و دشوار، بین اندام برتر و غیربرتر تفاوت معناداری وجود ندارد (جدول ۲).

جدول ۲. آزمون t مستقل بین دو اندام برتر و غیربرتر در پهنای مؤثر هدف (We) اهداف، در دو تکلیف آسان دشوار

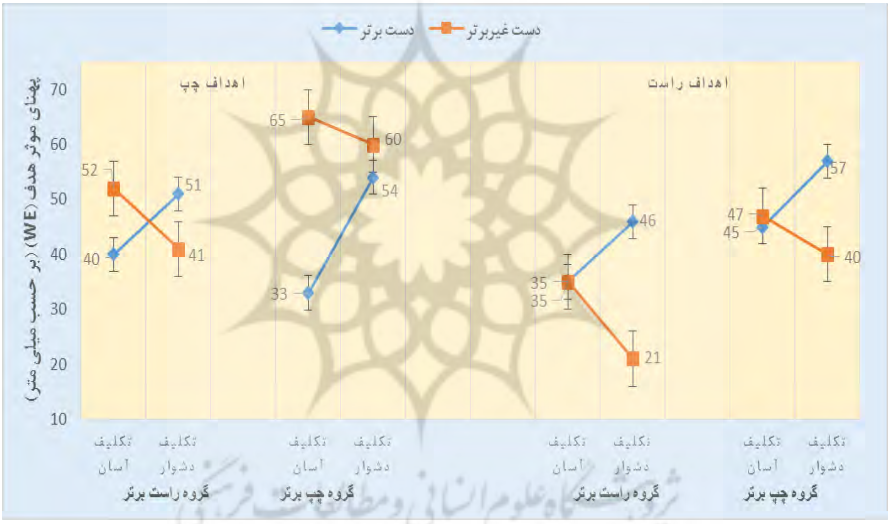
دشواری تکلیف	اندام	میانگین	انحراف استاندارد	مقدار t	درجهٔ آزادی	سطح معناداری
آسان	برتر	۳۸/۷۰۰	۲۰/۵۷	-۱/۹۲۹	۱۹	۰/۰۶۹
	غیربرتر	۵۰/۲۰۰	۱۶/۳۹			
دشوار	برتر	۵۲/۳۵۰	۲۱/۰۳	۱/۷۱۸	۱۹	۰/۱۰۲
	غیربرتر	۴۱/۱۷	۲۱/۶۴			

همچنین آزمون t وابسته نشان می‌دهد که در هر دو اندام برتر و غیربرتر، بین دو تکلیف آسان و دشوار، تفاوت معناداری وجود ندارد ($sig=۰/۰۵۵$، $t=-۲/۰۴۰$ و $sig=۰/۰۸۶$، $t=۱/۸۱۳$).

جدول ۳. آزمون t وابستهٔ بین دو تکلیف آسان و دشوار در پهنای مؤثر هدف (We) اهداف، در دو اندام برتر و غیربرتر

اندام	دشواری تکلیف	میانگین	انحراف استاندارد	مقدار t	درجهٔ آزادی	سطح معناداری
برتر	آسان	۳۸/۷۰	۲۰/۵۷	-۲/۰۴۰	۱۹	۰/۰۵۵
	دشوار	۵۲/۳۵	۲۱/۰۳			
غیربرتر	آسان	۵۰/۲۰	۱۶/۳۹	۱/۸۱۳	۱۹	۰/۰۸۶
	دشوار	۴۱/۱۷	۲۱/۶۴			

همان‌طورکه در نتایج جدول ۳ آزمون‌های t وابسته نشان می‌دهد، در هر دو اندام برتر و غیربرتر، بین دو تکلیف آسان و دشوار، تفاوت معناداری وجود ندارد (sig=۰/۰۵۵، t=-۲/۰۴۰ و sig=۰/۰۸۶، t=۱/۸۱۳).



