فصلنامه علمی ـپژوهشی عصب روانشناسی
سال چهارم، شماره سه (پیاپی۱۵)، زمستان ۱۳۹۷

Neuropsychology
4, No.3, (Series 14), Autumn 2018.Vol

تاثیر محدودسازی زمانی و سطح حرکتی بر دقت فضایی تکلیف سرعت-دقت فیتز در حرکت با بخش‌های دیستال و پروگزیمال دست

***مهتاب فلاح[۱]، محمدرضا دوستان [۲]، ناهید شتاب بوشهری [۳]**

۱.دانشجوی کارشناسی ارشد رفتار حرکتی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.*
۲. استادیار رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۳. دانشیار رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

(تاریخ وصول: ۹۷/۱۰/۱۶ ـ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۱۵)

The Effect of Time Constrains and Surface of Movement on the Spatial Precision of the Fits Speed-Accuracy Trade off Task in Moving with Distal and Proximal Parts of the Hand

***Mahtab Fallah[1],Mohammadreza Doustan[2],Nahid Shetab Bousheri [3]**

1. MA Student of Motor Behavior, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran, 2. Assistance of Professor of Motor Behavior, Department of Sport Sciences ,Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran, 3. Associate Professor of Motor Behavior, Department of Sport Sciences ,Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran

(Received: Jan. 06, 2019 - Accepted: Jul. 28, 2019)

چکیده

مقدمه: هدف از پژوهش حاضر، بررسی تاثیر محدودسازی زمانی و سطح حرکتی بر دقت فضایی تکلیف سرعت-دقت فیتز هنگام حرکت با بخش‌های دیستال و پروگزیمال دست بود. **روش**:روش اجرای این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی واز لحاظ هدف بنیادی بود. جامعه آماری دانشجویان دختر راست‌دست ۱۹ تا ۲۸ سال بودند.به روش نمونه‌گیری در دسترس ۲۰ نفر به عنوان نمونه انتخاب شد. داده‌های این پژوهش به وسیله نرم‌افزار ضربه‌زدن به هدف که توسط محقق، ساخته شد، جمع‌آوری شدند. ابزار مورد استفاده مشابه ابزار مورد استفاده در آزمایش فیتز بود و روایی آن توسط افراد خبره رفتار حرکتی مورد تأیید قرار گرفت. پایایی نرم‌افزار به روش آزمون- باز آزمون واز طریق ضریب همبستگی پیرسون ۰/۸۹ به دست آمد. **یافته‌ها**: در بررسی بین تعداد ضربات به هدف سمت راست، در زمان‌های محدود شده مختلف، اثر اصلی زمان محدود شده و تعامل بخش با زمان‌های محدود شده، معنادار بود. همچنین در بخش پروگزیمال و دیستال در انجام حرکت در سطح افقی و عمودی، تغییرات زمان محدود شده، تاثیر معنی‌داری بر تعداد ضربات درست به هدف سمت راست داشت. علاوه براین تعداد ضربات به هدف سمت چپ، در زمان-های محدود شده مختلف، اثر اصلی زمان محدود شده و تعامل صفحه حرکت با بخش نیز معنادار بود. دربخش پروگزیمال و دیستال در انجام حرکت در سطح افقی و عمودی، تغییرات زمان محدود شده، تاثیر معنی‌داری بر تعداد ضربات درست به هدف سمت چپ داشت. نتیجه‌گیری:بنابر این هرچه زمان حرکت طولانی‌تر باشد دقت حرکت بیشتر و پهنای مؤثر هدف کمتر است. دقت حرکت در بخش دیستال نسبت به بخش پروگزیمال بیشتر است. همچنین دشواری حرکت در سطح افقی از سطح عمودی کمتر است.

واژگان کلیدی: قیود زمانی، فاصله اهداف، سطوح حرکت، پروگزیمال، دیستال

Abstract

Introduction: The purpose of this study was to investigate the effect of time limitation and level of movement on the spatial precision of the speed- accuracy of Fits task while moving with distal and proximal parts of the hand. **Method:** The method of this study was semi-experimental and in terms of purpose was fundamental. The statistical university was of the right-handed female students of 19 to 28 years old. Sampling method was available to 20 people. The data were collected by software hit to the target designed by the researcher. The tool used was similar to the one used in the Fits test, and its validity was confirmed by the experienced people in motor behavior. The software reliability was obtained 0.89 through test-retest and Pearson correlation coefficient. **Results:** In the review of the hits number to the right side goal, the main effect of the limited time and the interaction of the part with limited time was significant at different limited times. Also, at various limited times, it had a remarkable effect on the correct hits number to the right side target in the proximal and distal parts while doing movement in the horizontal and vertical level. Additionally, the hits number to the left side target, at various limited times, the main effect of the limited time and the interaction of the motion plate with the section was also significant. In the proximal and distal parts of the horizontal and vertical motion, limited time variations had a significant effect on the correct hits number to the left side target.**Conclusion:** Therefore, the longer the movement time is, the greater the accuracy of movement and the lesser the effective width of the target. The accuracy of movement in the distal part is higher than the proximal section. Also, the difficulty of moving in a horizontal level is less than the vertical level.

Keywords: Timeconstraints, targets distance, movement surfaces, proximal, distal

* ***نویسنده مسئول:** مهتاب فلاح

Email: mahtabfallah11@gmail.com

مقدمه

کنترل حرکتی حوزه نسبتاً جدیدی در تحقیقات است که به بررسی چگونگی تعامل سیستم عصبی با بدن و محیط به منظور تولید حرکات هدفمند و هماهنگ می‌پردازد (لاتاش[1]، ۲۰۰۸). یکی از موضوعات جالب کنترل حرکتی و از رایج‌ترین اصولی که در زندگی روزمره نیز زیاد به چشم می‌خورد، مبادله سرعت- دقت[2] است (عظیمی، ۱۳۹۲). اصول اساسی حرکت انسان به ارتباط میان سرعت و دقت می‌پردازد (اشمیت و ریسبرگ[3]، ۲۰۰۸). هنگامی‌که افراد برای رسیدن به هدف سریع و دقیق عمل می‌کنند در انتخاب بین سرعت و دقت یک مبادله انجام می‌دهند (روزند و همکاران[4]، ۲۰۱۵). رابطه بین سرعت و دقت حرکت یکی از قویترین پدیده‌های عملکرد حرکتی انسان است. اصل رابطه سرعت- دقت بدون توجه به دیدگاه نظری خاص، این است که با افزایش سرعت حرکت، دقت حرکت به صورت پیوسته کاهش می‌یابد. این امر مفهوم مبادله سرعت- دقت را تبیین می‌کند که به موجب آن شخص می‌تواند دقت حرکت را بوسیله کاهش سرعت حرکت افزایش دهد و برعکس (لمن[5]، ۲۰۱۴). مبادله سرعت- دقت یک ویژگی مشترک در اجرای روزمره مهارت‌های حرکتی است که در تکالیف نیازمند سرعت و دقت، افزایش سرعت با کاهش دقت فضایی همراه است.

قانون فیتز[6] به مبادله سرعت و دقت لگاریتمی اشاره می‌کند که ارتباط زمان حرکت و شاخص دشواری[7] (ID) را نشان می‌دهد (عظیمی، ۱۳۹۲). فیتز دریافت که رابطه بین اندازه هدف[8](A)، پهنای هدف[9] (W) و میانگین زمان حرکت[10] (MT) منتج از این دو، از این فرمول تبعیت می‌کند: $MT= a+b \log (2A/W)$. در این فرمول، MT میانگین زمان حرکت یک سری از ضربه‌هاست که از طریق تقسیم کردن زمان کل کوشش بر تعداد ضربات زده شده در طول این زمان به دست می‌آید (اشمیت و لی، ۲۰۰۵).

محققان از قانون فیتز برای توصیف اعمال هدف‌گیری در تکلیف کنترل دستی و ارتباط انسانی-کامپیوتری[11]، استفاده می‌کنند (کراسان و همکاران[12]، ۲۰۰۸). قانون فیتز به طور وسیع روی اندام فوقانی، حرکات سر، در بین افراد بزرگسال و کودکان مورد تحقیق واقع شده و تأیید شده است (ایفت و همکاران[13]، ۲۰۱۱). اندام فوقانی انسان (از شانه تا نوک انگشتان) به عنوان یک طیف بسیار ماهر و چالاک و در عین حال قدرتمند، تکامل یافته است. گروه‌های عضلانی بزرگتر که وظیفه حرکت مچ دست، آرنج و شانه را به عهده دارند، قدرت بیشتر و طیف بیشتری از جنبش را دارند. گروه‌های عضلانی کوچکتر که مسئول حرکت انگشتان و

1. Latach
2. Speed- accuracy trade off
2. Schmidt & Wrisberg
4. Rozand et al
5. Lohman

6. fits law
7. Index of Dificulty
8. amplitude of target
9. width of target
10. Movement time
11. Human Computer Intraction
12. Crossan et al
13. Ifft et al

شست دست هستند، دارای طیف بیشتری از مهارت و چابکی هستند (زوی و همکاران[1]، ۱۹۹۶).

یکی از اولین مطالعات در مورد اثرات قسمت‌های مختلف بدن در کنترل دستی توسط گیبز[2] (۱۹۶۲) انجام شد. گیبز در یک تکلیف یک‌بعدی دستیابی به هدف، اجرای تکلیف توسط سه قسمت متفاوت بدن که شامل شست، مچ و آرنج بود، را بررسی کرد. نتایج مطالعات گیبز بر این مبنا بود که مچ دست نسبت به دو قسمت دیگر، دارای عملکرد بهتر و دقیق‌تری بود (گیبز، ۱۹۶۲؛ به نقل از زوی و همکاران، ۱۹۹۶). جاگاسینسکی و مونک[3] (۱۹۸۵) در یک تکلیف دوبعدی[4] مبادله سرعت- دقت فیتز نشان دادند که حرکات موقعیت‌یابی در تاریکی، حرکات با بازخورد بینایی و حرکات با سرعت‌های ثابت برای اثر بخشی بیشتر، جهت‌های فضایی مشخصی دارند و جهت‌های فضایی خاص بر اجرای تکالیف اثربخشی بیشتری دارند. همچنین پدرسن و هورن‌بک[5] (۲۰۱۲) در پژوهشی نشان دادند که جهت صفحه، هم اجرا و هم میزان خطا را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

وودورث[6] (۱۸۹۹) طی یک تکلیف دستیابی با چشم باز و بسته به‌وسیله حرکت مداد بین دو خط که با فاصله ثابت از هم قرار داشتند و روی یک کاغذ بودند و برای حرکت به صدای یک مترونوم نیاز داشتند، نشان داد که در بیشتر حرکات سریع هیچ‌گونه مرحلهٔ کنترل در حال جریانی[7] مشاهده نمی‌شود. به عنوان مثال وقتی‌که سرعت مترونوم بالا بود بین شرایط چشم باز و چشم بسته تفاوتی وجود نداشت (الیوت و همکاران[8]، ۲۰۱۰). بنابراین حرکات آهسته نسبت به حرکات سریع با دقت بیشتری انجام می‌شوند. زیرا آن‌ها زمان بیشتری برای کاهش خطا به وسیلهٔ بازخورد در طی مرحلهٔ تعقیب نیاز دارند (اشمیت و لی،۲۰۰۵). همچنین اندازه نسبی نواحی قشر حرکتی مغز که گروه‌های عضلانی مختلفی را در بدن انسان کنترل می‌کند اغلب، با ابعاد فیزیکی و جرم گروه‌های عضلانی فعال بی‌ارتباط است. هر چه محدوده کنترلی عضله در مغز بیشتر باشد ظرفیت پردازش اطلاعات بیشتری دارد. یعنی زمان کمتری برای حرکت نیاز دارد (ماکینز و ریشنان[9]، ۱۹۹۷). در حرکات هدف‌گیری احتمالاً، قسمت اصلی حرکت، به طور کلی به وسیله حرکت بازو انجام می‌شود، که درادامه، حرکات ظریف انگشتان نیز به آن اضافه می‌شوند. حال اگر فرد بخواهد زمان مورد نیاز حرکت خود را کاهش دهد، حرکت مشکل‌تر شده و در نهایت اضافه نمودن حرکات جزئی به آن غیرممکن خواهد شد (اشمیت و لی، ۲۰۰۵). در تکالیف نقطه‌گذاری، موقعیت هدف روی میزان موفقیت و دقت تأثیر دارد. اهداف تقریباً در مرکز یا گوشه سطح مورد نظر، آسان‌تر انتخاب می‌شوند. برای افراد راست‌دست اهداف در ربع شمال غربی فضای‌کاری[10] یک دایره، نسبتاً

1. Zhai et al
2. Gibs
3. Jagacineski and Monk
4. two- dimentional
5. Pedersen & Hornbæk
6. Woodworth
7. current
8. Elliott et al
9. Mackenze & Balakrishnan
10. workspace

آسان انتخاب می‌شوند. انتخاب ربع شمال شرق و جنوب غرب دایره، به یک اندازه دشوار هستند. مشکل‌ترین اهداف در ربع جنوب شرق دایره قرار دارند که لازم است انگشت خم شود (گلیوت و همکاران[1]، ۲۰۱۴). گراسمن و همکاران[2](۲۰۱۱) بیان کردند که عمل ضربه[3] و ترسیم[4] در سطوح عمودی نسبت به سطوح افقی آهسته‌تر انجام می‌شود، زیرا دست در صفحه عمودی تکیه‌گاهی ندارد. همچنین پدرسن و هورن‌بک (۲۰۱۲) در پژوهشی نشان دادند ضربات پیوسته[5] ۵٪ روی سطح عمودی سریعتر اجرا شدند در حالی‌که عمل کشیدن[6] روی سطح افقی ۵٪ سریعتر و با خطای کمتر انجام شد. البته در تحقیق دیگری یافتیم عمل روی سطح افقی نسبت به صفحهٔ عمودی سریعتر است و با خستگی کمتری همراه است (ولکر و همکاران[7]، ۲۰۱۵). اندازه سطح به طور قابل ملاحظه‌ای بر میزان موفقیت و دقت تأثیر دارد. دقت روی سطوح با اندازه کوچک بیشتر بود. اگر اندازه سطح افزایش یابد، توانایی دستیابی به اهداف کوچک کاهش می‌یابد، دقیقاً برعکس چیزی که انتظار داشتیم. پس ما می‌توانیم فرض کنیم که دقت هدف‌گیری به طور خطی با اندازه سطح ارتباط دارد (گلیوت و همکاران، ۲۰۱۴). لاکوانیتی و همکاران[8]، (۱۹۸۷) طی یک تحقیق کینماتیکی ثابت کردند حرکت زاویه‌ای در مفصل مچ با حرکات شانه و آرنج به طور اینرسی جفت شده‌اند. به این معنی که یک گشتاور به تنهایی از مچ یا یکی از مفاصل پروگزیمال اعمال می‌شود، که ممکن است نتیجه حرکت زاویه‌ای در هر دو مفصل باشد. دامنه حرکات زاویه‌ای آرنج و شانه تقریباً با اندازه و وضعیت ترسیم یا نوشتن متن تنظیم می‌شد، در حالی‌که دامنه حرکات مچ و انگشت کوچک است و وابسته به اندازه و وابسته به اندازه نیست. البته ممکن است درگیری عضلات در تکالیف مختلف متفاوت باشد. همان‌طور که آبروز و همکاران[9] (۱۹۹۹)، ضمن مطالعه‌ای نشان دادند پاسخ حرکتی هر دو نوع عضلاتی که در قسمت پروگزیمال و دیستال دست هستند، به دلیل تفاوت‌هایی که در نقش عملی اصلی و نمایش قشری دارند، می‌تواند وابسته به تکلیف باشد. با توجه به تأثیر و اهمیت بخش‌های دیستال و پروگزیمال دست و همچنین صفحات افقی و عمودی بر مبادله سرعت- دقت، هنگام سنجش مبادله سرعت- دقت، این متغیرها باید در نظر گرفته شوند. اگرچه هیچ وسیله مبادله سرعت- دقت صرفاً تجربی برای حرکات مجرد وجود ندارد، قانون فیتز اندکی به دلیل کاربرد در تکالیف صنعتی، کنترل مربوط به خودرو و تکالیف دستیابی نظامی و صنعتی، حد زیادی از توجه را به خود جلب کرده است. دلیل دیگر برای توجه به رابطهٔ سرعت و دقت این است که دامنهٔ وسیعی از گروه‌های عضلانی و دامنه‌های حرکتی را در بر

1. Gilliot et al
2. Grossman
3. tapping
4. drawing
5. Topping
6. Dragging
7. Voelker et al
8. Lacquaniti et al
9. Abbruzzese et al

می‌گیرد (جاگاسینسکی و مونک، ۱۹۸۵). استفاده مؤثر از دست‌ها برای به‌کارگیری در فعالیت‌های روزمره بستگی به تقابل پیچیده‌ای از مهارت‌های دستی، مکانیسم‌های وضعیتی، تشخیص و درک بینایی دارد (عموزاده‌خلیلی و یادگاری، ۱۳۸۲). حال با توجه به تحقیقات انجام گرفته و مطالب گفته شده در زمینه مبادله سرعت- دقت و نیز کمبود و یا جزئی بودن منابع اطلاعاتی در مورد مبادله سرعت- دقت در بخش‌های پروگزیمال و دیستال دست و اینکه جهت سطح در تحقیقات مبادله سرعت- دقت کمتر مورد توجه قرار گرفته است و همچنین با توجه به اینکه فعالیت‌هایی مثل تنیس روی میز، گلف و شوت بسکتبال تمرکز روی به کارگیری بخش‌های پروگزیمال و دیستال است، بنابراین محقق در این پژوهش به دنبال پاسخگویی به این پرسش‌ها است که، آیا مبادله سرعت- دقت در تکالیف نقطه‌گذاری تحت تأثیر سطوح افقی و عمودی قرار می‌گیرد؟ آیا بخش‌های دیستال و پروگزیمال در این تکلیف تفاوت دارند؟ و آیا محدوده‌های زمانی مختلف بر روی مبادله سرعت و دقت تأثیر دارند؟

روش

نوع پژوهش حاضر، بنیادی- کاربردی و روش تحقیق به صورت نیمه‌تجربی است که در آن به مبادله سرعت و دقت در سطوح افقی و عمودی در بخش‌های پروگزیمال و دیستال دست راست برتر پرداخته شده است. جامعه آماری پژوهش حاضر را دانشجویان دختر با میانگین سنی ۱۹ تا ۲۸ سال، که در نیمسال دوم ۹۵ -۹۴ در حال گذراندن واحد تربیت‌بدنی عمومی در دانشگاه شهید چمران اهواز بودند، تشکیل دادند. از بین جامعه آماری ۲۰ نفر (مطابق با اولسون و همکاران[1]، ۲۰۱۴)، راست دست، به صورت نمونه‌گیری هدفمند، که از نظر بینایی و حرکتی سالم بودند، در این پژوهش شرکت کردند. تمامی شرکت‌کنندگان جهت شرکت در پژوهش فرم رضایتنامه آگاهانه پر کردند.

در روش اجرای پژوهش ابتدا رضایت نامه و مشخصات فردی و پرسشنامه دست برتری ادینبورگ و سپس پرسشنامه صحت سلامت که توسط محقق تنظیم شد، در اختیار هر یک از افراد قرار داده شد تا تکمیل نمایند. قبل از اجرای آزمون یک‌بار توضیحات شفاهی با نمایش عملی در مورد چگونگی اجرای آزمون به شرکت کننده‌ها نمایش داده شد.شرکت‌کنندگان برای آشنایی، دو مرتبه آزمون را به صورت آزمایشی انجام دادند. دو هدف که دو نقطه به فاصلهٔ ۱۲ سانتی‌متر بودند برای شرکت‌کننده‌ها قرار داده شد. شرکت‌کنندگان می‌بایست بر روی اهداف با فواصل زمانی معین شده، ضربه می‌زدند. برای این فاصله اهداف سه زمان (۲۵۰ ، ۳۰۰، ۳۵۰ هزارم ثانیه) تعیین شد. صفحه لمسی که اهداف روی آن قرار داشت را یک‌بار به صورت افقی و یک‌بار به‌صورت عمودی قرار دادیم. برای هر یک از شرکت‌کننده‌ها مچ‌دست رابه‌وسیله مچ‌بند طبی ثابت کردیم و برای هر فاصله زمانی مدت ۱۰ ثانیه را در نظر گرفتیم (مثلاً مترونوم روی ۲۵۰ هزارم ثانیه و کرنومتر روی ۱۰ ثانیه). حرکت نقطه‌گذاری با دقت در زمان معین و در دو

1. Olson et al

سطح افقی و عمودی و با آرنج و بازو یا قسمت پروگزیمال دست برتر، مورد آزمون قرار گرفت. در مرحله بعد بازو را به‌وسیله شانه بند طبی و آرنج‌بند طبی بی‌حرکت کردیم و همین حرکت را با همین روش برای مچ و عضلات دیستال دست برتر آزمایش کردیم. شروع حرکت نقطه‌گذاری برای همه یکسان و از خط میانی بین اهداف بود. برای حرکت با قسمت دیستال روی صفحه افقی، فرد بر روی صندلی نشست، دست او را توسط شانه‌بند طبی از بازو بی‌حرکت کردیم و ساعد او را روی لبه میزی که صفحه لمسی روی آن قرار داشت، به‌وسیله باند ثابت کردیم. شرکت کننده حرکت نقطه‌گذاری را با آبداکشن و آداکشن مچ دست انجام داد. برای حرکت با قسمت دیستال روی صفحه عمودی، فرد بر روی صندلی نشست و دست او را توسط شانه‌بند طبی از بازو بی‌حرکت کردیم و ساعد بدون این‌که تکیه‌گاهی داشته باشد، درست مقابل خط وسط بین دو هدف قرار دادیم. شرکت کننده حرکت نقطه-گذاری را با آبداکشن و آداکشن مچ‌دست انجام داد. برای حرکت با قسمت پروگزیمال روی صفحه افقی، فرد بر روی صندلی نشست و مچ دست را به‌وسیله مچ‌بند طبی بی‌حرکت کردیم. از شرکت کننده خواسته شد که با استفاده از حرکات فلکشن و اکستنشن آرنج و آبداکشن و آداکشن شانه حرکت نقطه‌گذاری را انجام دهد. برای حرکت با قسمت پروگزیمال روی صفحه عمودی، فرد بر روی صندلی نشست و مچ‌دست را به‌وسیله مچ‌بند طبی بی‌حرکت کردیم. از شرکت کننده خواسته شد که با استفاده از حرکات فلکشن و اکستنشن آرنج و آبداکشن و آداکشن شانه حرکت نقطه‌گذاری را انجام دهد. با توجه به اهداف و فرضیه‌های پژوهش، پس از جمع‌آوری اطلاعات برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی مانند میانگین، انحراف‌معیار استفاده شد. همچنین با توجه به اینکه آزمون شاپیرو ویلک برای طبیعی بودن توزیع داده‌ها به عمل آمد. از روش‌های آمار استنباطی پارامتریک نظیر تی وابسته و تحلیل واریانس مرکب یک‌راهه با اندازه گیری‌های مکرر همراه با آزمون پیگردی بونفرونی استفاده می‌شود. همچنین برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ استفاده شد. در نگارش پژوهش از نرم‌افزارهای word و Excel ۲۰۱۳ نیز به منظور نتایج محاسبات استفاده شد و کلیه فرضیه‌های تحقیق در سطح معنی‌داری $p\leq ۰/۰۵$ آزمون شدند.

ابزارهای پژوهش

ابزار مورد استفاده در این پژوهش شامل پرسشنامه دست برتری ادینبورگ (اولدفیلد[1]، ۱۹۷۱)، پرسشنامه صحت سلامت شرکت‌کنندگان، صفحه لمسی، قلم نوری، مترونوم، کرنومتر، فرم ثبت نتایج و دستگاه سنجش مبادله سرعت-دقت بود (Target Tapping Test- مدل PTH- 851). این دستگاه شامل یک قلم نوری، یک تبلت با ابعاد ۳۱۷/۷ *۴۸۷ میلی-متر و نرم افزار سنجش مبادله سرعت-دقت است که برای اندازه‌گیری و تخمین سرعت و دقت آزمودنی به کار می رود و زمان تخمین سرعت را با دقت ۰/۰۰۱ ثانیه اندازه‌گیری می‌کند. این نرم‌افزار محقق ساخته بوده و توسط متخصصین در

1. Oldfield

حوزه رفتار حرکتی تأیید شده و پایایی آن در پژوهش حاضر از روش آزمون- بازآزمون و از طریق ضریب همبستگی پیرسون ۰/۸۹ به دست آمد. در پژوهش دیگری، پایایی دستگاه ۰/۸۴ بدست آمد (نیک نام و دوستان، ۱۳۹۶). در این نرم افزار صفحه‌ای طراحی شده طراحی شد که قابلیت ارائه دو یا چند هدف به شکل خط، مربع و دایره را داشت. تعداد اهداف، رنگ اهداف، ابعاد و فاصله بین اهداف قابل تغییر بود. همچنین فاصله‌دهی با دقتی در سطح میلی‌متر بود. حرکت نیز براساس خواست محقق در جهات عمودی، افقی و مورب امکان تنظیم داشت. داده‌ها به وسیله قلم نوری و صفحه لمسی به نرم‌افزار منتقل می‌شد. نقطه آغاز حرکت خط میانی بین دو هدف بود. این نرم‌افزار، تعداد حرکات صحیح و خطا در طول ضربه به اهداف، زمان انجام یک حرکت، میانگین زمانی حرکت فرد، خطای زمان‌بندی، مختصات محورهای (x و y) ضربات زده شده، انحراف استاندارد مختصات محورهای (x و y) را نمایش می‌داد. جزئیات بیشتر نحوه آزمون در بخش روش اجرا توضیح داده شده است.

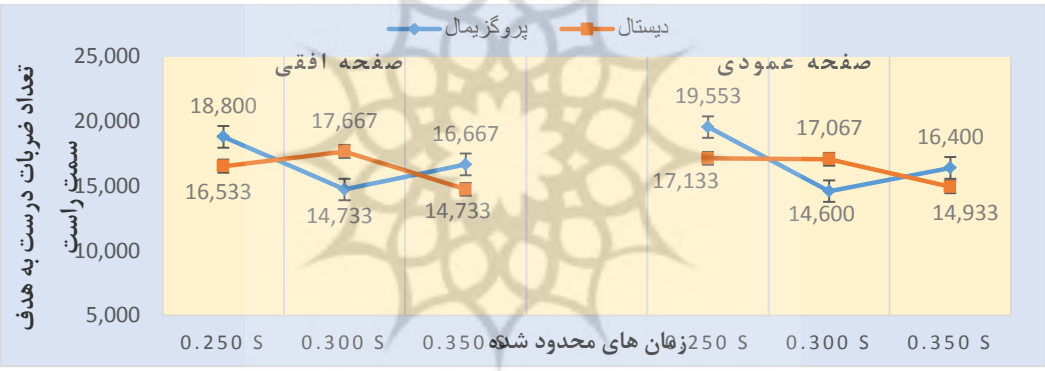
یافته‌ها

تغییرات زمانی(سه زمان ۲۵۰، ۳۰۰ و ۳۵۰ هزارم ثانیه) در بخش‌های مختلف (دو بخش پروگزیمال و دیستال) در صفحه ترسیم (دو سطح عمودی- افقی)، تفاوت بین تعداد ضربات به هدف سمت راست، در زمان‌های محدود شده مختلف، در بخش‌های پروگزیمال و دیستال در صفحه افقی و عمودی که توسط آزمودنی‌های مشابه انجام گرفته به شرح ذیل آمده است.

جدول۱. نتایج آزمون تحلیل واریانس درون‌گروهی

منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	سطح معنی‌داری	مجذورات
سطح حرکت	۰/۳۵۶	۱	۰/۳۵۶	۰/۳۵	۰/۸۵۵	۰/۰۰۲
خطا	۱۴۳/۸۱۱	۱۴/۰۰۰	۱۰/۲۷۲			
زمان محدود شده	۱۸۸/۲۳۳	۲	۹۴/۱۷	۳۹/۱۷۶	۰/۰۰۰۱*	۰/۷۳۷
خطا	۶۷/۲۶۷	۲۸	۲/۴۰۲			
بخش	۸/۸۸۹	۱/۰۰۰	۸/۸۸۹	۳/۲۲۳	۰/۰۹۴	۰/۱۸۷
خطا	۳۸/۶۱۱	۱۴/۰۰۰	۲/۷۵۸			
سطح حرکت × زمان محدود شده	۸/۳۴۴	۲	۴/۱۷۲	۱/۴۵۱	۰/۲۵۱	۰/۰/۰۹۴
خطا	۸۰/۴۸۹	۲۸	۲/۸۷۵			
سطح حرکت × بخش	۰/۰۲۲	۱	۰/۰۲۲	۰/۰۲۱	۰/۸۸۸	۰/۰۰۱
خطا	۱۵/۱۴۴	۱۴/۰۰۰	۰/۰۸۲			
زمان محدود شده× بخش	۲۲۵/۴۷۸	۲	۱۱۲/۷۳۹	۵۱/۷۳۰	۰/۰۰۰۱*	۰/۷۸۷
خطا	۶۱/۰۲۲	۲۸	۲/۱۷۹			
سطح×زمان محدود شده× بخش	۱/۶۷۸	۱/۴۴۲	۱/۱۶۴	۰/۴۶۸	۰/۵۷۱	۰/۰۳۲
خطا	۵۰/۱۵۶	۲۰/۱۸۴	۲/۴۸۵			

جدول شماره ۱ یافته های مربوط به آزمون درون گروهی نشان داد که اثر اصلی زمان محدود شده($F_{۲۸،۲}$=۳۹/۱۷۶ ،sig=۰/۰۰۰۱ ،η^2=۰/۷۳۷) معنادار است. بدین معنا که بین زمان‌های محدود شده ۲۵۰، ۳۰۰ و ۳۵۰ هزارم ثانیه، صرف‌نظر از نوع بخش و صفحه حرکت تفاوت وجود دارد.بنابراین برای بررسی دقیق‌تر جایگاه تفاوت‌ها، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر در سه زمان محدود شده استفاده شد. آزمون پیگردی بونفرونی نشان داد که بین زمان ۲۵۰ هزارم ثانیه با ۳۰۰ (P= ۰/۰۱۸) و ۳۵۰ هزارم ثانیه (P= ۰/۰۰۹) تفاوت وجود دارد ولی بین زمان‌های ۳۰۰ با ۳۵۰ هزارم ثانیه تفاوت وجود ندارد (P= ۰/۶۱۴). علاوه بر این، تعامل بخش با زمان‌های محدود شده ($F_{۲۸،۲}$=۵۱/۷۳۰ ،sig=۰/۰۰۰۱ ،η^2=۰/۷۸۷) نیز معنادار است. به دلیل اینکه اثر تعاملی (زمان‌های محدود شده * بخش) معنادار است، از اثرات اصلی صرف‌نظر می‌گردد.



نمودار۱. تعداد ضربات درست به هدف سمت راست، در زمان‌های محدود شده مختلف، در صفحه افقی و عمودی

جدول۲. یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس درون‌گروهی با اندازه‌گیری تکراری در تعداد ضربات درست به هدف سمت راست با تغییرات زمان محدود شده در بخش‌های دیستال و پروگزیمال در سطح عمودی و افقی

بخش	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	سطح معنی‌داری	مجذورات
پروگزیمال- سطح افقی	۱۱۲/۱۷۸	۲	۵۶/۰۸۹	۲۶/۸۵۱	۰/۰۰۰۱*	۰/۶۵۷
پروگزیمال- سطح عمودی	۷۳/۹۱۱	۲	۳۶/۹۵۶	۱۵/۶۵۷	۰/۰۰۰۱*	۰/۵۲۸
دیستال- سطح افقی	۱۷۲/۸۴۴	۱/۴۳۴	۱۲۰/۵۵۰	۷۹/۳۶۷	۰/۰۰۰۱*	۰/۸۵۰
دیستال- سطح عمودی	۶۷/۵۱۱	۱/۳۱۸	۵۱/۲۰۵	۱۵/۹۷۷	۰/۰۰۰۱*	۰/۵۳۳

جدول شماره دو نشان داد که در بخش پروگزیمال در انجام حرکت در سطح افقی، تغییرات زمان محدود شده، تاثیر معنی‌داری بر تعداد ضربات درست به هدف سمت راست دارد

(^{2}=۰/۶۵۷ ،sig=۰/۰۰۰۱ ،F=۲۶/۸۵۱). نتایج آزمون پیگردی بنفرونی نشان داد که بین زمان‌های ۲۵۰ هزارم ثانیه با ۳۰۰ هزارم ثانیه (P= ۰/۰۱۳) و ۳۵۰ هزارم ثانیه (P= ۰/۰۰۰۱) در تعداد ضربات درست به هدف سمت راست تفاوت معناداری وجود دارد. همچنین بین زمان ۳۰۰ هزارم ثانیه با زمان ۳۵۰ هزارم ثانیه (P= ۰/۰۰۱) تفاوت معناداری در تعداد ضربات درست به هدف سمت راست وجود دارد. میانگین‌ها در نمودار قابل مشاهده است. همچنین نتایج نشان داد که در بخش پروگزیمال در انجام حرکت در سطح عمودی، تغییرات زمان محدود شده، تاثیر معنی‌داری بر تعداد ضربات درست به هدف سمت راست دارد (^{2}=۰/۶۵۷ ،sig=۰/۰۰۰۱، F=۲۶/۸۵۱). نتایج آزمون پیگردی بنفرونی نشان داد که بین زمان‌های ۲۵۰ هزارم ثانیه با ۳۰۰ هزارم ثانیه (P= ۰/۰۴۳) و ۳۵۰ هزارم ثانیه (P= ۰/۰۰۰۱) در تعداد ضربات درست به هدف سمت راست تفاوت معناداری وجود دارد. همچنین بین زمان ۳۰۰ هزارم ثانیه با زمان ۳۵۰ هزارم ثانیه (P= ۰/۰۱۸) تفاوت معناداری در تعداد ضربات درست به هدف سمت راست وجود دارد. میانگین‌ها در نمودار قابل مشاهده است.

همچنین نتایج نشان داد که در بخش دیستال در انجام حرکت در سطح افقی، تغییرات زمان محدود شده، تاثیر معنی‌داری بر تعداد ضربات درست به هدف سمت راست دارد (۰/۸۵۰= ^{2} ،sig=۰/۰۰۰۱، F=۷۹/۳۶۷). نتایج آزمون پیگردی بنفرونی نشان داد که بین زمان‌های ۲۵۰ هزارم ثانیه با ۳۰۰ هزارم ثانیه (P= ۰/۰۰۰۱) و ۳۵۰ هزارم ثانیه (P= ۰/۰۰۰۱) در تعداد ضربات درست به هدف سمت راست تفاوت معناداری وجود دارد. همچنین بین زمان ۳۰۰ هزارم ثانیه با زمان ۳۵۰ هزارم ثانیه (P= ۰/۰۰۰۱) تفاوت معناداری در تعداد ضربات درست به هدف سمت راست وجود دارد. همچنین نتایج نشان داد که در بخش دیستال در انجام حرکت در سطح عمودی، تغییرات زمان محدود شده، تاثیر معنی‌داری بر تعداد ضربات درست به هدف سمت راست دارد (^{2}=۰/۵۳۳ ،sig=۰/۰۰۰۱، F=۱۵/۹۷۷). نتایج آزمون پیگردی بنفرونی نشان داد که بین زمان‌های ۲۵۰ هزارم ثانیه با ۳۰۰ هزارم ثانیه (P= ۰/۹۹۹) تفاوت معناداری وجود ندارد ولی با ۳۵۰ هزارم ثانیه (P= ۰/۰۰۳) تفاوت معناداری وجود دارد. همچنین بین زمان ۳۰۰ هزارم ثانیه با زمان ۳۵۰ هزارم ثانیه (P= ۰/۰۰۱) تفاوت معناداری در تعداد ضربات درست به هدف سمت راست وجود دارد. میانگین‌ها در نمودار قابل مشاهده است.

همچنین تغییرات زمانی (سه زمان ۲۵۰، ۳۰۰ و ۳۵۰ هزارم ثانیه) در بخش‌های مختلف (دو بخش پروگزیمال و دیستال) در صفحه ترسیم (دو سطح عمودی- افقی)، تفاوت بین تعداد ضربات به هدف سمت چپ، در زمان‌های محدود شده مختلف، در بخش‌های پروگزیمال و دیستال در صفحه افقی و عمودی که توسط آزمودنی‌های مشابه انجام گرفته به شرح ذیل آمده است.

جدول۳. نتایج آزمون تحلیل واریانس درون گروهی (۳×۲×۲) برای بررسی تفاوت بین تعداد ضربات به هدف سمت چپ، در زمان‌های محدود شده‌ی مختلف، در بخش‌های پروگزیمال و دیستال در صفحه افقی و عمودی

منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	سطح معنی‌داری	مجذورات
سطح حرکت	۷/۶۰۶	۱	۷/۶۰۶	۱/۹۳۷	۰/۱۸۶	۰/۴۹۹
خطا	۵۴/۹۷۸	۱۴	۳/۹۲۷			
زمان محدود شده	۱۶۲/۲۱۱	۲	۸۱/۱۰۶	۴۰/۲۲۶	۰/۰۰۰۱*	۰/۷۴۲
خطا	۵۶/۴۵۶	۲۷/۸۸۵	۲/۲۱۶			
بخش	۴/۶۷۲	۱	۴/۶۷۲	۳/۵۸۶	۰/۱۸۶	۰/۲۰۴
خطا	۱۸/۲۴۴	۱۴	۱/۳۰۳			
سطح × زمان	۵/۲۱۱	۲	۲/۶۰۶	۱/۱۳۲	۰/۳۳۷	۰/۰۷۵
خطا	۶۴/۴۵۶	۲۸	۲/۳۰۲			
سطح × بخش	۲۵۹/۰۷۸	۲	۱۳۹/۵۲۹	۴۰/۶۳۷	۰/۰۰۰۱*	۰/۷۴۴
خطا	۸۹/۲۵۶	۲۸	۳/۱۸۸			
زمان × بخش	۰/۸۳۳	۲	۰/۴۱۷	۰/۲۱۴	۰/۸۰۹	۰/۰۱۵
خطا	۵۴/۵۰۰	۲۸	۱/۹۴۶			
سطح×زمان × بخش	۰/۸۳۳	۲	۰/۴۱۷	۰/۲۱۴	۰/۸۰۹	۰/۰۱۵
خطا	۵۴/۵۰۰	۲۸	۱/۹۴۶			

همان‌طور که در جدول سه مشاهده می‌کنید، یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس درون گروهی نشان داد که اثر اصلی زمان محدود شده ($F_{۲۸،۲}$=۴۰/۲۲۶ ،sig=۰/۰۰۰۱، η^2=۰/۷۴۲) معنادار است. بدین معنا که بین زمان‌های محدود شده ۲۵۰، ۳۰۰ و ۳۵۰ هزارم ثانیه، صرف‌نظر از نوع بخش و صفحه حرکت تفاوت وجود دارد.

علاوه بر این، تعامل صفحه حرکت با بخش ($F_{۲،۲۸}$=۴۰/۶۳۷ ،sig=۰/۰۰۰۱، η^2=۰/۷۴۴) نیز معنادار است. آزمون پیگردی بونفرونی نشان داد که بین زمان ۲۵۰ هزارم ثانیه با ۳۵۰ (P= ۰/۰۰۱) و ۳۰۰ با ۳۵۰ هزارم ثانیه (P= ۰/۰۲۱) تفاوت وجود دارد ولی بین زمان‌های ۲۵۰ با ۳۰۰ هزارم ثانیه تفاوت وجود ندارد (P= ۰/۱۷۰).

نمودار۲. تعداد ضربات به هدف سمت چپ، در زمان‌های محدود شده مختلف، در صفحه افقی و عمودی

جدول۴. آزمون t وابسته در تعداد ضربات به سمت هدف چپ، بین دو بخش (پروگزیمال و دیستال) در دو سطح افقی و عمودی

بخش	مقدار t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
سطح عمودی	۰/۴۰۹	۴۴	۰/۸۳۸
سطح افقی	۱/۱۸۶	۴۴	۰/۰۴۱

همان‌طور که نتایج آزمون‌های t وابسته بالا نشان می‌دهد در سطح عمودی بین پروگزیمال و دیستال در تعداد ضربات به سمت هدف چپ تفاوت معناداری وجود ندارد. ولی در سطح افقی بین پروگزیمال و دیستال در تعداد ضربات به سمت هدف چپ تفاوت معناداری وجود دارد. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که در سطح افقی تعداد ضربات به سمت هدف چپ در بخش دیستال از پروگزیمال بیشتر است.

جدول۵. آزمون t وابسته در تعداد ضربات به سمت هدف چپ، بین دو سطح افقی و عمودی بخش برای بخش پروگزیمال و دیستال

بخش	مقدار t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
بخش پروگزیمال	-۰/۷۲۹	۴۴	۰/۱۶۴
بخش دیستال	-۱/۰۱۳	۴۴	۰/۰۸۸

همان‌طور که نتایج آزمون‌های t وابسته بالا نشان می‌دهد در بخش پروگزیمال بین دو سطح افقی و عمودی در پهنای موثر هدف تفاوت معناداری وجود ندارد. همچنین در بخش پروگزیمال نیز بین دو سطح افقی و عمودی در پهنای موثر هدف تفاوت معناداری وجود ندارد.

بحث و نتیجه گیری

هدف از اجرای این پژوهش، بررسی تاثیر محدودسازی زمانی و سطح حرکتی بر دقت فضایی تکلیف سرعت-دقت فیتز هنگام حرکت با بخش‌های دیستال و پروگزیمال دست دانشجویان دختر دانشگاه شهید چمران اهواز بود.طبق تجزیه و تحلیل حاصل از پژوهش، در بررسی بین تعداد ضربات به هدف سمت راست، در زمان‌های محدود شده مختلف، در بخش‌های دیستال و پروگزیمال در هر دو سطح افقی و عمودی نشان داده شد اثر اصلی زمان محدود شده و تعامل بخش با زمان‌های محدود شده، معنادار بود. در بخش پروگزیمال و دیستال در انجام حرکت در سطح افقی و عمودی، تغییرات زمان محدود شده، تاثیر معنی‌داری بر تعداد

ضربات درست به هدف سمت راست داشت. همچنین در بررسی بین تعداد ضربات به هدف سمت چپ، در زمان‌های محدود شده مختلف، در بخش‌های دیستال و پروگزیمال در هر دو سطح افقی و عمودی نشان داده شد اثر اصلی زمان محدود شده و تعامل صفحه حرکت با بخش نیز معنادار بود.

دربخش پروگزیمال و دیستال در انجام حرکت در سطح افقی و عمودی، تغییرات زمان محدود شده، تاثیر معنی‌داری بر تعداد ضربات درست به هدف سمت چپ داشت. نتایج نتایج نشان داد که شرکت‌کننده‌ها در هدف سمت راست بهتر عمل کردند و این شاید به دلیل برتری چشم راست بود. زیرا در یکی از تحقیقات در مورد چشم‌برتری، لوند (۱۹۳۲)، گزارش داد که وقتی شرکت-کننده‌ها از چشم برتر خود استفاده می‌کردند، در تکالیف هدف‌گیری به نتایج بسیار بالایی دست می‌یافتند (تقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین طاهرپوری (۱۳۹۳)، در تحقیق خود بیان کرد که افراد در هنگام استفاده از چشم برتر خود دقیق-تر هستند و تصاویر دیده شده توسط چشم برتر واضح‌تر و بزرگتر است. همچنین محو شدن تصویری که باچشم غالب دیده می‌شود، آرام‌تر صورت می‌گیرد.

پس به نظر می‌رسد برای بررسی تفاوت دقت بین صفحات افقی و عمودی و بخش پروگزیمال و دیستال، باید از هدف سمت راست استفاده کرد. در پهنای مؤثر هدف و همچنین تعداد ضربات درست به هدف راست در زمان متوسط (۳۰۰ هزارم ثانیه) در هر دو سطح افقی و عمودی، عملکرد بخش دیستال بهتر از بخش پروگزیمال بود. درنتیجه دقت در بخش دیستال، در هر دو سطح افقی و عمودی نسبت به بخش پروگزیمال بیشتر بود. نتیجه پژوهش حاضر با یافته‌های فیتز[1] (۱۹۵۴) و پنفیلد و راسموسن[2] (۱۹۵۰) مبنی بر این‌که مچ و انگشتان نسبت به بازو، به دلیل محدوده بیشتری که روی قشر حرکتی و در نتیجه عصب‌رسانی‌های نرونی بیشتر، از کنترل بالاتری برخوردار است، همخوانی داشت. زیرا ممکن است کنترل بالاتر در انگشتان و مچ باعث دقت بالاتر نسبت به بازو شود و دقت بیشتر باعث خطای کمتر شود.

همچنین با نتایج لنگلف و همکاران[3] (۱۹۷۶) نیز همخوانی داشت. زیرا در این مطالعه ثابت شد که سریع‌ترین حرکات برای ID معین به‌وسیله انگشتان و آهسته-ترین حرکات به‌وسیله بازو بود. به این دلیل که امکان دارد حرکت‌هایی که آهسته‌تر انجام می‌شوند، در حالت قیود زمانی با دقت کمتری انجام شوند.

1. Fitts
2. Pennfield & Rasmussen
3. Langloff et al

همچنین پژوهش حاضر با نتایج مطالعه لنگلف و همکاران (۱۹۷۹) به این دلیل همخوانی داشت که در نتایج لنگلف و همکاران شیب منحنی شاخص دشواری برای عملکردهای انگشت و مچ نسبت به عملکرد بازو کمتر بود. زیرا حرکت در مفصل مچ نسبت به بازو با دشواری کمتری رخ می‌دهد.

پژوهش حاضر با نتایج لاکوانیتی و همکاران[1] (۱۹۸۷) نیز همخوانی داشت، زیرا در این مطالعه ثابت شد که دامنه حرکات زاویه‌ای آرنج و شانه تقریباً با اندازه و وضعیت ترسیم یا نوشتن متن تنظیم می‌شد، در حالی‌که دامنه حرکات مچ و انگشت کوچک است و وابسته به اندازه نیست. نتیجتاً هر چه حرکات زاویه‌ای بزرگتر باشد مقدار مشارکت حرکات مفاصل دیستال در مقایسه با مفاصل پروگزیمال کمتر است. این رابطه غیرخطی حرکات شانه و آرنج به‌طور محکم با هم جفت هستند، در حالی‌که حرکات مفاصل دیستال به اندازه مفاصل پروگزیمال جفت نیستند. از طرف دیگر حرکات مفاصل دیستال (مچ) دقت حرکت را افزایش می‌دهد.

همچنین آبروز و همکاران[2]، ۱۹۹۹ طی مطالعه‌ای ثابت کردند که یک اثر سازنده متفاوت از مکانیسم‌های تسهیل یا بازداری درون‌قشری در تمام بخش‌های قشر حرکتی است. تسهیل و بازداری درون‌قشری که در عضلات پروگزیمال و دیستال دست قرار گرفته‌اند، در یک مسیر مشابه فعالیت می‌کنند. بازه زمانی این اثرات (تسهیل و بازداری) در هر دو نوع عضله مشابه است، اما تفاوت‌های کمی وجود دارد که به موجب آن برای عضلات پروگزیمال نسبت به عضلات دیستال بازداری کوچکتر و تسهیل بزرگتر ظاهر می‌شود. پس می‌توان گفت که تسهیل بزرگتر در عضلات پروگزیمال، در حرکات کوچک، نسبت به عضلات دیستال باعث ایجاد دقت کمتری در حرکات می‌شود که همین همخوانی خود را با یافته‌ها نشان داد.

از طرفی با نظر ولکر و همکاران (۲۰۱۵) مبنی بر اینکه دقت در مفصل شانه نسبت به مچ کمتر است، همخوانی داشت.البته یافته‌ها با نتیجه تحقیق بویل[3] (۲۰۱۰) مبنی بر وجود تفاوت در دقت حرکتی حرکات آرنج و مچ همخوانی نداشت. البته در تحقیق بویل نقش بینایی موجود در تکالیف فیتز نادیده گرفته شد. نتایج پژوهش حاضر با نظریه تغییرپذیری تکانه قابل توجیه است. طبق این نظریه هر چه مقدار نیروی عضلانی به کار رفته در حرکت بیشتر باشد تغییرپذیری در حرکت نیز

1. Lacquaniti et al
2. Abbruzzese et al
3. Boyle

بیشتر می‌شود. از طرفی به دلیل اینکه عضلات پروگزیمال نسبت به دیستال در فعالیت‌های قدرتی مشارکت بیشتری دارند و عضلات دیستال در فعالیت‌های دقیق شرکت می‌کنند (اسکیپاتی و همکاران[1]، ۱۹۹۶)، مقدار نیروی عضلانی بخش پروگزیمال از بخش دیستال بیشتر است. به همین دلیل در بخش دیستال نسبت به بخش پروگزیمال تغییرپذیری کمتر و دقت بیشتری مشاهده شد. در زمان خیلی کوتاه (۲۵۰هزارم ثانیه) و همچنین زمان طولانی (۳۵۰ هزارم ثانیه) در تعداد ضربات درست به هدف سمت راست، عملکرد بخش پروگزیمال بهتر از بخش دیستال بود. طبق مدل تغییرپذیری تکانه تغییرپذیری مدت انقباضات عضلانی، نسبت مستقیمی با کل زمان حرکت دارد و تغییرپذیری نیروی به کار رفته که تا حدود ۶۵٪ نیروی بیشینه افزایش می‌یابد و پس از آن تثبیت شده و یا کاهش کمی پیدا می‌کند. پس اگر گروه‌های عضلانی با نیروی بیش از ۶۵٪ نیروی بیشینه خود منقبض نشوند، این افزایش نیرو باعث تغییرپذیری نیرو در این گروه‌های عضلانی در یک لحظه می‌شود. اگر نیروی این دو گروه عضلانی بیشتر شده و به بیش از ۶۵٪ نیروی بیشینه‌شان برسد، تغییرپذیری نیروی ناشی از افزایش نیروی لازم برای حرکت دادن آن کاهش می‌یابد که این کاهش منجر به افزایش همسانی مسیر حرکت می‌شود. از طرف دیگر برای اینکه بخواهیم سرعت مورد نیاز را برای انجام حرکت مورد نظر (در MT نصف شده) کسب کنیم، باید بزرگی تکانه (نیرو) را افزایش دهیم (اشمیت و لی، ۲۰۰۵).

در نتیجه به نظر می‌رسد عضلات پروگزیمال در زمان متوسط (۳۰۰ هزام ثانیه) از ۶۵٪ نیروی بیشینه خود استفاده کردند. زیرا در این زمان دارای کمترین تعداد ضربات درست به هدف بودند و این احتمالاً به دلیل تغییرپذیری حداکثر، در این زمان بود. از طرف دیگر عضلات دیستال در زمان طولانی (۳۵۰ هزارم ثانیه) دارای کمترین تعداد ضربات درست به هدف بودند که این موضوع ظاهراً برخلاف مبادله سرعت- دقت بود. این کاهش با الگوی برنامه حرکتی GMP قابل تفسیر است. نظریه برنامه GMP بیان می‌کند در حرکات سریع، الگوی عمل جدید نمی‌تواند قبل از تکمیل مهارت و وقوع خطا انتخاب گردد (اشمیت و لی، ۲۰۰۵). پس چون زمان کلی حرکت تغییر کرده است، به نظر می‌رسد که الگوی برنامه حرکتی جدیدی ایجاد شده است و این الگوی عمل جدید دچار خطا شده است. این خطا تعداد ضربات درست به هدف را کاهش داده است.

1. Schieppati et al

پژوهش حاضر با نتایج یافته‌های گراسمن و همکاران[1] (۲۰۱۱) مبنی بر این‌که عمل ضربه در سطوح عمودی نسبت به سطوح افقی آهسته‌تر انجام شد، همخوانی داشت.در پژوهش حاضر همانند مطالعه گراسمن و همکاران شرایط قرار گرفتن ساعد همسان است. دست در صفحه افقی تکیه‌گاه دارد ولی در صفحه عمودی تکیه‌گاهی ندارد. همچنین نتایج با مطالعه ولکر و همکاران[2] (۲۰۱۵) مبنی بر اینکه، عمل روی سطح افقی نسبت به سطح عمودی سریعتر است و با خستگی کمتری همراه است، همخوانی داشت. این امکان وجود دارد حرکتی که سریعتر و با خستگی کمتر اجرا می‌شود، وقتی در شرایط قیود زمانی قرار می‌گیرد، با دقت بیشتری همراه می‌شود.

ولی با یافته‌های تحقیق پدرسن و هورن‌بک[3] (۲۰۱۲) که ثابت کرد ضربات پیوسته ۵٪ روی سطح عمودی سریعتر و با خطای کمتر اجرا شد ناهمخوان بود. علت ناهمخوانی به این دلیل است که تحقیق پدرسن و هورن‌بک با تبلت و گوشی هوشمند و با انگشت سبابه انجام شد، در صورتی که پژوهش حاضر با پد لمسی و قلم نوری انجام شد.

وقتی که فرد از انگشت سبابه استفاده می‌کند، عضلات مچ‌دست منقبض نیست ولی وقتی قلم به دست می‌گیرد عضلات مچ دست در صفحه عمودی به حالت اکستنشن منقبض می‌شود ولی در صفحه افقی اگر هم انقباضی داشته باشد از حالت عمودی خیلی کمتر است.

با توجه به به یافته های مطالعه حاضر پیشنهاد می‌شود که برای انجام مهارت‌های دستی که دقت و سرعت دارای اهمیت است و در سطوح افقی و عمودی انجام می‌شود، بهتر است از صفحه افقی جهت انجام این مهارت‌ها استفاده کرد. همچنین در حرکاتی که نیاز به سرعت و دقت دارند تمرکز بیشتر بر روی بخش دیستال باشد و از ایجاد محدودیت برای این قسمت پرهیز گردد. علاوه براین برای مهارت‌هایی که نیاز به دقت فضایی دارند، در صورتی‌که کاهش سرعت به اجرای مهارت خدشه‌ای وارد نمی‌کند، از محدوده‌های زمانی طولانی‌تر استفاده شود که فرد فرصت اصلاح خطا داشته باشد.

1. Grossmann et al
2. Voelker et al
3. Pedersen & Hornbæk

منابع

اشمیت، ریچاردای و لی، تیموتی.دیی (۲۰۰۵). یادگیری و کنترل حرکتی، ترجمه حمایت‌طلب، رسول و قاسمی، عبدالله (۱۳۹۱)تهران:انتشارات علم و حرکت.

تقی زاده، فهیمه، دانشفر، افخم و شجاعی، معصومه. (۱۳۹۳). اثر الگوی ترجیح جانبی چشم و دست، تکلیف و سطح مهارت بر عملکرد بازیکنان تنیس روی میز. نشریه رفتار حرکتی, ۶(۱۵), ۱۲۷-۱۴۰.

طاهرپوری، طیبه. (۱۳۹۳). تأثیر همسو و دگرسو بر یادگیری مهارت پرتاب آزاد بسکتبال. پایان‌نامه دانشگاه شهید چمران اهواز. رفتار حرکتی.

عظیمی، رضوان. (۱۳۹۲). اثر کانون توجه، پیچیدگی تکلیف و سطح مهارت برمبادله سرعت-دقت در دختران جوان؛ پژوهشگاه علوم و تحقیقات اطلاعات ایران.

عموزاده‌خلیلی، محمد، یادگاری، هما (۱۳۸۲). مقایسه میزان رشد حرکات ظریف و دقیق در کودکان مهدهای کودک شهری و روستایی سمنان. مجلهٔ علمی دانشگاه علوم پزشکی سمنان. جلد ۵، شماره ۱و ۲.

لاتاش، ال. مارک (۲۰۰۸)اصول کنترل حرکتی، ترجمه دوستان، محمدرضا، هاشمی، معصومه، شمشیری، سارا، علوی، خلیل (۱۳۹۴) : انتشارات حتمی.

نیک نام، ملیحه و دوستان، محمدرضا. (۱۳۹۶). بررسی تأثیر بازخورد دامنه ای فضایی و زمانی بر کاهش خطای دقت زمانبندی و فضایی تکلیف مبادله سرعت-دقت فیتز. فصلنامه علمی- پژوهشی عصب-روانشناسی, ۳ (۱۱), ۲۳-۳۸.

Abbruzzese, G, Assini, A, Buccolieri, A, Schieppati, M, & Trompetto, C. (1999). Comparison of intracortical inhibition and facilitation in distal and proximal arm muscles in humans. *The Journal of physiology*, *514*(3), 895-903.

Balakrishnan, R., & MacKenzie, I. S. (1997). Performance differences in the fingers, wrist, and forearm in computer input control. In *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems* (pp. 303-310). ACM

Bi, X., Grossman, T., Matejka, J., & Fitzmaurice, G. (2011). Magic desk: bringing multi-touch surfaces into desktop work. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 2511-2520). ACM.

Boyle, J. B. (2010). *Control of wrist and arm movements of varying difficulties* (Doctoral dissertation, Texas A&M University).

Crossan, A., Williamson, J., Brewster, S., & Murray-Smith, R. (2008). Wrist rotation for interaction in mobile contexts. In *Proceedings of the 10th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services* (pp. 435-438). ACM.

Elliott, D., Hansen, S., Grierson, L. E., Lyons, J., Bennett, S. J., & Hayes, S. J. (2010). Goal-directed aiming: two components but multiple processes. *Psychological bulletin*, *136*(6), 1023.

Fitts, P. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. Journal of Experimental Psychology, 47(6). 381-191.

Gilliot, J., Casiez, G., & Roussel, N. (2014). Impact of form factors and input conditions on absolute indirect-touch pointing tasks. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 723-732). ACM.

Ifft. J, Peter, A.Lebedev, Mikhail, A.L.Nicolelis, Miguel (2011) Cortical correlates of fits law. Volume 5 | Article 85 | **1**

Jagacinski, R. J., & Monk, D. L. (1985). Fitts Law in Two dimensions with hand and head movements movements. *Journal of Motor Behavior*, *17*(1), 77-95.

Lacquaniti, F., Ferrigno, G., Pedotti, A., Soechting, J. F., & Terzuolo, C. (1987). Changes in spatial scale in drawing and handwriting: kinematic contributions by proximal and distal joints. *The journal of Neuroscience*, *7*(3), 819-828.

Lohman, D. F. (2014). Estimating individual differences in information processing using speed-accuracy models. In *Abilities, Motivation and Methodology* (pp. 141-186). Routledge.

MacKenzie, I. S., & Isokoski, P. (2008). Fitts' throughput and the speed-accuracy tradeoff. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1633-1636). ACM.

Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, *9*(1), 97-113.

Olson, D, Russel, C, Sprinkle, D.H. (2014). Circumplex model: Systemic assessment and treatment of families. Routledge.

Pedersen, E. W., & Hornbæk, K. (2012). An experimental comparison of touch interaction on vertical and horizontal surfaces. In *Proceedings of the 7th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Making Sense Through Design* (pp. 370-379). ACM.

Pennfield, W., & Rasmussen, T. (1950). The cerebral cortex of man: A clinical study of

localication of function. New York: Macmillan.

Rozand, V., Lebon, F., Papaxanthis, C., & Lepers, R. (2015). Effect of mental fatigue on speed˚accuracy trade-off. *Neuroscience*, *297*, 219-230.

Schieppati, M., Trompetto, C., & Abbruzzese, G. (1996). Selective facilitation of responses to cortical stimulation of proximal and distal arm muscles by precision tasks in man. *The Journal of Physiology*, *491*(Pt 2), 551.

Schmidt, R. A., & Wrisberg, C. A. (2008). *Motor learning and performance: A situation-based learning approach*. Human kinetics.

Voelker, S., Matviienko, A., Schöning, J., & Borchers, J. (2015). Combining Direct and Indirect Touch Input for Interactive Desktop Workspaces using Gaze Input.

Woodworth, R. S. (1899). Accuracy of voluntary movement. The Psychological Review: Monograph Supplements, 3, i-114.

Zhai, S., Milgram, P., & Buxton, W. (1996). The influence of muscle groups on performance of multiple degree-of-freedom input. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 308-315). AC

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی