

تأثیر دست برتری و دشواری تکلیف هماهنگی دودستی بر امواج مغزی نواحی

قشری افراد راست و چپ دست

*حدیث غلامپور^۱، محمدرضا دوستان^۲

۱. کارشناس ارشد رفتار حرکتی، دانشگاه آزاد شوشتر، شوشتر، ایران.

۲. مربی گروه رفتار حرکتی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

(تاریخ وصول: ۹۵/۱۰/۱۶ - تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۲۳)

The Effect of Dominant Hand and Bimanual Coordination Task Difficulty on the Brainwave of Cortical Areas in Right and Left-Handed Persons

*Hadis Gholampour¹, Mohammadreza Doostan²

1. M.A in Motor Behavior, Tehran University, Iran.

2. Lecturer of Motor Behavior, Ahvaz Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.

Received: (Jan. 05, 2016)

Accepted: (Feb. 11, 2016)

Abstract:

چکیده:

Introduction: Bimanual coordination tasks routine and dominant. So, the aim of this study was investigating the effect of handedness and bimanual coordination task difficulty on the brainwave of cortical areas. **Methods:** The present study is of semi-experimental type. 20 women (10 left and 10 right-handed) with a mean age of 42/8 years That were selected by Purposive sampling. Each of the participants did a five-difficulty level of bimanual coordination tasks. **Findings:** according to the results of analysis of variance and independent t-test in c3 between right and left-hand group there was a significant difference in gamma wave. And in level 5&4 of bimanual coordination task difficulty between two groups in delta waves there was a significant difference too. **Conclusion:** There was a high activity in the motor cortex, supplementary motor area (C3 & C4) during bimanual coordination task. This activity of wave increasing with enhancement tasks difficulty. This finding shown the important role of Supplementary motor area in bimanual coordination.

مقدمه: با توجه باینکه تکلیف هماهنگی دودستی امری روزمره و غالب است. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر دست برتری و دشواری تکلیف هماهنگی دودستی بر امواج مغزی نواحی حرکتی اولیه و ناحیه حرکتی مکمل (نقاط C3 و C4) بود. روش: پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی است؛ که در آن تعداد ۱۰ زن راست دست و ۱۰ زن چپ دست با میانگین سنی ۴۲/۸ به صورت هدفمند انتخاب شدند. تمامی شرکت کنندگان پنج تکلیف هماهنگی دودستی با دشواری متفاوت را انجام دادند. در حین انجام تکلیف هماهنگی دودستی فعالیت امواج مغزی ناحیه C3 و C4 توسط دستگاه EEG اندازه گیری شد. **یافته‌ها:** طبق نتایج آزمون تحلیل واریانس مرکب و آزمون تعقیبی تی مستقل در ناحیه C3 بین گروه راست دست و چپ دست هنگام حالت استراحت در توان موج گاما تفاوت معنی داری بود. همچنین در ناحیه C4 بین گروه راست دست و چپ دست در سطوح دشواری ۴ و ۵ تکلیف هماهنگی دودستی در توان موج دلتا در ناحیه C4 تفاوت معنی دار وجود داشت. **نتیجه گیری:** فعالیت بیشتر در نواحی حرکتی اولیه و ناحیه حرکتی مکمل (نقاط C3 و C4) حین انجام تکلیف هماهنگی دودستی صورت گرفته است و این فعالیت بیشتر امواج در این نواحی با افزایش پیچیدگی تکلیف و دشوارتر شدن آن نیز افزایش یافته است. همچنین این یافته‌های نقش ناحیه حرکتی اولیه و همچنین ناحیه حرکتی مکمل در حرکات هماهنگی دودستی را نشان می‌دهد.

Keywords: Dominant Hand, Bimanual Coordination, Waves, Gamma, Delta Wave.

واژگان کلیدی: دست برتری، هماهنگی دودستی، موج گاما، موج دلتا.

*نویسنده مسئول: حدیث غلامپور

Corresponding Author: Hadis Gholampour

E-mail: nsafzaly@gmail.com

مقدمه

رفتارهای خاصی به شکل مطلوب رخ دهد و تسلط یک سمت بدن «برتری جانبی» را دلیل طبیعی بودن سازمان عصبی می‌داند و اختلال در آن را باعث اختلال در یادگیری می‌داند. اعمال نواحی کنترل حرکات معمولاً در یک نیمکره مغز نسبت به نیمکره مقابل تکامل یافته‌ترند؛ بنابراین این نیمکره، نیمکره غالب نامیده می‌شود. نواحی حرکتی کنترل دست‌ها نیز در ۹۰٪ افراد در نیمکره چپ غالب است و بنابراین بیشتر افراد راست‌دست هستند (گایتون، ۲۰۱۱؛ ترجمه سپهری و همکاران، ۱۳۹۱). همان‌طور که می‌دانیم قشر مغز تکامل یافته‌ترین قسمت مغز بوده و مسئول فرآیندهای درک و شناخت و اعمال حرکتی ارادی است (علویان، ۱۳۷۶). شمار زیادی از پژوهش‌ها در زمینه‌ی نواحی درگیر مغز در هماهنگی دودستی انجام شده است. این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که EEG از حساسیت بیشتری نسبت به ساختارهای عمیق مغز برخوردار است (مالمیو^۲، ۲۰۱۲).

در زمینه‌ی مهارت‌های هماهنگی بین دودست در بیماران کلاستومی^۳ بیان می‌کند که بخش کردن قسمت‌های جسم پینه‌ای تعامل بین دودست را به‌طور مستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد و آسیب CC منجر به عملکرد دودستی معیوب می‌شود.

انسان در بسیاری از فعالیت‌های روزانه نظیر لباس پوشیدن دکمه‌های پیراهن، بستن کفش و بسیاری دیگر نیازمند استفاده از هر دو دست به‌طور هماهنگ است. استفاده از دودست به‌طور هم‌زمان به دو شکل انجام می‌شود، نخست هر دودست در یک‌زمان یک حرکت مشابه انجام می‌دهند مانند رانندگی کردن یا دودست در یک‌زمان اعمال متفاوتی را انجام می‌دهند در این زمان الگوهای این حرکات از نظر فضایی و زمانی با یکدیگر متفاوت و هماهنگی بین آن‌ها دچار اختلال می‌شود (مولوی و همکاران، ۱۳۹۰). حرکات دودستی شامل تنوعی از اعمال هماهنگ، اعم از الگوهای ابتدایی که به‌طور خودکار عمل می‌کنند تا الگوهای پیچیده که مستلزم تمرین هستند تا بامهارت انجام شوند، می‌باشند (اشمیت و لی، ۲۰۰۵). برتری جانبی از عوامل درونی مهم در اجرای حرکتی محسوب می‌شود و اگرچه اولویت‌های برتری متفاوت‌اند، ولی در نهایت یک‌طرف غالب می‌شود و عملکرد مؤثرتری نسبت به‌طرف دیگر در هنگام یادگیری دارد. افراد معمولاً ترجیح می‌دهند در انجام یک مهارت حرکتی از یک دست بیشتر استفاده کنند که به‌عنوان دست غالب یا دست برتر^۱ شناخته می‌شود (متو و باربیتو، ۲۰۰۳). نیمکره مغز باید بر دیگری غالب باشد تا

2. Malmivuo
3. Callostomy

1. Dominant Hand

موردبررسی قرار گرفت و هم‌زمان با استفاده از تحلیل EEG چند ناحیه از قشر مغز و بررسی امواج مغزی در مورد نواحی مختلف مغز درگیر در الگوهای هماهنگی دودستی، بررسی شد همچنین تغییرات امواج چند ناحیه قشری، در افراد چپ‌دست با افراد راست‌دست مقایسه شد. پژوهشگر با انجام این مطالعه درصدد پاسخگویی به این سؤال اساسی است که دست برتری و دشواری تکلیف هماهنگی دودستی بر نواحی قشری چه تأثیری خواهد داشت؟

روش

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی بوده و از لحاظ هدف، در زمره پژوهش‌های کاربردی است جامعه آماری آن را کارمندان زن دانشگاه علوم پزشکی با میانگین سنی ۴۲/۸ تشکیل دادند. شرکت‌کنندگان ابتدا به صورت داوطلبانه در پژوهش شرکت کردند و از میان آن‌ها ۲۰ نفر به صورت هدفمند با ملاک داشتن دامنه بینایی طبیعی، نداشتن مشکل جسمانی و حرکتی انتخاب شدند. از سیاهه دست برتری ادینبورگ برای ارزیابی دست برتری استفاده شده است که از بین جامعه مذکور تعداد ۱۰ نفر راست‌دست و ۱۰ نفر چپ‌دست انتخاب و در دو گروه ۱۰ نفر راست‌دست و چپ‌دست قرار گرفتند.

در این مطالعه از بیوفیدبک چهارکاناله Vilistus و نرم‌افزار Biosses ساخت کشور انگلستان استفاده شد. الکتروانسفالوگرافی

یافته‌ها نشان می‌دهد که انجام کار دودستی به ویژگی ساختمان میکروسکوپی قشر MI و ناحیه اکسی پیتال CC نیز مربوط می‌شود. رادو^۱ و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیق خود در مورد بیمارانی که از ناحیه مخچه^۲ آسیب‌دیده‌اند بیان می‌کند این افراد نمی‌توانند در تکالیف مجرد از قبیل ضربه زنی یک‌دستی، دقت زمانی را حفظ کنند درحالی‌که افراد سالم در حین کشیدن دایره می‌توانند این دقت زمانی را حفظ کنند. به‌طور متناوب زمان‌بندی برآیند احتمالاً برهم‌کنش بین نیمکره‌ای در طول جسم پینه‌ای متکی است. در طول ضربه دودستی با انگشت، بیماران کلتومی نشانه زمانی را رعایت می‌کنند ولی هنگام ترسیم دایره ناموفق هستند. تصور بر این است که هماهنگی دودستی حالتی پیش‌فرض از سیستم کنترل است به‌گونه‌ای که حرکات یک‌دستی نیازمند سرکوب اندام مقابل دارند (هولینگ^۳ و همکاران، ۲۰۱۰). این حرکات شامل عملکرد تخصصی نیمکره‌ها برای به انجام رساندن یک رفتار حرکتی معطوف به هدف است که با استفاده از یکپارچگی حرکتی اندام چپ و راست با یک ماهیت کنترلی کاربردی صورت می‌گیرد (سویین، ۲۰۱۵). در پژوهش حاضر دودسته افراد که از نظر ویژگی دست برتری باهم تفاوت دارند با ایجاد تغییرات حرکات دودستی از ساده تا دشواری تکلیف را

1. Radow
2. Cerebellum
3. Houweling

حدیث غلامپور، محمدرضا دوستان: تأثیر دست برتری و دشواری تکلیف هماهنگی دودستی بر امواج مغزی نواحی قشری ...

Genius مجهز به صفحه حسگر با دقت 2000LPI که به دو دستگاه لب تاپ با پورت USB اتصال می‌یافت و با چند برنامه رایانه‌ای رقمی کننده اجرا شد. شرکت‌کنندگان در محیطی ساکت و آرام که تداخلی با برنامه تکلیفی آنها نداشته باشد، تکلیف هماهنگی دودستی را با صدای مترونوم در ۵ سطح مختلف دشواری به شرح زیر انجام می‌دادند:

تکلیف اول: رسم دو دایره یکسان: این تکلیف طوری طراحی شده بود که شرکت‌کنندگان هر دو گروه چپ‌دست و راست‌دست در یک حرکت هم‌زمان دودستی به ترسیم دو دایره با سرعت‌های برابر دودستی می‌پرداختند. در این حرکت، هم‌زمان با هر صدای مترونوم دوایر ترسیم می‌شد. به طوری که این کار باید ۳۰ بار در ۳۰ ثانیه و به طور پیاپی با هر صدای مترونوم تکرار می‌شد.

تکلیف دوم و سوم: تفاوت در اندازه حرکت دست‌ها: در این تکلیف نامتقارنی تکلیف دودستی از نظر اندازه حرکت دست‌ها بود. این تکلیف طوری طراحی شده بود که آزمودنی‌ها در یک حرکت هم‌زمان دودستی به ترسیم دایره می‌پرداختند ولی اندازه حرکت یکی از دست‌ها دو برابر دست دیگر بود. بدین معنا که با هر صدای مترونوم یک دست دایره‌ای بزرگ و دست دیگر دایره‌ای کوچک ترسیم می‌کرد (قطر دایره بزرگ دو برابر قطر دایره کوچک بود). این تکلیف در شرایط معاوضه

(EEG) روشی از ثبت غیرتهاجمی فعالیت ترکیبی دسته بزرگی از نورون‌هاست که معمولاً پتانسیل‌های الکتریکی در الکترودهای واحد نسبت به یک الکتروده بی‌طرف که معمولاً بر روی لاله گوش قرار داده می‌شود را ثبت می‌کند. سیگنال‌های فرعی که ممکن است سیگنال‌های EEG را تخریب کند، فعالیت عضلات جمجمه‌ای و چهره‌ای است. برای مثال اگر شخصی چشمانش را حرکت دهد، سیگنال‌های نسبتاً شدیدی از عضلات چشم به‌طور متوالی بر سیگنال‌های EEG غلبه کرده و آنها را غیرقابل محاسبه می‌کند. این وضعیت به‌طور آشکاری نیازمند همکاری و مساعدت آزمودنی است؛ بنابراین از آزمودنی‌ها خواسته شد حتی‌الامکان عضلات چهره‌ای خود را در حین انجام تحقیق شل نگه دارند. هم‌زمان با تکلیف هماهنگی دودستی ثبت‌های مغزی از نواحی C3، C4 بر اساس سیستم ۱۰-۲۰ الکتروانسفالوگرافی برای هر آزمودنی انجام شده است که این کار به‌وسیله متخصص و کارشناس مربوطه در نواحی موردنظر انجام گرفت.

تمامی شرکت‌کنندگان ابتدا توسط آزمونگر با موارد آزمون و نحوه کشیدن هر یک از الگوها و همچنین الکترودهای دستگاه ثبت امواج مغزی (EEG) آشنایی پیدا کردند. از مترونوم شنیداری برای هماهنگ کردن تعداد خطوط در هر دست استفاده شده است. پژوهش حاضر با استفاده از دو دستگاه از قلم نوری G-Note 7100 با مارک

پژوهش حاضر تمام محاسبات برحسب درصد قابل قبول در نظر گرفته شد. نرم افزار ترسیم خط برنامه رایانه‌ای رقمی کننده‌ای است که میزان انحراف از الگو را برحسب درجه تبدیل به اعداد قابل تحلیل می‌نماید. برنامه طوری طراحی شده است که تنها یک دستگاه قلم نوری و حسگر مربوط به آن برای اجرا به لپ‌تاپ موردنظر متصل می‌شود؛ بنابراین تنها حرکت یک دست را ثبت می‌کند. برای پوشش این مسئله برنامه موردنظر بر روی دو لپ‌تاپ نصب شده و هرکدام از لپ‌تاپ‌ها به یک دستگاه حسگر قلم نوری متصل می‌شود. نهایتاً برای محاسبه‌ی میزان صحیح بودن حرکت هماهنگی دودستی از داده‌های دو لپ‌تاپ میانگین گرفته شده است تا حرکت هر دودست مورد محاسبه و نهایتاً مورد تحلیل قرار گیرد. پایایی «نرم افزار هماهنگی دودستی» در این پژوهش، توسط با روش آزمون - باز آزمون $0/89$ به دست آمده است.

یافته‌ها

جهت اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها از آزمون شاپیروویلیک استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد که سطح معناداری در تمام گروه‌ها بزرگ‌تر از $0/05$ بود؛ پس توزیع داده‌ها نرمال است. یافته‌های توصیفی متغیرهای تحقیق شامل میانگین و انحراف معیار امواج مغزی به شرح ذیل است.

الگوها بین هر دست به‌عنوان دشواری سوم در نظر گرفته شده است.

تکلیف چهارم و پنجم تفاوت در نوع تکلیف رسم شده هر دست: در این آزمایش نامتقارنی تکلیف دودستی از نوع تکلیف در هر دست بود. این تکلیف طوری طراحی شده بود که آزمودنی‌ها در یک حرکت هم‌زمان دودستی با هر صدای مترونوم به ترسیم خط با یک دست و ترسیم دایره با دست دیگر می‌پرداختند. این تکلیف در شرایط معاوضه الگوها بین هر دست به‌عنوان دشواری پنجم در نظر گرفته شده است. ابزار این پژوهش عبارت است از:

نرم افزارهای بررسی هماهنگی دودستی: دستگاه مورد استفاده پژوهش حاضر در کار دوستان و همکاران (۱۳۹۲) استفاده شده است. نرم افزار هماهنگی دودستی مشابه با ایوری و همکاران (۲۰۰۴) طراحی شد. طراحی برنامه به‌گونه‌ای است که آزمونگر می‌تواند هم قطر دایره و هم قطر ناحیه قابل قبول را تغییر دهد؛ بنابراین برنامه پتانسیل تغییر اندازه‌ی حرکت موردنظر را دارد. همچنین پس از ترسیم دوایر موردنظر بر روی الگو چند خروجی را به صورت عددی به ما می‌دهد. این اعداد عبارت‌اند از تعداد دوایر رسم شده، تعداد پیکسل‌های (نقاط) ترسیم شده، تعداد و درصد نقاط خارج محدوده (خارج از دایره بزرگ)، تعداد و نقاط داخل محدوده (داخل دایره کوچک)، تعداد نقاط قابل قبول (درصد صحیح روی الگوی موردنظر). در

حدیث غلامپور، محمدرضا دوستان: تأثیر دست برتری و دشواری تکلیف هماهنگی دودستی بر امواج مغزی نواحی قشری ...

جدول ۱. آمار توصیفی مربوط به توان امواج در ناحیه F3 و F4 قشر مغزی در دو گروه چپ‌دست‌ها و راست‌دست‌ها

ناحیه C3								سطح دشواری تکلیف	گروه
گاما	بتا ۲	بتا ۱	SMR	آلفا	تتا	دلتا	میانگین		
۰/۷۸	۲/۴۴	۲/۸۲	۳/۴۴	۴/۲۷	۴/۷۹	۴/۵۲	میانگین	بیس‌لاین	راست‌دست
۰/۲	۰/۶۳	۰/۴۳	۰/۶۷	۰/۵۴	۰/۵۲	۰/۴۶	انحراف استاندارد		
۰/۹۷	۲/۶۱	۲/۹۸	۳۰/۱۸	۳/۸۸	۴/۹۵	۴/۸۶	میانگین	دشواری ۱	
۰/۳	۰/۴۴	۰/۴۷	۰/۴۲	۰/۵	۰/۵۷	۰/۷	انحراف استاندارد		
۱/۱	۲/۳۶	۲/۷۸	۳/۱۴	۴/۰۲	۵/۴۲	۵/۱۱	میانگین	دشواری ۲	
۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۳۹	۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۵۶	۰/۵۲	انحراف استاندارد		
۱/۰۷	۲/۵۹	۲/۵۹	۳/۱۴	۴/۱۳	۵/۱۸	۴/۹۴	میانگین	دشواری ۳	
۰/۳۱	۰/۴۱	۰/۴۳	۰/۴۵	۰/۳۲	۰/۵۴	۰/۷۱	انحراف استاندارد		
۱/۲۹	۲/۶۴	۲/۶۹	۳/۱	۴/۰۵	۵/۱۴	۴/۹۷	میانگین	دشواری ۴	
۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۳۸	۰/۲۸	۰/۷۲	۰/۶۲	انحراف استاندارد		
۱/۱۳	۲/۶۰	۲/۶۵	۳/۲۶	۴/۰۷	۵/۱۷	۴/۸۷	میانگین	دشواری ۵	
۰/۳۴	۰/۳۸	۰/۳۲	۰/۵۶	۰/۳۸	۱/۱۵	۰/۷۷	انحراف استاندارد		
۱/۳۶	۲/۸۲	۲/۷۴	۳/۱۳	۴/۲	۴/۶۵	۴/۴۷	میانگین	بیس‌لاین	چپ‌دست
۰/۵۴	۰/۳۹	۰/۴	۰/۳۱	۰/۴	۰/۸۱	۰/۸۹	انحراف استاندارد		
۱/۲۲	۲/۵۶	۲/۶۹	۲/۸۶	۳/۹۳	۴/۸۲	۵/۱۲	میانگین	دشواری ۱	
۰/۲۳	۰/۳	۰/۳۶	۰/۳۲	۰/۴۷	۰/۵۹	۰/۴۲	انحراف استاندارد		
۱/۱۹	۲/۴۲	۲/۷۷	۲/۹۵	۴/۱	۴/۹۴	۴/۶۷	میانگین	دشواری ۲	
۰/۳۸	۰/۳۲	۰/۲	۰/۳۲	۰/۵۷	۰/۶۵	۰/۵۲	انحراف استاندارد		
۱/۱۴	۲/۵	۲/۶۳	۲/۹۷	۳/۹۵	۵/۳	۵/۲۶	میانگین	دشواری ۳	
۰/۲۱	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۳۵	۰/۴۶	۰/۵۶	۰/۴۲	انحراف استاندارد		
۱/۲۶	۲/۵۱	۲/۷	۲/۹۳	۴	۵/۰۱	۵/۰۸	میانگین	دشواری ۴	
۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۴۲	۰/۵۷	۰/۴۶	۰/۶۶	انحراف استاندارد		
۱/۳	۲/۶۵	۲/۷۲	۳/۰۱	۴	۴/۸۸	۴/۹۹	میانگین	دشواری ۵	
۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۵۱	۰/۵۲	۰/۷۶	۰/۴۳	انحراف استاندارد		

ناحیه C4								بیس لاین	راست دست
۲/۸	۲/۸۵	۳/۰۹	۳/۵۳	۴/۱۰	۵/۳۲	۴/۷۵	میانگین		
۰/۳۷	۰/۵۱	۰/۵	۰/۴۱	۰/۴۲	۱/۰۱	۰/۷۱	انحراف استاندارد		
۲/۷۹	۳/۰۳	۳	۳/۱۳	۴/۰۷	۵/۴۲	۴/۷۵	میانگین	دشواری ۱	
۰/۵۹	۰/۶۵	۰/۵۶	۰/۴۱	۰/۵۶	۰/۷۱	۰/۸۴	انحراف استاندارد		
۲/۶۶	۳/۴۵	۲/۸۴	۳/۱۲	۴/۱۳	۵/۳۱	۵	میانگین	دشواری ۲	
۰/۳	۱/۲	۰/۴۸	۰/۵۳	۰/۶	۰/۵۹	۰/۷۸	انحراف استاندارد		
۳/۰۶	۲/۹۸	۳/۰۴	۲/۸۸	۴/۴۲	۵/۳۲	۴/۹۶	میانگین	دشواری ۳	
۰/۳۵	۰/۴۲	۰/۲۶	۰/۳۳	۰/۴۶	۰/۸۲	۰/۷۹	انحراف استاندارد		
۲/۴۶	۲/۹۵	۲/۸۷	۳/۰۱	۴/۲۲	۵/۲۸	۴/۵۷	میانگین	دشواری ۴	
۰/۷۷	۰/۲۴	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۴۷	۰/۸۹	۰/۴۸	انحراف استاندارد		
۲/۹۳	۳/۰۲	۲/۸۷	۳/۲۸	۴/۱۹	۵/۳۳	۴/۹۹	میانگین	دشواری ۵	
۰/۵۵	۰/۴۲	۰/۴۹	۰/۴۶	۰/۷۶	۱/۰۱	۰/۳۶	انحراف استاندارد		
۲/۴۱	۲/۶۱	۲/۷۹	۳/۱۴	۴/۰۹	۴/۷۴	۴/۴۷	میانگین	بیس لاین	
۰/۸۲	۰/۴۸	۰/۵۸	۰/۸۵	۰/۶۱	۰/۹	۰/۹۵	انحراف استاندارد		
۲/۶	۲/۳۷	۲/۵۹	۲/۶۴	۴/۱۷	۴/۶۹	۵/۴۷	میانگین	دشواری ۱	
۰/۸۶	۰/۴۸	۰/۵۸	۰/۴۴	۰/۶۵	۰/۷۱	۰/۸	انحراف استاندارد		
۲/۶۶	۲/۲۴	۲/۵۶	۲/۶۳	۴/۱۵	۵/۲۱	۴/۹۴	میانگین	دشواری ۲	
۰/۸۳	۰/۴۷	۰/۴۶	۰/۶۳	۰/۶۹	۰/۷۴	۱/۱	انحراف استاندارد		
۲/۹۴	۲/۴۴	۲/۴۴	۲/۸۵	۴/۲۲	۵/۴۱	۴/۹۴	میانگین	دشواری ۳	
۱/۲۵	۰/۳۸	۰/۴۶	۰/۶۵	۰/۹۴	۰/۷۴	۱/۰۴	انحراف استاندارد		
۲/۸۹	۲/۶	۲/۴۵	۲/۸۹	۴/۰۷	۴/۹۴	۵/۵۹	میانگین	دشواری ۴	
۰/۹۵	۰/۴۳	۰/۲۹	۰/۶۵	۰/۷۱	۰/۵۴	۰/۵۹	انحراف استاندارد		
۲/۴۱	۲/۴۸	۲/۵۹	۲/۹۴	۳/۸۵	۵/۲۱	۵/۵۶	میانگین	دشواری ۵	
۰/۷۸	۰/۵۱	۰/۴۲	۰/۶۴	۰/۴۶	۱/۰۹	۰/۷۵	انحراف استاندارد		

دشواری‌های مختلف در افراد راست‌دست و
چپ‌دست از آزمون تحلیل واریانس ۲ (گروه) ×

جهت بررسی بین توان امواج مغزی در ناحیه
C3 و C4 طی انجام تکالیف حرکتی دودستی با

حدیث غلامپور، محمدرضا دوستان: تأثیر دست برتری و دشواری تکلیف هماهنگی دودستی بر امواج مغزی نواحی قشری ...

۶ (دشواری) برای هر موج به‌طور جداگانه در به شرح ذیل است.

قسمت C3 و C4 مغز استفاده شد. کاه نتایج آن

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس با سنجش مکرر در توان امواج مغزی در ناحیه‌ی C3 و C4 طی انجام تکالیف حرکتی

دودستی با دشواری‌های مختلف در افراد راست‌دست و چپ‌دست

ناحیه C4			ناحیه C3				
P	مقدار F	درجه آزادی	سطح معنی‌داری	مقدار F	درجه آزادی	منبع تغییرات	ریتم
۰/۱	۱/۹	۵	۰/۰۰۱	۴/۳۹	۵	موج	دلتا
۰/۰۳	۲/۵۴	۵	۰/۱۲	۱/۷۸	۵	موج × گروه	
		۹۰			۹۰	گروه	
۰/۱۱	۲/۰۴	۳/۲۱	۰/۰۴۸	۲/۶۷	۲/۹۲	موج	تتا
۰/۳۲	۱/۱۸	۳/۲۱	۰/۰۴	۲/۹۳	۲/۹۲	موج × گروه	
		۰/۵۷			۵۲/۶۵	گروه	
۰/۶۳	۰/۶۹	۵	۰/۰۳	۲/۵۱	۵	موج	آلفا
۰/۸	۰/۴۶	۵	۰/۸	۰/۴۵	۵	موج × گروه	
		۹۰			۹۰	گروه	
۰/۰۰۱	۴/۳۵	۵	۰/۰۱	۳/۳۸	۳/۴۳	موج	SMR
۰/۳۲	۱/۱۸	۵	۰/۸	۰/۳۶	۳/۴۳	موج × گروه	
		۹۰			۶۱/۸۷	گروه	
۰/۲۳	۱/۴۶	۲/۸۷	۰/۰۴	۲/۴	۵	موج	بتای پایین
۰/۶۲	۰/۵۷	۲/۸۷	۰/۱۸	۱/۵۳	۵	موج × گروه	
		۵۱/۷۵			۹۰	گروه	
۰/۸۲	۰/۲۶	۲/۶۵	۰/۰۳	۲/۷۲	۲/۳۹	موج	بتای بالا
۰/۰۷	۲/۵۴	۲/۶۵	۰/۰۵۶	۲/۹	۲/۳۹	موج × گروه	
		۴۷/۷۳			۴۳/۱۷	گروه	
۰/۲۸	۱/۲۷	۵	۰/۱۲	۲/۱۴	۲/۲۶	موج	گاما
۰/۱۳	۱/۷۳	۵	۰/۰۲	۳/۸۲	۲/۲۶	موج × گروه	
		۹۰			۴۰/۸۳	گروه	

تعامل × گروه برای امواج تتا و گاما معنی‌دار بود (به ترتیب $p=۰/۰۴$ و $p=۰/۰۲$). بدین منظور برای بررسی برای بررسی اثر تعامل × گروه از آزمون تی

با توجه به جدول (۲) نتایج آزمون تحلیل واریانس با سنجش مکرر در توان امواج مغزی در ناحیه‌ی C3 طی انجام تکالیف حرکتی دودستی اثر

مستقل برای امواج قشر مغزی ناحیه C3 استفاده شده است که نتایج آن به شرح ذیل است.

جدول ۳. نتایج آزمون تی مستقل برای بررسی جایگاه تفاوت توان امواج تتا و گاما در ناحیه C3 طی انجام تکالیف حرکتی

دودستی با دشواری‌های مختلف در گروه‌های چپ‌دست و راست‌دست

موج	سطح دشواری	درجه آزادی	t	سطح معنی‌داری
تتا	استراحت	۱۴/۴۳	۰/۴۵	۰/۶۵
	دشواری ۱	۱۸	۰/۸۹	۰/۳۸
	دشواری ۲	۱۸	۰/۱۵	۰/۸۷
	دشواری ۳	۱۸	-۱/۸۸	۰/۰۷
	دشواری ۴	۱۸	-۱/۶۹	۰/۱
	دشواری ۵	۱۸	-۰/۳۳	۰/۷۴
گاما	استراحت	۱۸	-۳/۱۸	۰/۰۰۵
	دشواری ۱	۱۸	-۲/۰۳	۰/۰۵۷
	دشواری ۲	۱۸	-۰/۶۳	۰/۵۳
	دشواری ۳	۱۸	-۰/۵۵	۰/۵۸
	دشواری ۴	۱۸	-۰/۱۴	۰/۸۸
	دشواری ۵	۱۸	-۱/۰۸	۰/۲۹

با توجه جدول ۳، آزمون تی مستقل نشان داده است که در ناحیه C3 بین گروه راست‌دست و چپ‌دست در هیچ‌کدام از سطوح دشواری در توان امواج تتا و گاما تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. فقط در حالت استراحت بین گروه راست‌دست و چپ‌دست در توان موج گاما تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($p=0/005$). با توجه به میانگین گروه‌ها در حالت استراحت در توان موج گاما مشاهده می‌شود که در حالت استراحت میانگین توان موج گاما در گروه راست‌دست ($0/78$) و گروه چپ‌دست ($1/36$) است که با توجه به میانگین گروه‌ها مشاهده شده است که توان موج گاما در حالت استراحت در

گروه چپ‌دست بالاتر است.

با توجه به جدول شماره ۲ نتایج آزمون تحلیل واریانس با سنجش مکرر در توان امواج مغزی در ناحیه‌ی C4 طی انجام تکالیف حرکتی دودستی با دشواری‌های مختلف در افراد راست‌دست و چپ‌دست نشان داد که اثر عامل فقط برای موج SMR معنی‌دار بود و نیز اثر تعامل \times گروه برای فقط برای موج دل‌تا معنی‌دار بود (به ترتیب $p=0/001$ و $p=0/03$). بدین منظور برای بررسی اثر تعامل \times گروه از آزمون تی مستقل برای امواج قشر مغزی ناحیه C4 استفاده شده که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است.

حدیث غلامپور، محمدرضا دوستان: تأثیر دست برتری و دشواری تکلیف هماهنگی دودستی بر امواج مغزی نواحی قشری ...
جدول ۴. نتایج آزمون تی وابسته برای بررسی جایگاه تفاوت توان امواج دلتا در ناحیه C4 طی انجام تکالیف حرکتی دودستی با

دشواری‌های مختلف در گروه‌های چپ‌دست و راست‌دست

سطح دشواری	درجه آزادی	T	سطح معنی‌داری
استراحت	۱۸	۰/۷۶	۰/۴۵
دشواری ۱	۱۸	-۱/۹۴	۰/۰۶
دشواری ۲	۱۸	۰/۱۴	۰/۸۸
دشواری ۳	۱۸	۰/۰۵	۰/۹۵
دشواری ۴	۱۸	-۴/۱۵	۰/۰۰۱
دشواری ۵	۱۸	-۲/۱۶	۰/۰۴

با توجه جدول ۶، آزمون تی وابسته نشان داده است که بین گروه راست‌دست و چپ‌دست در سطوح دشواری ۴ و ۵ در توان موج دلتا در ناحیه C4 تفاوت معنی‌دار وجود دارد (به ترتیب $p=0/0001$ و $p=0/04$). با توجه به میانگین گروه‌ها در دو سطح دشواری ۴ و ۵ در توان موج دلتا مشاهده می‌شود که در سطح دشواری ۴ میانگین توان موج دلتا در گروه راست‌دست (۴/۵۷) و گروه چپ‌دست (۵/۵۹) است. همچنین در سطح دشواری ۵ میانگین توان موج دلتا در گروه راست‌دست (۴/۹۹) و گروه چپ‌دست (۵/۵۶) است که با توجه به میانگین گروه‌ها مشاهده شده است که توان موج دلتا در دو سطح دشواری ۴ و ۵ در گروه چپ‌دست بالاتر است.

نتیجه‌گیری و بحث

هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر دست برتری و دشواری تکلیف هماهنگی دودستی بر امواج مغزی نواحی حرکتی اولیه و ناحیه حرکتی مکمل (نقاط C3 و C4) طبق تقسیم نواحی ۲۰-

۱۰ بود. فعالیت در نواحی حرکتی اولیه و ناحیه حرکتی مکمل (نقاط C3 و C4) حین انجام تکلیف هماهنگی دودستی صورت گرفته است و این فعالیت امواج در این نواحی با افزایش پیچیدگی تکلیف و دشوارتر شدن آن نیز افزایش یافته است. این یافته‌ها با مطالعات منظمی که توسط کورتیس و همکاران (۲۰۱۴) در زمینه نواحی درگیر در دست برتری با ترجیح غیرثابت دست صورت گرفته است همخوان است که بیان می‌کند در برنامه‌ریزی و شروع حرکت دودستی ممکن است ناحیه حرکتی مکمل (SMA) و نواحی اصلی حرکتی فعالیت بیشتری داشته باشند. به نظر می‌رسد که ناحیه پیش حرکتی نقش مهمی در برنامه‌ریزی و هماهنگی پیشرفته توالی‌های حرکتی دوطرفه‌ی پیچیده‌ایفا می‌کند. با توجه به اینکه نوروهای این ناحیه در حین مرحله برنامه‌ریزی یک حرکت فعال است که مرور ذهنی یک حرکت همان الگوی فعالیت عصبی را در ناحیه پیش حرکتی و قشر آهیانه خلفی ایجاد می‌کند که در صورت اجرای حرکت واقعی رخ

نشان داده شده است که با فعالیت ناحیه SMA مرتبط است). همچنین این ناحیه در فعال سازی برنامه های حرکتی درگیر در زنجیره های یاد گرفته شده نقش دارد. فعالیت بیشتر این ناحیه حتی در طول تکالیف دودستی نامتقارن در مقایسه با حرکات آینه ای گزارش شده است، (تویوکورا^۱ و همکاران ۱۹۹۹). این ایده که ناحیه SMA مخصوص حرکات دودستی است زمانی قوت می گیرد که افزایش فعالیت در نورون های این ناحیه در طول حرکات دودستی، در حرکات یک دستی هر کدام از دست ها گزارش نشده است (دانچین^۲ و همکاران ۱۹۹۸). این یافته ها با تحقیقات سرین و همکاران (۲۰۱۲) و حکیمی، خداپناهی، حیدری (۱۳۹۰) همخوان و با تحقیق میکویژن، اسکورویداس و کاراناسکین (۲۰۱۵) و علی پور و همکاران (۱۳۹۳) ناهمخوان است. سرین و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که راست دست ها یک الگوی جانبی شدن را دارند در حالی که چپ دست ها یک الگوی سازمانی دوجانبه در طول فعالیت های متقارن را دارند. دامنه های نامتقارنی تکلیف هماهنگی دودستی با مشخصات نیمکره ای منجر به درگیری بیشتر نیمکره غیر غالب حرکتی شده است. همچنین ارتباطات رفتاری - مغزی تأکید بر این دارند که برنامه ریزی پاسخ صرف نظر از دست برتری به صورت قوی در نیمکره چپ اتفاق می افتد

می داد (گایتون، ۱۳۸۴). یافته های این پژوهش از طرف دیگری نیز با تحقیق سوینن و همکاران (۲۰۱۰) که بیان می کنند نواحی پیش حرکتی آهیانه ای گزینه های اصلی برای رمزگذاری حرکات انتزاعی و پیشرفت تعادل هماهنگی حرکتی هستند و بیشترین میزان را در سلسله مراتب اجرای حرکت شامل می شوند و همچنین تحقیق میستر و همکاران (۲۰۱۰) که نشان داده اند فعالیت نورونی در SMA طی تکالیف دودستی افزایش می یابد.

در این تحقیق تمرکز اصلی ما بر نواحی درگیر در هماهنگی دودستی در دو گروه چپ دست و راست دست بود که نتایج نشان داده است چپ دست ها نسبت به راست دست ها فعالیت بیشتری در توان امواج مغزی در نقاط C3 و C4 دارند و همان طور که قبلاً ذکر شد این نقاط شامل ناحیه حرکتی اولیه و ناحیه حرکتی مکمل می باشند. به طور مشخص تر، قشر پیش حرکتی حرکات هماهنگ آموخته شده را که شامل توالی پیچیده ای از عضلات است، سازمان دهی می کند. به طور مثال اگر اجرا کننده تصمیم بگیرد یک گام بردارد، تصمیم درباره اینکه کدام عضلات، به چه ترتیبی و با چه درجه ای منقبض شوند در قشر پیش حرکتی گرفته می شود. حرکاتی که به طور ناخود آگاه (در درون) آغاز می شوند، عمدتاً توسط SMA کنترل می شوند (در حقیقت وقتی که افراد آماده انجام حرکت هستند EEG پتانسیل بریت شیفیت یا پتانسیل اولیه منفی آن ها را ثبت کرده و

1. Toyokura
2. Dhanchin

حدیث غلامپور، محمدرضا دوستان: تأثیر دست برتری و دشواری تکلیف هماهنگی دودستی بر امواج مغزی نواحی قشری ...

فعالیت هماهنگی دودستی بود.

به طور معمول نیمکره چپ، حرکات دست راست و نیمکره راست، حرکات دست چپ را اداره می‌کند (استکی و همکاران، ۱۳۸۶). در افراد راست‌دست حدود ۹۶ درصد و در افراد چپ‌دست حدود ۷۰ درصد، نیمکره‌ی چپ غالب و مسلط است. (لاتاش، ۲۰۰۸؛ ترجمه دوستان و همکاران، ۱۳۹۴). اندازه‌گیری‌های مغز در کالبدشکافی نشان می‌دهد که نیمکره چپ تقریباً بزرگ‌تر از نیمکره راست است. علاوه بر این نیمکره راست رشته‌های عصبی دراز فراوانی دارد که مناطق بسیار دور از هم را در مغز را به هم ارتباط می‌دهد. حال آنکه در نیمکره چپ رشته‌های بسیار کوتاه‌تر فراوانی است که ارتباط‌های بسیار زیادی را در یک منطقه محدود میسر می‌کنند. هرگاه مستقیم به روبرو چشم بدوزیم محرک‌های واقع در سمت چپ نقطه‌ی تثبیت، به نیمکره راست و محرک‌های سمت راست نقطه‌ی تثبیت، به نیمکره چپ می‌روند. نیمکره چپ، حرکات دست راست و نیمکره راست، حرکات دست چپ را اداره می‌کند (اتکینسون، ۱۹۶۶ استکی؛ و همکاران، ۱۳۸۶). چپ‌دستی صفتی خنثی نیست، اما در واقع مزیت‌های قطعی را برای جمعیت چپ‌دست به ارمغان می‌آورد. این مزیت چپ‌دست‌ها نسبت به راست‌دست‌ها در فعالیت‌های رقابتی بین افراد، همچنین در انجام تکالیف دودستی، به خصوص

درحالی‌که نیمکره حرکتی غالب اجرای پاسخ را به عهده دارد. به‌طورکلی نتایج آن‌ها نشان داده است که برنامه‌ریزی حرکتی ماهر ممکن است ترجیحاً در نیمکره چپ ایجاد شود. حکیمی، خدایپناهی، حیدری (۱۳۹۰) در تحقیق خود نشان دادند که توانایی‌های دیداری - فضایی و انعطاف‌پذیری شناختی با دست برتری رابطه‌ای معنادار دارند. هم‌خوانی تفسیرهای نهایی پژوهش آن‌ها در زمینه‌ی متغیرهای مرتبط با چپ برتری در جمعیت غیر بالینی، مبنی بر توانایی‌های بالای دیداری - فضایی در افراد چپ برتر و کاهش انعطاف‌پذیری شناختی در این افراد است. میکویژن، اسکورویداس و کاراناسکین (۲۰۱۵)، در یک پژوهش تفاوت‌های دست برتر (راست) و دست غیربرتر (چپ) در متغیرهای اجرای حرکتی (سرعت و دقت)، متوجه شدند که با افزایش سختی تکلیف از حالت یک‌دستی به دودستی، زمان واکنش افزایش یافت و شتاب اجرا به‌طور قابل‌توجهی کاهش پیدا کرد. تعویض دست تنها در میانگین شتاب حرکت و در تغییرپذیری درون فردی دقت (که در هر دو مورد اجرای دست چپ بدتر شد)، معنی‌دار بود. به‌علاوه، تغییرپذیری مسیر حرکت (دقت) در دست راست طی اجرای یک دستی و دودستی تکلیف کمتر بود. از علل ناهمخوانی می‌توان به نوع تکلیف و همچنین سن شرکت‌کنندگان اشاره کرد که در تحقیق میکویژن و همکاران سرعت و دقت حرکت در یک فعالیت یک دستی سنجیده شد درحالی‌که تکلیف ما

نوع پردازش نیمکره‌ی راست برای ادراک فضایی و نیمکره‌ی چپ برای فعالیت‌هایی مانند زبان که از نظر زمانی سازمان‌دهی شده‌اند، مناسب‌تر است (استکی و همکاران، ۱۳۸۶). این احتمال وجود دارد که چپ‌دست‌ها به دلیل استفاده از نیمکره راست و همچنین استفاده از نیمکره غالب (نیمکره چپ) فعالیت امواج مغزی بالاتری نسبت به راست‌دست‌ها داشته باشند.

نتیجه‌گیری کلی: در پژوهش حاضر فعالیت بیشتر در نواحی حرکتی اولیه و ناحیه حرکتی مکمل (نقاط C3 و C4) حین انجام تکلیف هماهنگی دودستی صورت گرفته است و این فعالیت بیشتر امواج در این نواحی با افزایش پیچیدگی تکلیف و دشوارتر شدن آن نیز افزایش یافته است. همچنین فعالیت این امواج در گروه چپ‌دست بالاتر از گروه راست‌دست بود. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان نتایج مطالعات قبلی مبنی بر نقش ناحیه حرکتی اولیه و همچنین ناحیه حرکتی مکمل در حرکات هماهنگی دودستی را تأیید کرد. همچنین با توجه یافته‌های به دست آمده میزان فعالیت با توجه به سطح دشواری افزایش پیدا می‌کند؛ که می‌توان نتیجه گرفت که تکلیف هماهنگی دودستی که در آن‌ها هر دست الگوی فضایی متفاوتی را ترسیم می‌کند (در این تحقیق الگوی دایره - خط) از دشواری بالاتری نسبت به تکلیف با الگوی زمانی متفاوت برخوردارند.

آن‌ها که نیاز به هماهنگی بین فرآیندهای بینایی و حرکتی هستند، ثبت شده است (کورتیس و همکاران، ۲۰۱۴). با توجه به دیدگاه‌های سنتی در مورد دوگانگی بین نیمکره‌های مغز، نیمکره‌ی راست بیشتر در فعالیت‌های فضایی مثل ایجاد خط‌های حرکت کوچک‌تر (لنهارد و هافمن، ۲۰۰۷) و در مقابل نیمکره‌ی چپ، بیشتر در فعالیت‌های زمانی مثل پردازش متوالی سریع‌تر (تالال، میلر و فیچ، ۱۹۹۳) درگیر هستند.

در این پژوهش چپ‌دست‌ها (نیمکره راست) فعالیت مغزی بالاتری نسبت به راست‌دست‌ها حین فعالیت هماهنگی دودستی در دشواری‌های ۴ و ۵ داشته‌اند که این تکالیف شماره ۴ و ۵ شامل رسم دایره با یک دست و رسم خط با دست دیگر بود و از لحاظ فضایی و زمانی با هم متفاوت بودند؛ به عبارت دیگر نامتقارنی فضایی داشته‌اند. بررسی موج نگاره‌های برقی مغز نشان می‌دهد در خلال فعالیت‌های کلامی فعالیت الکتریکی نیمکره چپ افزایش می‌یابد، درحالی‌که در خلال فعالیت فضایی، فعالیت الکتریکی نیمکره راست بیشتر می‌شود. نیمکره‌ی چپ در تشخیص خصوصیات و تقلیل مجموعه، به عناصر تشکیل‌دهنده تخصص دارد و نیمکره‌ی راست در سازمان‌دهی عناصر ایفای نقش می‌کند. به عبارت دیگر نیمکره‌ی چپ معمولاً از پردازش سریالی به معنی عنصر به عنصر در هر لحظه استفاده می‌کند و نیمکره‌ی راست پردازش هم‌زمان و بر اساس تشابه را به کار می‌برد؛ یعنی

حدیث غلامپور، محمدرضا دوستان: تأثیر دست برتری و دشواری تکلیف هماهنگی دودستی بر امواج مغزی نواحی قشری ...

منابع

- استکی، م.؛ عشایری، ح.؛ برجعلی، ا.؛ تبریزی، م و دلاور، ع (۱۳۸۶). «مقایسه اثربخشی دو روش آموزش دو نیمکره مغز و آموزش موسیقی در بهبود عملکرد حساب نارسایی دانش‌آموزان دختر». پژوهش در حیطه کودکان استثنایی. سال هفتم. شماره ۴. ص ۴۴۸-۴۲۵.
- حکیمی کلخوران، م.؛ خداپناهی، م.ک و حیدری، م (۱۳۹۰). «رابطه دست برتری با توانایی‌های دیداری - فضایی و انعطاف‌پذیری شناختی». مجله علوم رفتاری. دوره ۵، شماره ۱، ص ۸۳-۸۹.
- دوستان، م.ر.؛ بویری، ک.؛ زیلایی بویری، م و صیفوریان، م (۱۳۹۲). «بررسی انتقال حرکت دودستی نامتقارن به حالت عکس آن: تحلیلی بر نظریه‌های حرکات دودستی». مجله رفتار حرکتی و روان‌شناسی ورزش. ۵۵۳-۵۶۴.
- صالحی، ک (۱۳۹۴). رشد و تکامل حرکتی. تهران. انتشارات آزاده. صفحه ۶۹-۶۸.
- علویان، م.؛ و لسان پزشکی، م (۱۳۷۶). اورژانس‌های طب داخلی. تهران. انتشارات سماط. صفحه ۴۱۸.
- علی پور، ا.؛ علی‌اکبری، م.؛ ایمانی فر، ح.ر و زرعتکار، ا (۱۳۹۳). «بررسی اثر دست برتری، جنسیت و سن بر ادراک زمان». فصلنامه روان‌شناختی شناختی، دوره ۲، شماره ۲.
- گایتون، ای و هال، جی (۱۳۸۴). فیزیولوژی پزشکی گایتون، جلد دوم، بیگدلی، محمدرضا و همکاران. نشر طبیب.
- گایتون، ای و هال، جی (۲۰۱۱). فیزیولوژی پزشکی گایتون/هال. ترجمه سپهری، حوری؛ قاسمی، کامران؛ فرج زاده، علی. (۱۳۹۱). انتشارات اندیشه رفیع.
- لاتاش. مارک، ال. (۲۰۱۲). اصول کنترل حرکتی. ترجمه محمدرضا دوستان، معصومه هاشمی، سارا شمشیری، خلیل علوی، (۱۳۹۴). انتشارات حتمی. چاپ اول.
- مگیل، ریچارد ای. (۲۰۰۵). یادگیری حرکتی (مفاهیم و کاربردها). مترجمان: واعظ موسوی، محمدکاظم. شجاعی، معصومه. (۱۳۹۴). انتشارات بامداد کتاب.
- مولوی، ع.؛ حیرانی، ع و یدی تبار، ه (۱۳۹۰). اثر «افزایش سن و تجربه والیبال بر عملکرد تکلیف هماهنگی دودستی مداوم». نشریه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی ایران، دوره ۶، صفحه ۳-۲.

- Donchin, O., Gribova, A., Steinberg, O., Bergman, H. & Vaadia, E. (1998). "Primary motor cortex is involved in bimanual coordination". *Nature*, 395(6699), 274-278.
- Houweling, S., van Dijk, B.W., Beek, P.J. & Daffertshofer, A. (2010). "Cortico-spinal synchronization reflects changes in performance when learning a complex bimanual task". *Neuroimage*, 49(4), 3269-3275.
- Ivry, R., Diedrichsen, J., Spencer, R., Hazeltine, E. & Semjen, A. (2004). *A cognitive neuroscience perspective on bimanual coordination and interference*. In *Neuro-behavioral determinants of interlimb coordination* (pp. 259-295). Springer US.
- Kourtis, D., De Saedeleer, L. & Vingerhoets, G. (2014). "Handedness consistency influences bimanual coordination: a behavioural and electrophysiological investigation". *Neuropsychologia*, 58, 81-87.
- Kourtis, D., De Saedeleer, L. & Vingerhoets, G. (2014). "Handedness consistency influences bimanual coordination: a behavioural and electrophysiological investigation". *Neuropsychologia*, 58, 81-87.
- Lenhard, A. & Hoffmann, J. (2007). "Constant error in aiming movements without visual feedback is higher in the preferred hand". *Laterality*, 12, 227 - 238.
- Malmivuo, J. (2012). "Comparison of the properties of EEG and MEG in detecting the electric activity of the brain". *Brain topography*, 25(1), 1-19.
- Mapp, A. P., Ono, H. & Barbeito, R. (2003). "What does the dominant eye dominate? A brief and somewhat contentious review". *Attention, Perception, & Psychophysics*, 65(2), 310-317.
- Marquez, J., Conley, A., Karayanidis, F., Lagopoulos, J. & Parsons, M. (2015). "Anodal direct current stimulation in the healthy aged: Effects determined by the hemisphere stimulated". *Restorative Neurology and Neuroscience*. 33: 509-519
- Meister, I. G., Foltys, H., Gallea, C. & Hallett, M. (2010). "How the brain handles temporally uncoupled bimanual movements". *Cerebral Cortex*, bhq048.
- Rueda-Delgado, L.M., Solesio-Jofre, E., Serrien, D.J., Mantini, D., Daffertshofer, A. & Swinnen, S. P. (2014). "Understanding bimanual coordination across small time scales from an electrophysiological perspective". *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 47: 614-635.
- Serrien, D. J., Sovijärvi-Spapé, M.M. & Farnsworth, B. (2012). "Bimanual control processes and the role of handedness". *Neuropsychology*, 26(6), 802.
- Serrien, D.J., Sovijärvi-Spapé, M.M. & Farnsworth, B. (2012). "Bimanual control processes and the role of handedness". *Neuropsychology*, 26(6), 802.
- Swinnen, S.P., Gooijers, J., Leuven, K.

حدیث غلامپور، محمدرضا دوستان: تأثیر دست برتری و دشواری تکلیف هماهنگی دودستی بر امواج مغزی نواحی قشری ...

- & Leuven, B. (2015). "Bimanual coordination: Introduction to systems". *Brain mapping*, 2:475-82.
- Swinnen, S.P., Vangheluwe, S., Wagemans, J., Coxon, J.P., Goble, D.J., Van Impe, A. & Wenderoth, N. (2010). "Shared neural resources between left and right interlimb coordination skills: the neural substrate of abstract motor representations". *Neuroimage*, 49(3), 2570-2580.
- Tallal, P., Miller, S. & Fitch, R.L. (1993). "Neurobiological Basis of Speech: A Case for the Preeminence of Temporal Processing". *Annals of the New York Academy of Sciences*, 682: 27-47.
- Toyokura, M., Muro, I., Komiya, T. & Obara, M. (1999). "Relation of bimanual coordination to activation in the sensorimotor cortex and supplementary motor area: analysis using functional magnetic resonance imaging". *Brain research bulletin*, 48(2), 211-217.