نمودار ۱. پهنای مؤثر هدف (We) اهداف، در دو دشواری تکلیف، در دست برتر و غیربرتر افراد راست دست و چپ‌دست: همان‌طورکه مشاهده می‌شود، در اهداف سمت چپ، پهنای مؤثر هدف (خطای فضایی) در دست غیربرتر بیشتر است؛ ولی در اهداف سمت راست این متغیر در دست برتر بیشتر بوده است. روی‌هم‌رفته در اهداف سمت راست شاید به‌دلیل نزدیکی به چشم برتر خطای فضایی کمتر بوده است. نکتهٔ مهم دیگر اینکه در دست برتر در همهٔ آزمون‌ها خطای فضایی در تکالیف آسان نسبت به تکالیف دشوار کمتر بوده، ولی در دست غیربرتر این موضوع صادق نبوده است. با این‌حال به‌دلیل نزدیکی متغیرها در بیشتر موارد تفاوت‌ها معنادار نشده است.

همان‌طورکه در جدول ۳ مشاهده می‌شود، در میانگین وقفهٔ زمانی، یافته‌ها نشان داد که اثر اصلی دشواری تکلیف معنادار نیست؛ بدین‌معنا که در میانگین وقفه بین ضربات به اهداف راست و چپ بین دو تکلیف ساده و دشوار، صرف‌نظر از نوع اندام و دست برتری، تفاوت معناداری وجود ندارد. همچنین اثر اصلی اندام (دست برتر-غیربرتر) معنادار نیست؛ بدین‌معنا که در میانگین وقفه بین ضربات به اهداف، صرف‌نظر از جهت اهداف، دشواری تکلیف، بین دست برتر و غیربرتر تفاوت وجود ندارد. یافته‌ها همچنین نشان داد که اثر اصلی جهت هدف معنادار نیست؛ بدین‌معنا که در میانگین وقفه بین ضربات به اهداف، صرف‌نظر از دشواری تکلیف، نوع اندام و دست برتری، بین دو هدف راست و چپ تفاوت وجود ندارد، ولی تعامل دشواری تکلیف در اندام معنادار شد. برای بررسی جایگاه تفاوت‌ها از آزمون t مستقل استفاده شد که نتایج در جدول ۴ آمده است.

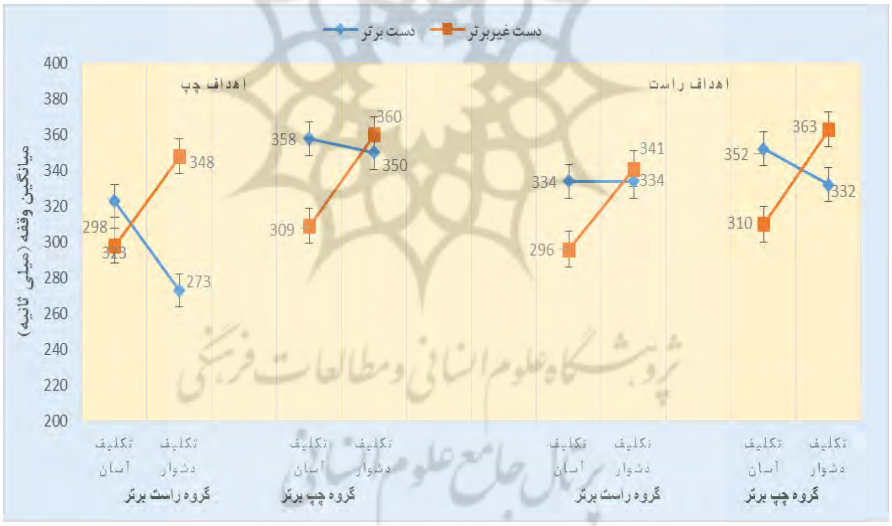
جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری مرکب (۲*۲*۲) برای بررسی تفاوت بین میانگین وقفه بین ضربات به اهداف راست و چپ، در دو دشواری تکلیف، در دست برتر و غیربرتر افراد راست‌دست و چپ‌دست

منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجهٔ آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	سطح معناداری	مجذور اتا
دشواری تکلیف	۸۸۳۴/۱۲۱	۱	۸۸۳۴/۱۲۱	۲/۴۴۵	۰/۱۳۵	۰/۱۲۰
دشواری تکلیف * گروه	۶۱۶/۹۷۱	۱	۶۱۶/۹۷۱	۰/۱۷۱	۰/۶۸۴	۰/۰۰۹
اندام (دست برتر-غیربرتر)	۵۴۲/۰۲۷	۱	۵۴۲/۰۲۷	۰/۰۷۷	۰/۷۸۵	۰/۰۰۴
اندام * گروه	۳۰۰۱/۸۱۶	۱	۳۰۰۱/۸۱۶	۰/۴۲۶	۰/۵۲۲	۰/۰۲۳
جهت هدف	۱۱۰۰/۳۴۹	۱	۱۱۰۰/۳۴۹	۰/۸۶۷	۰/۳۶۴	۰/۰۴۶
جهت هدف * گروه	۴۲۴۹/۲۶۷	۱	۴۲۴۹/۲۶۷	۳/۳۴۷	۰/۰۸۴	۰/۱۵۷
دشواری تکلیف * اندام	۴۸۳۸۶/۲۸۴	۱	۴۸۳۸۶/۲۸	۱۱/۴۹۴	۰/۰۰۳	۰/۳۹۰
دشواری تکلیف* اندام * گروه	۷۶/۶۸۷	۱	۷۶/۶۸۷	۰/۰۱۸	۰/۸۹۴	۰/۰۰۱
دشواری تکلیف * جهت هدف	۷۵۰/۱۷۳	۱	۷۵۰/۱۷۳	۰/۵۰۰	۰/۴۸۹	۰/۰۲۷
دشواری تکلیف* جهت هدف* گروه	۲۰۱۴/۷۶۷	۱	۲۰۱۴/۷۶۷	۱/۳۴۳	۰/۲۶۲	۰/۰۶۹
اندام * جهت هدف	۱۶۸۷/۹۸۶	۱	۱۶۸۷/۹۸۶	۱/۰۱۴	۰/۳۲۷	۰/۰۵۳
اندام * جهت هدف * گروه	۷۱۴۰/۷۸۶	۱	۷۱۴۰/۷۸۶	۴/۲۸۹	۰/۰۵۳	۰/۱۹۲
دشواری * اندام * جهت هدف	۱۰۷۳/۶۵۹	۱	۱۰۷۳/۶۵۹	۰/۵۳۱	۰/۴۷۵	۰/۰۲۹
دشواری* اندام* جهت هدف* گروه	۲۹۸۴/۸۶۱	۱	۲۹۸۴/۸۶۱	۱/۴۷۸	۰/۲۴۰	۰/۰۷۶

جدول ۴. آزمون t مستقل بین دو تکلیف آسان و دشوار در میانگین وقفه بین ضربات به اهداف، در دست برتر و غیربرتر

اندام	تکلیف	میانگین	انحراف استاندارد	مقدار t	درجهٔ آزادی	سطح معناداری
دست برتر	آسان	۳۴۲	۳۵/۶۶۶	۱/۳۵۵	۱۹	۰/۱۹۱
	دشوار	۳۲۲	۷۹/۵۱۱			
دست غیربرتر	آسان	۳۰۳	۶۱/۰۱۱	-۳/۳۷۱	۱۹	*۰/۰۰۱
	دشوار	۳۵۳	۳۷/۲۰۸			

در جدول ۴ آزمون‌های t مستقل نشان می‌دهد که در میانگین وقفه در دست برتر، بین دو تکلیف آسان و دشوار تفاوت معناداری وجود ندارد، ولی در میانگین وقفه در دست غیربرتر، بین دو تکلیف آسان و دشوار تفاوت معناداری وجود دارد. مقایسهٔ میانگین‌ها نشان می‌دهد که تکلیف آسان، نسبت به تکلیف دشوار دارای میانگین وقفهٔ کمتری است.



نمودار ۲ . میانگین وقفه، در دو دشواری تکلیف، در دست برتر و غیربرتر افراد راست‌دست و چپ‌دست: همان‌طورکه مشاهده می‌شود میانگین وقفهٔ زمانی (خطاهای زمانی) به‌ویژه در دست غیربرتر در تکالیف دشوار بیشتر است. این تفاوت در دست برتر کمتر است. به‌نظر می‌رسد سرعت و دقت زمانی در دست برتر بهتر از دست غیربرتر است. دست غیربرتر در تکالیف پیچیده‌تر در انجام تکالیف سریع با مشکل مواجه می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج در مورد پهنای مؤثر اهداف (We) نشان داد که بین دو تکلیف ساده و دشوار، تفاوت معناداری وجود ندارد. همچنین صرف‌نظر از عوامل مختلف، بین دو هدف راست و چپ تفاوت وجود نداشت. بین دو گروه راست‌دست و چپ‌دست نیز تفاوت وجود ندارد. همچنین در پهنای مؤثر هدف (We)، صرف‌نظر از جهت اهداف، دشواری تکلیف و دست برتری، بین دستِ برتر و غیربرتر تفاوت وجود نداشت و تنها در تکلیف آسان، اندکی در دست غیربرتر بیشتر از دست برتر بود که البته این تفاوت معنادار نشد. این نتایج جالب توجه است و نشان می‌دهد که پراکندگی فضایی ضربات چندان تفاوتی نداشته است. حتی در دو اندام برتر و غیربرتر نیز تفاوت نداشته است. این در حالی است که آسای و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که عملکرد حرکتی در هر دست متفاوت از دیگری است و در زندگی روزمره دست غیربرتر نقش حمایتی برای دست برتر بازی می‌کند (۱۶). نتایج ما با نظر استوکل و ویگلت (۲۰۱۲) ەخوان نبود. آنها نشان دادند که تکالیف دقت فضایی که با دست غیربرتر تمرین شدند، بهتر یاد گرفته شده‌اند، درحالی‌که تمرین با دست برتر برای تکالیفی با تولید حداکثر نیرو، کارامدترند. همچنین دست برتر در کسب مسیرهای مستقیم در میدان نیروی جدید بهتر عمل می‌کند، دست غیربرتر در توقف بر روی هدف دقیق‌تر است (۲۵). همچنین ریسبرگ[1]فرضیه‌ای (فرضیهٔ برتری پویا) را بیان می‌کند که دستِ برتر در مورد پویایی حرکت به‌ویژه در طول اعمال سریع، آماده‌تر است، درحالی‌که دست غیربرتر برای کسب وضعیت موازنهٔ مورد نیاز، مناسب‌تر است (۳۲). برتری جانبی تفاوت بین کنترل دست چپ و راست را نشان می‌دهد (۲۱). شاید دلیل عدم تفاوت We در دست‌ها در هر دو تکالیف ساده و دشوار، اهمیت دادن به دقت بیشتر نسبت به سرعت در نزد مشارکت‌کنندگان باشد. براساس فرضیهٔ پترنل و همکاران (۲۰۱۷)، در تکلیف حاضر سیستم عصبی مرکزی، از دست ندادن هدف را بر کاهش سرعت حرکت ترجیح داده است (۹). مدل برایند پترنل هر دو مبادلهٔ سرعت- دقت و هزینه- سود را محاسبه کرده است. در واقع ارزش ذهنی دقت یشتر از ارزش ذهنی سرعت بوده است. مقایسهٔ میانگین زمانی حرکت نیز کاملاً نشان می‌دهد که با دشوارتر شدن تکالیف، زمان حرکتی شرکت‌کنندگان بیشتر از ریتم ضربه‌زنی مترونوم بوده است. براساس معیار بهینه‌سازیِ این دو مدل که حاوی مبادلهٔ بین تلاش عضلانی و ارزش ذهنی پاداش و بنابراین مبادلهٔ هزینه- سود (CBT) است (۱۱،۱۰)، در تکلیف پژوهش حاضر، ارزش ذهنی پاداش برای شرکت‌کنندگان

1. Risberg

در انجام حرکتِ دقیق‌تر بوده است؛ بنابراین، زمان لازم برای انجام تکلیف افزایش یافته است. این موضوع سبب شده است که در انجام تکالیف هم با دست برتر و هم با دست غیربرتر، سرعت حرکت، فدای دقت آن شود و تفاوت چندانی در We مشاهده نشود.

این در حالی است که تفاوت در الگوهای زمانی در قالب میانگین وقفهٔ زمانی واضح‌تر و بیشتر بود. در میانگین وقفه بین دو تکلیف ساده و دشوار، صرف‌نظر از نوع اندام و دست برتری، تفاوت وجود نداشت، ولی بین دست برتر و غیربرتر دو گروه راست‌دست و چپ‌دست، در میانگین وقفه بین ضربات به اهداف تفاوت وجود داشت، به‌طوری‌که در دست غیربرتر، در تکلیف آسان نسبت به تکلیف دشوار کمتر بود. این نتایج نشان می‌دهد که در دست غیربرتر الگوی زمانی و سرعت حرکت به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. همچنین مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که تکلیف آسان، نسبت به تکلیف دشوار دارای میانگین وقفهٔ کمتری است.

حرکات در ماهیتشان، جنبه‌های فضایی و زمانی دارند. جنبهٔ زمانی مهارت، در نتیجهٔ رشد الگوی زمان‌بندی نسبی اجراکننده تغییر می‌کند و این تغییرات در جهت افزایش یا کاهش زمان کلی ایجاد خواهد شد. همچنین محدودیت فضایی ایجادشده از طریق تکلیف، مانند نسبت عرض هدف و فاصله، عامل تعیین‌کننده‌ای در کنترل حرکتی است (۳۳). میکویچین (۲۰۱۰) نشان داد که حرکات هدف‌گیری یک‌دستی با دقت بیشتری در دست چپ نسبت به دست راست کنترل می‌شود و نیز هیچ اطلاعاتی دربارهٔ تفاوت تغییرات درون‌فردی، زمان حرکت، سرعت و دقت حرکت در طول تکالیف سریع و دقیق بین دست چپ و راست در حین تکالیف دودستی یافت نکرد (۲۱). گاتنیک[1](۲۰۱۵) نیز بیان کرد که الگوی پایدار دست راست و چپ برای کنترل حرکت و به‌کارگیری استراتژی کنترل حرکت متفاوت‌اند (۳۴).

به‌نظر می‌رسد، دست غیربرتر نسبت به دست برتر، برای انجام حرکت دقیق‌تر سرعت حرکت را بیشتر کاهش می‌دهد، به‌طوری‌که کمترین سرعت اجرا در اجرای تکلیف دشوار با دست غیربرتر مشاهده می‌شود. هنکوک و نیوئل[2](۱۹۸۵) روابط فضایی- زمانی را در تکالیف سرعت- دقت گزارش کردند. از لحاظ تئوریکی مبنای قانون فضا- زمان این است که خطاهای فضایی همیشه باید نسبت به زمان، اندازه‌گیری شوند و برعکس (۳۵). با استناد به این قانون دامنهٔ حرکت سبب بررسی دقیق روابط فضایی- زمانی برای خطای حرکت می‌شود. اشمیت (۲۰۰۵) بیان کرد که در MTهای مختلف، هرچه A افزایش یابد، پهنای

1. Gutnik
2. Hancock & Newell

مؤثر هدف نیز تقریباً به‌صورت خطی افزایش می‌یابد. همچنین با صرف‌نظر کردن از اثر فاصله و با در نظر گرفتن زمان می‌توان گفت که هرچه MT کمتر باشد، در فاصله‌های حرکت مشخص، We افزایش بیشتری را نشان می‌دهد. می‌توان گفت که با افزایش سرعت حرکت، دقت فضایی آن کاهش می‌یابد. همچنین برای هر حرکت آهسته‌تر، یک کاهش در دقت زمانی وجود دارد و کنترل حرکت را در هم می‌شکند (۱).

از نظر عصب‌شناختی، حرکات سریع‌تر به‌دلیل حضور نویز وابسته به سیگنال در سیستم کنترل حرکتی انسان (۳۶-۳۸)، کمتر دقیق‌اند. مدل پترنل و همکاران (۲۰۱۷) نیز که بر روی کنترل مطلوب تصادفی حرکتی بنا شد، تغییرپذیری را به‌عنوان عنصری کلیدی از حرکات انسانی در نظر می‌گیرد (۹).

اگر هدف کوچک‌تر باشد، احتمال وقوع آن برای زمان معین کوچک‌تر می‌شود (در تکلیف دشوار پژوهش حاضر)، بنابراین انتظار می‌رود پاداش کوچک‌تر باشد. پس، زمان بهینهٔ منتج از ترکیب مطلوب این پاداش مورد انتظار با هزینهٔ حرکت، باید به زمان‌های طولانی‌تر تغییر کند، که مطابق با قانون فیتز است (۹). علاوه‌بر این، در زمان بهینه، احتمال از دست دادن هدف برای اهداف کوچک‌تر از اهداف بزرگ‌تر، بیشتر است. به همین دلیل است که افراد کمتر به اهداف کوچک‌تر دسترسی می‌یابند. کاهش سرعت حرکت، احتمال از دست رفتن آنها را کاهش می‌دهد، اما به‌دلیل از دست دادن تنظیم ذهنی، تنظیم ذهنی ضعیف‌تری به‌وجود می‌آید. مدل محاسباتی پیشنهادی پترنل و همکاران (۲۰۱۷) دربارهٔ مبادلهٔ سرعت- دقت، از طریق شبیه‌سازی دو درجهٔ آزادی بازوها که به‌وسیلهٔ شش عضله کنترل می‌شود، نشان داده شده است (۹). این مدل شامل بازخورد تأخیری و نویز حرکتی وابسته به سیگنال است، که برای این واقعیت است که سیگنال فعال‌سازی حرکتی نزولی از سیستم عصبی مرکزی به موتونورون‌ها، با برخی از نویزهای متناسب با این سیگنال تخریب می‌شود (۳۹).

نکتهٔ مهم پژوهش حاضر این است که در اجرای تکالیف نیازمند سرعت و دقت، افراد راست‌دست هنگام اجرا با دست غیربرتر بیشتر مشکل دارند، با این حال این محدودیتِ حرکتی، بیشتر در تنظیم زمانی حرکت رخ می‌دهد تا تنظیم فضایی. به‌نظر می‌رسد در تکالیفی که به‌طور همزمان نیازمند دقت و سرعت هستند، هم خطای فضایی و هم خطای زمانی تحت تأثیر دشواری تکلیف قرار می‌گیرند، ولی خطای زمانی (میانگین وقفه) بیشتر تحت تأثیر دشواری تکلیف است تا دست برتری و اندام. با وجود این پژوهش حاضر روی نوجوانان انجام گرفت، شاید نتایج چنین پژوهشی در رده‌های سنی دیگر و در افراد ورزشکار متفاوت باشد. همچنین پیشنهاد می‌شود پژوهش‌هایی با کنترل خستگی، بی‌خوابی و سایر عوامل مؤثر بر تکالیف ظریف، انجام پذیرد.

منابع و مآخذ

1. Schmidt R A LTD. Motor control and learning: A behavioral emphasis. 4, editor: Human Kinetics; 2005.

2. Van Veen V, Krug MK, Carter CS. The neural and computational basis of controlled speed-accuracy tradeoff during task performance. Journal of Cognitive Neuroscience. 2008;20(11):1952-65.

3. Rozand V, Lebon F, Papaxanthis C, Lepers R. Effect of mental fatigue on speed–accuracy trade-off. Neuroscience. 2015;297:219-30.

4. Fitts PM. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. Journal of experimental psychology. 1954;47(6):381.

5. Elliott D, Hansen S, Grierson LE, Lyons J, Bennett SJ, Hayes SJ. Goal-directed aiming: two components but multiple processes. Psychological bulletin. 2010;136(6):1023.

6. Ifft P, Lebedev M, Nicolelis MA. Cortical correlates of Fitts' law. Frontiers in integrative neuroscience. 2011;5:85.

7. Plamondon R, Alimi AM. Speed/accuracy trade-offs in target-directed movements. Behavioral and brain sciences. 1997;20(2):279-303.

8. Danion F, Bongers RM, Bootsma RJ. The trade-off between spatial and temporal variabilities in reciprocal upper-limb aiming movements of different durations. PloS one. 2014;9(5):e97447.

9. Peternel L, Sigaud O, Babič J. Unifying speed-accuracy trade-off and cost-benefit trade-off in human reaching movements. Frontiers in human neuroscience. 2017;11:615.

10. Shadmehr R, De Xivry JJO, Xu-Wilson M, Shih T-Y. Temporal discounting of reward and the cost of time in motor control. Journal of Neuroscience. 2010;30(31):10507-16.

11. Rigoux L, Guigon E. A model of reward-and effort-based optimal decision making and motor control. PLoS computational biology. 2012;8(10):e1002716.

12. Young WB, Bilby GE. The effect of voluntary effort to influence speed of contraction on strength, muscular power, and hypertrophy development. The Journal of Strength & Conditioning Research. 1993;7(3):172-8.

13. Green L, Myerson J. A discounting framework for choice with delayed and probabilistic rewards. Psychological bulletin. 2004;130(5):769.

14. Grouios G. Right hand advantage in visually guided reaching and aiming movements: brief review and comments. Ergonomics. 2006;49(10):1013-7.

15. Bagi J, Kudachi, P., & Goudar, S. . Influence of motor task on handedness. Al Ameen Journal of Medical Sciences. 2011;4(1):87-91.

16. Asai T, Sugimori E, Tanno Y. Two agents in the brain: motor control of unimanual and bimanual reaching movements. PloS one. 2010;5(4):e10086.

17. Moghadam A NNM, Rezaeian F. Comparation of the effect of ipsilateral and contralateral eye-hand dominant on the accuracy of the free throwing of basketball players. Quarterly Journal of Sport Sciences. 2002;2(8):35-44.

18. Bisiacchi PS, Ripoll H, Stein JF, Simonet P, Azemar G. Left-handedness in fencers: An attentional advantage? Perceptual and motor skills. 1985;61(2):507-13.

19. Gursoy R. Effects of left-or right-hand preference on the success of boxers in Turkey. British Journal of Sports Medicine. 2009;43(2):142-4.

20. Holtzen DW. Handedness and professional tennis. International Journal of neuroscience. 2000;105(1-4):101-19.

21. Mickevičienė D, Motiejūnaitė K, Karanauskienė D, Skurvydas A, Vizbaraitė D, Krutulytė G, et al. Gender-dependent bimanual task performance. Medicina. 2011;47(9):73.

22. Parish A, Dwelly P, Baghurst T, Lirgg C. Effect of handedness on gross motor skill acquisition in a novel sports skill task. Perceptual and motor skills. 2013;117(2):449-56.

23. Zuoza A, Skurvydas A, Mickeviciene D, Gutnik B, Zouzene D, Penchev B, et al. Behavior of dominant and non dominant arms during ballistic protractive target-directed movements. Human physiology. 2009;35(5):576-84.

24. Kabbash P, MacKenzie IS, Buxton W, editors. Human performance using computer input devices in the preferred and non-preferred hands. Proceedings of the INTERACT'93 and CHI'93 Conference on Human Factors in Computing Systems; 1993: ACM.

25. Stöckel T, Weigelt M. Brain lateralisation and motor learning: Selective effects of dominant and non-dominant hand practice on the early acquisition of throwing skills. Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition. 2012;17(1):18-37.

26. Lenhard A, Hoffmann J. Constant error in aiming movements without visual feedback is higher in the preferred hand. Laterality. 2007;12(3):227-38.

27. Harris LJ. In fencing, what gives left-handers the edge? Views from the present and the distant past. Laterality. 2010;15(1-2):15-55.

28. Goldstein SR, Young CA. " Evolutionary" stable strategy of handedness in major league baseball. Journal of Comparative Psychology. 1996;110(2):164.

29. Grondin S, Guiard Y, Ivry RB, Koren S. Manual laterality and hitting performance in major league baseball. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. 1999;25(3):747.

30. Brooks R, Bussiere LF, Jennions MD, Hunt J. Sinister strategies succeed at the cricket World Cup. Proceedings of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences. 2004;271(suppl_3):S64-S6.

31. Grouios G. Motoric dominance and sporting excellence: Training versus heredity. Perceptual and motor skills. 2004;98(1):53-66.

32. Latash ML. Neurophysiological basis of movement: Human Kinetics; 2008.

33. Taheri H R TR, Kheyrandish A. . the effect of manipulated of the distance and width of target on learning in basketball free threw: according to index of difficulty. Motor Behavior. 2014;19(1):15-30. (in persian)

34. Gutnik B, Skurvydas A, Zuoza A, Zuoziene I, Mickevičienė D, Alekrinskis B, et al. Influence of spatial accuracy constraints on reaction time and maximum speed of performance of unilateral movements. Perceptual and motor skills. 2015;120(2):519-33.

35. Hancock PA, Newell KM. The movement speed-accuracy relationship in space-time. Motor Behavior: Springer; 1985. p. 153-88.

36. Schmidt RA, Zelaznik H, Hawkins B, Frank JS, Quinn Jr JT. Motor-output variability: a theory for the accuracy of rapid motor acts. Psychological review. 1979;86(5):415.

37. Harris CM, Wolpert DM. Signal-dependent noise determines motor planning. Nature. 1998;394(6695):780.

38. Todorov E, Jordan MI. Optimal feedback control as a theory of motor coordination. Nature neuroscience. 2002;5(11):1226.

39. Selen LP, Beek PJ, Van Dieën JH. Impedance is modulated to meet accuracy demands during goal-directed arm movements. Experimental Brain Research. 2006;172(1):129-38.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی