تأثیر بازخورد حسی بر انتقال فاز نسبی در تکلیف هماهنگی دو دستی در سالمندان

رسول عابدان‌زاده[۱]، بهروز عبدلی[۲]، علیرضا فارسی[۲]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: هدف از اجرای این تحقیق بررسی تأثیربازخورد حسی بر سرعت انتقال فاز نسبی الگوی هماهنگی دودستی برون مرحله در میان افراد سالمند بود.

مواد و روش‌ها: برای این منظور، ۱۵ مرد سالمند سالم با دامنهٔ سنی ۶۰ تا ۷۰ سال که همگی راست دست بودند به صورت در دسترس انتخاب شدند. شرکت‌کنندگان حرکت خود رابر روی دستگاه هماهنگی دو دستیا فرکانس ۰/۷۵ هرتز و با الگوی هماهنگی برون مرحله شروع کرده و به تدریج هر ۵ ثانیه، ۰/۲۵ هرتز به فرکانس افزوده شد تا در نهایت فرکانس ۵ هرتز که انجام تکلیف خاتمه یابد. این تکلیف تحت ۸ وضعیت حسی متفاوت اجرا شد. داده‌ها توسط تحلیل واریانس۲×۲×۲ با اندازه‌گیری مکررو آزمون Paired t برای مقایسه‌های دو به دوی اثرات تعاملی با تصحیح Bonefrroni بررسی شدند.

یافته‌ها: که اثر اصلی حس عمقی (P = ۰/۰۰۱)، شنوایی(P =۰ /۰۰۱)و اثر تعامل دوطرفهٔ شنوایی-بینایی (P = ۰/۰۲۲) معنی‌دار بود. این یافته‌ها بر تأثیر مثبت بازخوردشنوایی و حس عمقی و همچنین تأثیر بیشتر وجود اطلاعات شنوایی در مقابل عدم وجود بینایی بر سرعت انتقال فاز نسبی دلالت کردند.

نتیجه‌گیری: که اجرای تکلیف هماهنگی دو دستی حاضر تحت کنترل سیستم حلقه بسته بود. همچنین بازگوکنندهٔ نقش پارامتر کنترل (فرکانس) در سرعت انتقال فاز نسبی از الگوی ناپایدار به الگوی پایدارتر با افزایش سرعت حرکت بود. از آنجایی که اجرای الگوی هماهنگی سالمندان توسطمداخلات شنوایی و حس عمقی بیشتر از مداخله بینایی تخریب شد و به دنبال آن تغییرپذیری بیشتر و در نهایت انتقال فاز سریع‌تری را نشان دادند، می‌توان نتیجه گرفت که این افراد بیشتر بر حس عمقی و شنوایی خود برای اجرای الگوی هماهنگی دو دستی متکی می‌باشند.

کلید واژه‌ها: هماهنگی دو دستی، درون مرحله، برون مرحله، فاز نسبی، سالمند

ارجاع: عابدان‌زاده رسول، عبدلی بهروز، فارسی علیرضا. **تأثیر بازخورد حسی بر انتقال فاز نسبی در تکلیف هماهنگی دو دستی در سالمندان.** پژوهش در علوم توانبخشی ۱۳۹۴؛ ۱۱ (۱): ۵۰-۴۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۷/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۳

مقدمه

حرکات هماهنگ، دامنه وسیعی از مهارت‌های روزانه، حرکتی و ورزشی را در بر می‌گیرد و در واقع لازمه اجرای هر مهارتی، هماهنگ کردن اجزای متعدد حرکت در حالت‌های مختلف می‌باشد. هماهنگی از اجزای ضروری و جدایی‌ناپذیر حرکت است. انسان در طول روز به طور ناآگاهانه حرکات فراوانی نظیر راه رفتن، دویدن، رانندگی و دستکاری اشیاء را با نهایت دقت و هماهنگی انجام می‌دهد (۱). مسن شدن باعث تخریب تدریجی سیستم عصبی-عضلانی می‌شود (۲). این تغییرات فیزیولوژیک بر عملکرد دست شامل افزایش ناگهانی در زمان صرف شده برای اجرای تکلیف و کاهش در تنظیم و کنترل حرکتی ظریف در افراد مسن تأثیر می‌گذارد (۳)، به خاطر تغییرات در فیزیولوژی و عملکرد، سالمندان قادر به تولید پاسخ‌های مناسب برای راهبردهای اجرایی حرکات یا دستکاری شیء درگیر در کنترل هماهنگی میان اندام‌ها نیستند و اغلب توانایی انجام فعالیت‌های روزمره که شامل گرفتن و هماهنگی پیچیده با دو دست می‌شود را ندارند (۴). نسبت فعالیت‌های روزمره که تحت تأثیر افزایش سن قرار می‌گیرد بین ۱۳ تا ۳۵ درصد متفاوت می‌باشد (۵). بنابراین، ظرفیت کنترل هماهنگی توسط دو دست برای افراد مسن برای شرکت در فعالیت‌های روزمره بسیار مهم بوده و به توانایی زندگی کردن مستقل آنها مربوط می‌شود.

متون هماهنگی دو دستی نشان داده است که الگوهای زمانی- فضایی حرکات هماهنگی که به طور ذاتی فراگرفته شده‌اندآسان‌تر از دیگر الگوها حفظ و تولید می‌شوند. به طور کلی، این الگوهای ذاتی تحت دو اصل قرار دارند: اصل اگوسنتریک(Egocentric) که حرکات را در یک تقارنِ آینه‌ای (Mirror symmetry) با استفاده از گروه‌های عضلانی مشابه محدود می‌کند و اصل الوسنتریک (Allocentric) که حرکات را در یک مسیر مشابه محدود می‌کند. برای حرکات اندام فوقانی که در صفحهٔ افقی انجام می‌شود، این اصول هماهنگی در دو الگوی ثابت نمایان می‌شوند: درون مرحله (In-phase، دارای فاز نسبی صفر درجه) و برون مرحله (Anti-phase، دارای فاز نسبی ۱۸۰ درجه)

۱- دانشجوی دکتری، گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲- دانشیار گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
نویسنده مسؤول: رسول عابدان‌زاده
Email: r_abedanzadeh@sbu.ac.ir

(۷-۶). هماهنگی درون مرحله به حرکات متقارن آینه‌ای که به‌طور همزمان در جهت هم‌دیگر و دور از محور طولی بدن به‌وجود می‌آید، اشاره دارد درحالی‌که هماهنگی برون مرحله به حرکات در مسیر مشابه که به‌طور همزمان از یک طرف بدن به طرف دیگر می‌باشد اشاره دارد (۸). Mechsner و همکاران به تازگی دیدگاه حرکتی (Motor view) هماهنگی دو دستی را به چالش کشیده و پیشنهاد دادند که بسیاری از ویژگی‌های مشاهده شدهٔ هماهنگی دو دستی ذاتاً ادراکی هستند و به عنوان کمک‌کننده‌های حرکتی قلمداد نمی‌شوند. دیدگاه ادراکی (Perceptual view)، ادعا می‌کند که قیود مطرح شده بر هماهنگی چنانچه توسط اصول اگوسنتریک و الوسنتریک پیشنهاد شده است فی نفسه برمبنای حرکات اندام نیستند و بیشتر برمبنای نتایج ادراکی هستندکه پیامد این حرکاتی‌باشند. این محققین بیان داشتند که به لحاظ هماهنگی اندام فوقانی در صفحهٔ افقی، هماهنگی درون مرحله ثابت‌تر از دیگر الگوهای هماهنگی است زیرا این الگوی هماهنگی به صورت متقارنِ آینه‌ای درک می‌شود درحالی‌که هماهنگی برون مرحله به دلیل این‌که نامتقارن درک می‌شود متغیرتر می‌باشد (۹). الگوهای هماهنگی نیاز به معاوضه اطلاعاتی دوطرفه و پویا بین مغز، بدن و محیط دارند. اگرچه هماهنگی بین عضوی چندحسی به‌طور درونی (ترکیب بینایی، شنوایی، لمسی و حس عمقی) در بسیاری از موارد بسیار وابسته به کاربرد بینایی می‌باشد، لیکن مستند شده است که محرک حسی، قدرت هماهنگی را درمقابل اختلال بیرونی یا نوفه بیولوژیکی درونی (Internal biological noise) افزایش می‌دهد. نقش کلیدی فاز نسبی (Relative phase) در یکپارچگی مؤثر نشانه‌های صوتی یا لمسی با یک الگوی هماهنگی بین عضوی مطابق با این فرض است که تاحدی اطلاعات حسی می‌توانند مفید واقع شوند که بتوانند در پویایی‌های رفتاری درونی یکپارچه شود (۱۰). برای انجام موفقیت‌آمیز حرکات هماهنگی دو دستی، نیاز به تبادل اطلاعاتی بین نیمکره‌های مغزی می‌باشد (۱۱).

همچنین تحقیقات قبلی در مورد مسن شدن و اجرای حرکتی بااستفاده از گستره‌ای از تکالیف، پیشنهاد می‌دهند که سالمندان قادر به استفاده از بازخورد اطلاعاتی در سبکی مشابه با افراد جوان می‌باشند (۱۲). اطلاعات آوران می‌تواند بازتاب‌های بین عضوی را که عملکردشان کم کردن بی ثباتی‌های هماهنگی است، تنظیم نماید. اثر اطلاعات آوران بر بازتاب‌ها وابسته به تکلیف و فاز سیکل حرکت است. بنابراین، محدودیتی که برای هماهنگی بین عضوی قرار می‌گیرد، یکپارچگی و تفسیر بازخورد آوران ناشی از تکلیف هماهنگ شده می‌باشد (۱۴، ۱۳). اگرچه مطالعات نقش حس عمقی و بینایی را در جفت‌شدگی اندام برای هماهنگی دو دستی پیشنهاد کرده‌اند (۱۶، ۱۵)، کمک چنین اطلاعاتی به هماهنگی یک تکلیف دو دستی شامل فاز نسبی به طور کامل ارزیابی نشده است. به ویژه، تکالیف دو دستی بحث شده در مطالعات قبلی، مبحث انتقال فاز نسبی را در بر نمی‌گرفتند. با در نظر گرفتن کار Cardoso de Oliveira و Barthelemy مهم است که سرعت افزایشی فاز نسبی تولید حرکات دو دستی را تکرار شود (۱۶). واضح نیست که آیا بینایی نقشی در هماهنگی الگوهای فاز نسبی ارائه شده در محیط و سرعت انتقال فاز ایفا می‌کند یا خیر؟ به‌علاوه، شنوایی در مطالعات قبلی کنترل نشده است. شاید شنوایی بتواند بر جفت‌شدگی اندام در حرکات دو دستی هماهنگی در صوت‌های تولید شده در تکلیف هماهنگی دو دستی تأثیرگذار باشد که ممکن است اطلاعاتی در مورد عملکرد فراهم آورد. کاهش عملکرد مربوط به سن در الگوهای هماهنگی وابسته به نوع و میزان سرعت اجرای تکلیفدو دستی می‌باشد. ولیکن، واضح نیست که تا چه اندازه‌ای افزایش سن بر روی تکالیف هماهنگی دو دستیاثرگذار می‌باشد و تصور می‌شود این تأثیر وابسته به مکانیسم‌های متفاوت برای به وجود آمدن جفت‌شدگی زمانی بین اندام باشد (۱۷). یک موضوع کنترل حرکتی که توجه بسیار کمی به آن شده است مربوط به اثرات افزایش سن در تکالیفی می‌باشد که تأکید بر هماهنگی حرکت با افزایش سرعت باشد. هماهنگی زمانی دو دستی، به ویژه، به عنوان یک تکلیف عالی برای مطالعه سالمندی و کنترل حرکتی به چند دلیل در نظر گرفته می‌شود: ۱- این تکلیف نیاز به کنترل درجات آزادی مضاعفی دارد، که سبب می‌شود به عنوان یک مهارت پیچیده مبنای مشترکی با فعالیت‌های زندگی روزمره داشته باشد؛ ۲- ابزار مقدماتی اندازه‌گیری هماهنگی زمانی یعنی فاز نسبی، بینشی راجع به این‌که چطور الگوی هماهنگی ذاتی با افزایش سن تغییر می‌یابد، به وجود می‌آورد (۱۸).

با توجه به موارد فوق‌الذکر پژوهش حاضر انجام گرفت تا به این سؤالات پاسخ داده شود که آیا دریافت اطلاعات حسی (بینایی، شنوایی و حس عمقی) بر تغییر فاز نسبی از برون مرحله به درون مرحله تأثیرگذار می‌باشد؟ سرعت تغییر فاز نسبی توسط کدام‌یک از اطلاعات حسی بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد؟

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع بنیادی و به‌صورت نیمه‌تجربی با طرح درون گروهی بود. جامعه آماری شامل کارکنان و اساتید مرد دانشگاه شهید بهشتی تهران بودند که از میان آنها ۱۵ سالمند (دامنهٔ سنی از ۶۰ تا ۷۰ سال) که از لحاظ بینایی، شنوایی و عصبی-عضلانی دارای هیچ‌گونه سابقه بیماری و یا اختلالی نبودند و همگی راست دست بودند، به‌صورت دردسترس برای اجرای تکلیف هماهنگی دو دستی انتخاب شدند. شرکت‌کنندگان هیچ‌گونه شناختی در مورد اجرای الگوی هماهنگی برون مرحله نداشتند.کلیه مراحل اجرای این پژوهش متناسب با ملاحظات اخلاقی دانشگاه شهید بهشتی انجام شد.

ابزار مورد استفاده برای اجرای تکلیف عبارت بودند از: ۱- دستگاه هماهنگی دو دستی (ساخت مؤسسه فرهنگی ورزشی پدیدار امید فردا در مرکز رشد و فناوری دانشگاه شهید بهشتی تهران، ۱۳۹۲) که دارای دو بخش نرم افزاری و سخت افزاری بود. بخش سخت افزاری آن در برگیرنده یک سطح درجه‌بندی شده از ۹۰- تا ۹۰+ بدون احتساب علامت منفی برای اجرای الگوهای هماهنگی مچ دو دست بود. دسته‌هایی به ارتفاع ۷ سانتی‌متر و عرض ۲ سانتی‌متر که به صورت مستقل به دستگاه هماهنگی دو دستی خطی وصل شده و به صورت منحنی در دامنهٔ حرکتی مفصل مچ دست حرکت می‌کردند. فرکانس نمونه‌گیری این ابزار ۱۵۰ هرتز بود (شکل ۱).

شکل ۱. دستگاه هماهنگی دو دستی

www.mui.ac.ir

روایی ابزار از طریق همبستگی امتیازات به دست آمده از دستگاه حاضر و دستگاه حرکت خطی (مدل ۳۱۲۰۲، ساخت شرکت لافابت) ۰/۸۱ و پایایی آن به روش آزمون- آزمون مجدد ۰/۹۰ به دست آمد. از آهنگ مترونوم شنیداری نرم‌افزار مربوط به دستگاه برای تنظیم سرعت اجرای حرکات مطابق با پروتکل آزمایشی استفاده شد که صدای آن از طریق هدفون (سونی، ای جی۵۰۰ و ام اچ ۷۵۰، ساخت ژاپن) متصل به کامپیوتر برای شرکت‌کنندگان قابل شنیدن بود. برای لرزش تاندون‌های عضلات خم کننده مچ دست و مسدود کردن حس عمقی از دستگاه لرزاننده (محقق ساخته) که به‌وسیله دو عدد مچ‌بند به طور همزمان به هر دو مچ (تاندون عضله خم کننده) شرکت‌کنندگان متصل می‌شد و شامل صفحات موتور، موتورهای لرزاننده کوچک (پاناسونیک، ساخت ژاپن) با ابعاد ۰/۵۹×۰/۷۹×۱/۱۵ وبا میزان فرکانس ۱۵۰ هرتز، میله متصل به موتور آهن‌ربای ثابت DC و تحریک‌کننده‌هایی برای لرزش بود، استفاده گردید. چشم-بند پارچه‌ای برای مسدود کردن بینایی شرکت‌کنندگان در وضعیت‌های بدون بینایی و از موزیک ملایم نیز برای مسدود کردن شنوایی افراد درحالی‌که بتوانند صدای مترونوم را نیز از طریق هدفون بشنوند، استفاده شد.

بعد از انتخاب شرکت‌کنندگان با در نظر گرفتن سلامت کامل جسمانی و فراهم نمودن توضیحی در مورد اهداف تحقیق برای ایشان، فرم رضایت‌نامه و اطلاعات شخصی توسط آنها تکمیل شد. اطلاعات مربوط به افراد شرکت‌کننده کاملاً محرمانه باقی ماند. در ضمن شرکت در تحقیق حاضر هزینه‌ای را برای آنها در بر نداشت. شرکت‌کنندگان در لحظه از اجرای تحقیق می‌توانستند از ادامه همکاری صرف نظر نمایند.در هنگام آزمایش، ابتدا شرکت‌کنندگان یک آشنایی کلی با تکلیف دریافت کردند و از آنها خواسته شد که حرکات فلکشن و اکستنشن مچ هر دو دست خود را با صدای مترونوم شنیده شده از طریق هدفون تنظیم نمایند به نحوی که حرکت به سمت چپ با یک ضربه و حرکت به سمت راست با ضربه دیگر مترونوم هماهنگ شود. سپس بر روی صندلی قابل تنظیم نشسته و دو دستگیره متصل شده به ابزار هماهنگی دو دستی را به سمت چپ و راست به نحوی حرکت می‌دهند که فاز نسبی ۱۸۰ درجه (الگوی برون مرحله) را تولید کنند (شکل ۲).

شکل ۲. آزمودنی در حال اجرای تکلیف هماهنگی دو دستی (الگوی برون مرحله با فاز نسبی ۱۸۰ درجه)

فرکانس مترونوم در آغاز اجرای تکلیف ۰/۷۵ هرتز بوده و سپس با یک روند افزایشی هر پنج ثانیه، ۰/۵ هرتز به آن افزوده می‌شدتا فرکانس پایانی که ۵ هرتز بود. در حین اجرای تکلیف از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا الگوی برون مرحلهرا همزمان با ریتم مترونوم حفظ نمایند ودر صورت اختلال در الگوی هماهنگی برای به دست آوردن مجدد آن تلاش نکنندو اجازه دهند با همان الگوی جدید حرکت ادامه یابد. افرادی که قادر به اجرای صحیحالگوی هماهنگی برون مرحله مطابق بادستورالعمل داده شده توسط محقق نبودند و در اجرای تکلیف با مشکل مواجه می‌شدند، از شرکت در تحقیق محروم شدند. تکلیف حاضر تحت هشت وضعیت حسی مختلف اجرا شد که عبارت بودند از:

۱- وضعیت حسی طبیعی (تمامی حواس به صورت طبیعی و بدون هرگونه انسدادی درگیر اجرای تکلیف می‌باشند).

۲- وضعیت محرومیت کامل حسی (حواس بینایی، شنوایی و حس عمقی به طور کامل مسدود می‌شوند).

۳- وضعیت دارای حس بینایی و شنوایی (حس عمقی مسدود می‌شود).

۴- وضعیت دارای حس شنوایی و حس عمقی (حس بینایی مسدود می‌شود).

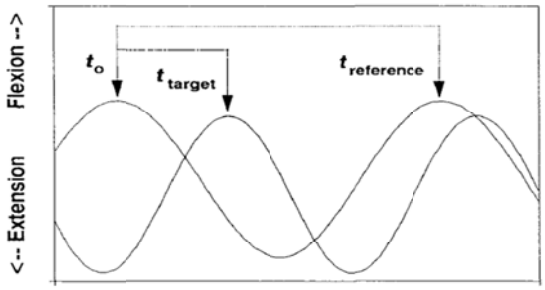
۵- وضعیت دارای بینایی و حس عمقی (حس شنوایی مسدود می‌شود).

۶- وضعیت دارای حس بینایی (حس شنوایی و حس عمقی مسدود می‌شود).

۷- وضعیت دارای حس شنوایی (حس بینایی و حس عمقی مسدود می‌باشد).

۸- وضعیت دارای حس عمقی (حس بینایی و شنوایی مسدود می‌باشد).

شاخصی که برای محاسبه فاز نسبی بین دو عضو استفاده شد، از طریق محاسبه فرمول زیر بود (۱۹).



$$RP = \frac{t_{target} - t_o}{t_{reference} - t_o}$$

که در آن RP، فاز نسبی بین دو عضو، t_{target} مربوط به بیشترین خم شدن مچ دست چپ و t_0 مربوط به بیشترین خم شدن مچ دست راست و $(t_{reference} - t_0)$ نشان‌دهندهٔ درجه نسبی یک چرخه دست راست می‌باشد. سپس با استفاده از نرم‌افزار متلب نسخه ۲۰۱۳ و با فیلتر پایین-گذر (فرکانس قطع ۸ هرتز و فرکانس نمونه‌گیری ۱۰۰۰) سرعت انتقال از الگوی برون مرحله به درون مرحله مشخص گردید. برای محاسبه میانگین و انحراف استاندارد و همچنین رسم نمودارهای مربوطه از آمار توصیفی و برای آزمون فرضیه تحقیق از آزمون تحلیل واریانسبا اندازه‌گیری مکرر۲×۲×۲ و آزمون Paired t باتصحیح Bonefrroni استفاده شد. تمام فرضیه‌های تحقیق حاضر در سطح معناداری ($P < ۰/۰۵$) مورد بررسی قرار گرفتند.

www.mui.ac.ir

یافته‌ها

افراد شرکت‌کننده در این پژوهش دارای دامنهٔ سنی ۶۰ تا ۷۰ سال (میانگین سنی: ۶۶/۰۶ سال، انحراف استاندارد: ۶/۱۲) بوده و همگی راست دست و بدون هرگونه سابقه بیماری و اختلالی در چشم‌ها، گوش‌ها و عصب–عضله بودند. جدول ۱ میانگین و انحراف استاندارد فرکانس بحرانی را در حین اجرای تکلیف هماهنگی دو دستی نشان می‌دهد.

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد فرکانس بحرانی در سالمندان

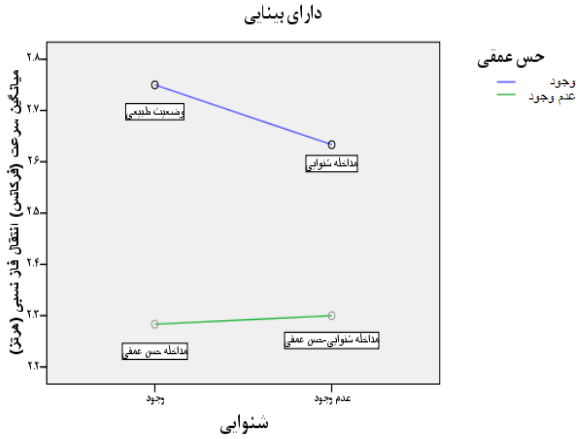
شاخص آماری / وضعیت‌های آزمایشی	تعداد	میانگین± انحراف استاندارد
وضعیت طبیعی	۱۵	۲/۷۵۰±۰/۳۵۳
وضعیت مداخله کامل	۱۵	۱/۸۵۰±۰/۳۸۷
وضعیت عدم حس عمقی	۱۵	۲/۲۸۳±۰/۴۵۱
وضعیت عدم بینایی	۱۵	۲/۸۱۶±۰/۵۰۴
وضعیت عدم شنوایی	۱۵	۲/۶۳۳±۰/۶۶۰
وضعیت عدم شنوایی و حس عمقی	۱۵	۲/۳۰۰±۰/۳۳۰
وضعیت عدم بینایی و حس عمقی	۱۵	۲/۵۶۶±۰/۲۹۰
وضعیت عدم بینایی و شنوایی	۱۵	۲/۶۸۳±۰/۴۵۷

نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس ۲×۲×۲ (بینایی، شنوایی، حس عمقی) با اندازه‌گیری مکرر در جدول ۲ نشان داده شده است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود دو اثر اصلی مربوط به شنواییو حس عمقی معنی‌دار بوده درصورتی‌که اثر اصلی بینایی معنی‌دار نبود و این بدین معناست که دریافت هرکدام از اطلاعات شنوایی و حس عمقی به تنهایی بر سرعت انتقال فاز نسبی در الگوهای هماهنگی دو دستی افراد مسن تأثیرگذار بوده درحالی‌که دریافت اطلاعات بینایی تأثیر معنی‌داری بر آن نداشته است. نتایج همچنین نشان داد کهدر بین اثرات تعامل دوطرفه، تنها تعامل بین بینایی–شنوایی معنی‌دار بود و تعامل بین بینایی–حس عمقی و حس عمقی–شنوایی معنی‌دار نبودند یعنی دریافت اطلاعاتشنوایی در تعامل با بینایی اثر معنی‌داری بر الگوی هماهنگی برون مرحله و انتقال فاز نسبی به الگوی درون مرحله داشته است.

برای بررسی بیشتر این تعامل از آزمون Paired t با تصحیح Bonefrroni استفاده گردید. با انجام این آزمون مشاهده شد که تنها وضعیت مداخله کامل با وضعیت مداخله دو حس عمقی و بینایی با هم (P= ۰/۰۰۰۱ ، t(۱۴) = −۶/۷۶۳) معنی‌دار بوده و دیگر مقایسه‌های دو به دو معنی‌دار نبودند.

چنانچه در نمودار (۱ و ۲) مشاهده می‌شود هنگامی که هر سه حس وجود داشته‌اند (وضعیت طبیعی) میانگین سرعت انتقال فاز نسبی بیشترین مقدار (۲/۷۵۰ هرتز) و برعکس، هنگامی‌که هر سه حس مسدود شدند (وضعیت مداخله کامل) میانگین سرعت انتقال فاز کمترین مقدار (۱/۸۵۰ هرتز) را دارا بوده است. در غیاب فقط شنوایی و فقط حس عمقی سرعت انتقال فاز کاهش یافته است و این نشان‌دهندهٔ اهمیت هر یک از این دو حس در اجرای الگوهای هماهنگی دو دستی می‌باشد. از آنجایی‌که نتایج آزمون Paired t بین این دو حس (P = ۰/۱۳۵، t(۱۴) = ۱/۵۸۶) معنی‌دار گزارش نشد و میانگین‌های انتقال فاز نسبی در بین آنها تقریباً برابر (شنوایی، ۲/۶۳۳ هرتز و حس عمقی، ۲/۲۸۳ هرتز) می‌باشد، درنتیجه مشارکتاین دو حس به پایداری و حفظ تکلیف هماهنگی دو دستی حاضر تقریباً به مقدار مساوی بوده است. میانگین سرعت انتقال فاز در مداخله بینایی (۲/۷۵۰ هرتز) بیشتر از دو حس دیگر و برابر با وضعیت طبیعی گزارش شد.

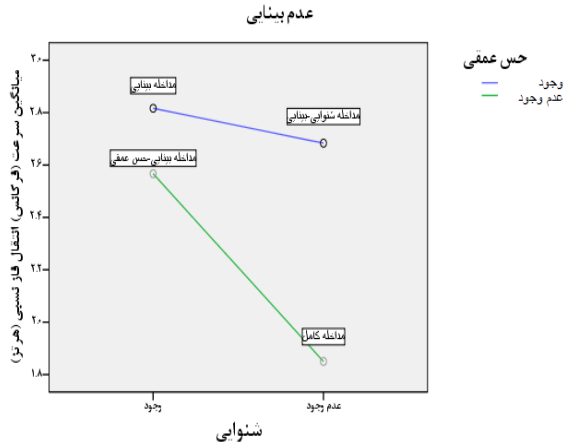


نمودار ۱. تعامل حس عمقی و شنوایی در حضور بینایی

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس ۲×۲×۲ (بینایی، شنوایی، حس عمقی) با اندازه‌گیری مکرر

شاخص‌های آماری / وضعیت‌های آزمایشی	F	معنی‌داری	مجذور اتای نسبی
بینایی	۰/۶۹۳	۰/۴۱۹	۰/۰۴۷
شنوایی	۲۰/۱۶۲	۰/۰۰۱	۰/۵۹۰
حس عمقی	۱۶/۰۷۸	۰/۰۰۱	۰/۵۳۵
بینایی×شنوایی	۶/۶۵۵	۰/۰۲۲	۰/۳۲۲
بینایی×حس عمقی	۰/۱۲۰	۰/۷۳۴	۰/۰۰۹
شنوایی×حس عمقی	۲/۴۴۴	۰/۱۴۰	۰/۱۴۹
بینایی×شنوایی×حس عمقی	۴/۱۵۱	۰/۰۶۱	۰/۲۲۹

www.mui.ac.ir



نمودار ۲. تعامل حس عمقی و شنوایی در غیاب بینایی

بحث

هدف از اجرای این تحقیق بررسی تأثیر بازخورد حسی (بینایی، شنوایی و حس عمقی) بر سرعت انتقال فاز نسبی در تکلیف هماهنگی دو دستی در افراد سالمند بود. همانطور که یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد، اجرای تکلیف هماهنگی دو دستی تحت تأثیر دریافت اطلاعات حسی قرار گرفتند و سرعت (فرکانس) انتقال فاز نسبی در اثر وجود (عدم وجود) یک یا چند حس از جمله بینایی، شنوایی و حس عمقی متغیر بود. یافته‌ها نشان دادند وضعیت‌های مداخله حس شنوایی و حس عمقی به‌طور جداگانه،نسبت به وضعیت مداخلهبینایی تأثیر بیشتری بر سرعت انتقال فاز نسبی داشتند، درحالی‌که دریافت اطلاعات از هر یک از این دوحس (شنوایی و حس عمقی)به صورت مجزا، کمک تقریباً مشابه و برابری به ثبات الگوی هماهنگی و سرعت تغییرپذیری فاز نسبی کرده است. تحت تأثیر بازخورد بینایی تغییر معنی‌داری در سرعت انتقال فاز نسبی مشاهده نشد.این موضوع نشان داد که وجود و عدم وجود اطلاعات بینایی برای اجرای پایدارتر و باثبات الگوی هماهنگی برون مرحله تأثیری نداشت. از مقایسه میانگین‌های سرعت انتقال فاز نسبی در بین شرایط مداخله‌های دو حسی نیز مشخص شد هنگامی‌که اطلاعات شنوایی موجود و اطلاعات بینایی وجود نداشته است، انتقال فاز دیرتر رخ داده است و این موضوع حاکی از اهمیت اطلاعات دریافتی از حس عمقی و شنوایی می‌باشد. برای تفسیر هماهنگی بین عضوی، چنانچه در تحقیقات قبلی گزارش شده است، هنگامی که بازخورد حسی محدود شود الگوی برون مرحله نقایص بیشتری از خود نشان می‌دهد و این موضوع دلالت بر اهمیت بیشتر یکپارچگی حواس برای کنترل هماهنگی برون مرحله نسبت به هماهنگی درون مرحله دارد (۲۰). مطابق با این موضوع شرکت‌کنندگان تحقیق حاضر نیز در غیاب اطلاعات دریافتی از حس عمقی و شنوایی، نسبت به دریافت اطلاعات از دو حس دیگر (بینایی- شنوایی و حس عمقی- بینایی) تغییرپذیری بیشتری در اجرای الگوی هماهنگی برون مرحله داشتند که نشان‌دهندهٔ اهمیت یکپارچگی اطلاعات حس عمقی و شنوایی در ثبات هماهنگی برون مرحله می‌باشد. با مشاهده این یافته‌ها، به اهمیت و تأثیر بازخورد محیطی و همچنین اطلاعات درونی حاصل شده از مفاصل و عضلات بدن در اجرای تکلیف هماهنگی دو دستی پی می‌بریم و این موضوع مطابق با سیستم کنترل حلقه بسته می‌باشد (۲۱).

بازخورد حسی از نشانه‌های ادراکی، از قبیل مترونوم شنیداری می‌تواند هماهنگی را باثبات سازد. اگر درونداد حسی با هدف حرکت مطابق شود (برای مثال فلکشن اندام با ضربه مترونوم منطبق شود)، پس هماهنگی باثبات می‌شود و اگر دو نشانه حسی برای هر سیکل حرکت وجود داشته باشد (ضربه مترونوم در فلکشن و اکستنشن)، الگوی هماهنگی بیشتر باثبات می‌شود. برعکس، اگر درونداد حسی، فاز مخالف هدف حرکت باشد (برای مثال فلکشن بین دو ضربه مترونوم انجام شود)، پس هماهنگی بی‌ثبات می‌شود و اغلب انتقال‌های فاز به یک الگوی هماهنگی که دارای تطابق بین هدف حرکت و درونداد حسی می‌باشد، رخ می‌دهد (۲۴-۲۲). در فرکانس‌های حرکتی بالاتر،زمانی که بازخورد از بیشتر از یک منبع حسی فراهم شود، انتقال فاز به الگوهای هماهنگی که منبع حسی و هدف حرکت بر هم منطبق شوند و با هم‌دیگر در یک واحد پیوستهٔ ادراک-عمل مجزا (Single Perception-Action Coherent Unit) قرار گیرند، رخ می‌دهد. یک واحد پیوستهٔ ادراک-عمل مجزا نیاز به منابع توجهی کمتر دارد که باعث افزایش ثبات هماهنگی می‌شود (۲۳، ۲۲). این موضوع باعث می‌شود تا در وضعیت مشارکت چندحسی انتقال فاز نسبی دیرتر رخ دهد که نشان‌دهندهٔ ثبات بسیار بالای الگوی هماهنگی در حال اجرا می‌باشد. همان‌طور که یافته‌های پژوهش حاضر نیز نشان دادند در وضعیت طبیعی که مشارکت تمامی حواس را شامل می‌شد، انتقال در بالاترین سرعت ممکن رخ داد و برعکس در وضعیت مداخله کامل تمام حواس، انتقال در پایین‌ترین سرعت خود رخ داد.

مطالعات قبلی نشان داده‌اند که افراد قادر هستند الگوهای ذاتی هماهنگی (درون مرحله و برون مرحله) را با دقت و استواری در فرکانس‌های پایین اجرا کنند. هرچند، چنانچه سرعت افزایش می‌یافت، الگوی برون مرحله ثبات خود را از دست داده و به الگوی درون مرحله تغییر پیدا می‌کرد (۲۶، ۲۵). الگوهای هماهنگی دو دستی درون مرحله و برون مرحله به صورت ذاتی در انباشتهٔ حافظهٔ اجراکنندگان جای دارند- در سرعت‌های معمول وکم این الگوها نیازی به تمرین برای اجرا شدن در سطح کارآمد ندارند و عملاً تمرین باعث ارتقای بیشتر عملکرد نمی‌شود- ولیکن چنانچه سرعت حرکت افزایش یابد، الگوی درون مرحله دقیق و پایدار باقی می‌ماند در حالی‌که الگوی برون مرحله ثبات خود را از دست داده و منتج به یکی از این دو گزینه می‌شود: ۱- الگوی برون مرحله به یک الگوی درون مرحله تغییر می‌یابد یا ۲- افراد هوشیارانه مداخله می‌کنند و با تلاش قابل ملاحظه الگوی برون مرحله را حفظ می‌نمایند. تفسیر این نتایج چنین است که هماهنگی درون مرحله یک الگوی زمانی فعال‌سازی عضلانی را نشان می‌دهد که نسبتاً در همه فرکانس‌ها خودکار می‌باشد. در مقابل، هماهنگی برون مرحله ممکن است یک فرآیند خودکار در سرعت‌های پایین در نظر گرفته شود اما در فرکانس‌های حرکتی بالا نیاز به پردازش‌های پرتلاش دارد (۲۷). اهمیت هماهنگی زمانی دو دستی به عنوان یک تکلیف برای مطالعهٔ اثرات مسن شدن به هنگام مقایسه نقش مفروض پردازش‌های کنترل شده و خودکار در این تکلیف حرکتی با نقش پردازش پرتلاش و خودکار به عنوان یک سازهٔ نظری در فرآیند مسن شدن آشکار می‌شود (۲۹، ۲۸). این سازهٔ نظری در مورد مسن شدن پیشنهاد می‌دهد که رفتارهای خودکار (یا رفتارهای شامل پردازش ناهوشیار یا بدون توجه) حفظ شده و به خوبی توسط افراد سالمند اجرا می‌شوند. در مقابل، رفتارهایی که نیاز به پردازش پرتلاش دارند (تصمیم‌گیری کنترل شدهٔ هوشیارانه) نوعاً نقایص بیشتری در راستای افزایش سن نشان می‌دهند.

www.mui.ac.ir

در تحقیقی Serrien و همکاران، بینایی و حس عمقی را در حین تولید الگوهای درون مرحله و برون مرحله برای شرکت‌کنندگان جوان و مسن در یک سرعت کم (۱ هرتز) دستکاری کردند. نتایج نشان داد شرکت‌کنندگان مسن بر تأثیرات حس عمقی در حین هماهنگی برون مرحله حساس بودند، چنانچه کاهش ثبات را در الگوهای هماهنگی نشان دادند. این یافته‌ها منجر شد مؤلفان پیشنهاد کنند که یکپارچگی اطلاعات آوران ممکن است تأثیر مهمی در الگوی برون مرحله نسبت به درون مرحله داشته باشد (۳۰). در تحقیق حاضر نیز نشان داده شد که در غیاب حس عمقی ثبات الگوی برون مرحله سریع‌تر کاهش یافته و در نهایت منجر به انتقال فاز نسبی می‌شودزیرا به نظر می‌رسد حس عمقی برای تصحیح خطای هماهنگی حرکات به کار برده می‌شود، در نتیجه به تغییرپذیری فاز نسبی حساس‌تر می‌باشد. در صورتی‌که در غیاب بینایی سرعت انتقال فاز نسبی تغییر معناداری نداشت. روش مشابه در ایجاد اختلال در بازخورد حس عمقی در این مطالعه و مطالعه Serrien و همکاران می‌تواند دلیلی برای این همخوانی باشد (۳۰).

Wishart و همکاران تفاوت‌های مربوط به سن و نقش بازخورد بینایی افزوده بر یادگیری یک الگوی هماهنگی دو دستی جدید را بررسی کردند. نتایج نشان داد شرکت‌کنندگان بزرگسال جوان عملکرد بهتری در طول دوره اکتساب نسبت به سالمندان از خود نشان دادند. یافته جالب تحقیق این بود که شرکت‌کنندگان سالمند از بازخورد فوری بیشتر از بازخورد تأخیری سود بردند و به طور کلی مقدار بازخورد برای یادگیری تکلیف کافی نبود (۱۲).در تناقض با این یافته، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که افراد سالمند از بازخورد شنوایی و حس عمقی برای اجرای تکلیف به نحو مؤثری سود بردند. این نتایج متناقض به دلیل انجام تکالیف متفاوت می‌باشد به طوری‌که در تحقیق Wishart و همکاران، هدف یادگیری یک الگوی جدید بوده است و همان‌طور که مشخص است الگوهای جدید به نسبت الگوهای ذاتی نیاز به تمرین و استفاده از منابع حسی و بازخوردی متفاوت در حین تمرین دارد. با توجه به کاهش کارکردگیرنده‌های حسی با افزایش سن، مقدار اطلاعات فراهم شده برای یادگیری الگوی جدید کم بوده و در نتیجه یادگیری کمتری در افراد سالمند ایجاد شده است در صورتی‌که همان مقدار اطلاعات برای اجرای الگوهای ذاتی می‌توانسته مفید واقع شود و باعث انتقال فاز نسبی در سرعت‌های بالاتری گردد.

در مطالعه‌ای دیگر Torre و همکاران نقش پردازش‌های آوران را در اجرای هماهنگی دو دستی بعد از سکته بررسی کردند. نتایج ایشان نشان داد که پردازش‌های بازخورد حسی-پیکری (Somatosensory)یک عامل اثرگذار بر اختلال ایجاد شده در هماهنگی دو دستی که شامل تکلیف ردیابی جنبشی (Kinesthetic tracking) بود، می‌باشد. در مقابل وجود بازخورد بینایی می‌تواند نقایص ناشی از بازخورد حسی- پیکری را بهبود دهد (۳۱) که این یافته با نتایج حاضر متناقض می‌باشد. زیرا در اینجا نشان داده شد که بینایی تأثیر آنچنانی بر سرعت اجرای الگوی برون مرحله و تبدیل آن به الگوی درون مرحله نداشت. دلیل این ناهمخوانی می‌تواند وجود افراد شرکت‌کنندهٔ متفاوت در این تحقیقات و همچنین تکالیف مختلف باشد. در تحقیق Torre و همکاران افراد بیمار بعد از سکته و فلج خفیف ناشی از آن نمی‌توانستند از بازخورد حسی- پیکری استفاده کنند و در نتیجه بیشتر تمرکز خود را بر بازخورد بینایی معطوف کردند (۳۱). در صورتی‌که در تحقیق کنونی افراد سالمند از سلامتی کامل برخوردار بودند. تکلیف ردیابی استفاده شده در تحقیق آنها نیز بدون صدا بوده و وابستگی زیادی به بازخوردهای جنبشی و بینایی داشته است در صورتی‌که تکلیف هماهنگی دو دستی به کار برده شده در تحقیق حاضر توسط ریتم بیرونی (آهنگ مترونوم) تنظیم شده و نشان داده شد که نیاز آنچنانی به بازخورد بینایی نداشته و در عوض وابستگی شدیدی به حس عمقی و شنوایی داشته است (۳۴).عوامل عصبی- عضلانی تنها قیودی نیستند که بر دقت و ثبات هماهنگی اثرگذارند. قیود ادراکی، شامل یکپارچگی حسی چندکیفیتی (Multimodalities sensory integration) نیز بر هماهنگی اثر می‌گذارند. این قیود ادراکی باعث تغییر الگوی فعال‌سازی قشری توزیع شده در مغز افراد می‌شود (۳۳، ۳۲). جفت شدن بین دو اندام توسط بازخورد حسی حاصل از حواس متفاوت میانجیگری می‌شود. برای مثال، هنگام حرکت هماهنگ با یک محرک بینایی یا حرکت هماهنگی بین افراد، جفت‌شدگی فقط باید بینایی باشد، درحالی‌که جفت‌شدگی حرکات اندام مختلف یک فرد ممکن است شامل اجزای حس عمقی، بینایی یا دیگر حواس شود. این موضوع پیشنهاد می‌دهد که ثبات هماهنگی وابسته به ثبات ادراک فاز نسبی بین بخش‌های در حال حرکت می‌باشد (۳۲، ۲۰) و چنانچه در اینجا نشان داده شد، سالمندان شرکت‌کننده احتمالاً در ادراک فاز نسبی در وضعیت‌های مداخله شنوایی و حس عمقی ثبات کمتری داشته‌اند که منجر به بی‌ثباتی سریع‌تر در اجرای الگوی برون مرحله گردیده و سرانجام به الگوی با ثبات‌تر دیگر یعنی الگوی درون مرحله انتقال یافتند. در حمایت از وابستگی سالمندان تحقیق حاضر به حس عمقی، یافته‌های تحقیقات قبلی نیز کمک حس عمقی را به کنترل زمانبندی حرکات هماهنگی و بهبود آن در افراد سالمند نشان داده‌اند (۳۴).

فرآیند سنجش مجدد (Reweighting) اطلاعات حسی به نظر می‌رسد که در افراد سالمند تغییر می‌یابد. به عنوان پیامدی از فرآیندهای تخریبی ناشی از سن، واضح نیست که آیا چنین تغییراتی شامل مکانیسم‌های محیطی یا مرکزی اثرگذار بر یکپارچگی حسی می‌شود یا خیر؟سالمندی ممکن است بر یکپارچگی حسی در چندین سطح اثرگذار باشد. برای مثال، ممکن است بر مکانیسم‌های مرکزی مسؤول یکپارچگی نشانه‌های حسی فراهم شده از منابع چندگانه تأثیر داشته و یا بر کسب دقیق نشانه‌های حسی به خاطر تخریب سیستم‌های حسی افراد تأثیر بگذارد (۳۵). به‌طور کلی تحقیقات (۳۶) نشان داده‌اند که هم جزء پیش‌خوراند و هم جزء پس‌خوراند در هماهنگی بین عضوی که اندام به صورت نامتقارن (الگوی برون مرحله) حرکت می‌کنند، وجود دارد. مکانیسم‌های کنترل پیش‌خوراند (برای مثال یک مجموعه الگوی نرونی برای هماهنگی الگوی درون مرحله که فرمان‌های حرکتی نزولی برای اندام‌های مجری به‌طور همزمان فرستاده می‌شوند)، قادر نخواهند بود تا تغییرات در پاسخ اندام‌های مجری نامتقارن به فرکانس را جبران نمایند. تحت این شرایط، الگوهای هماهنگی می‌توانند نسبت به این‌که تنها از مکانیسم‌های پیش‌خوراندی پیش‌بینی شوند، با دقت بیشتری توسط مکانیسم دیگری انجام شوند که با وجود آن تغییر فاز نسبی کاهش می‌یابد. این موضوع نشان می‌دهد که اطلاعات حسی در تعدیل ساختار کنترلی درگیر می‌باشند تا الگوهای هماهنگی در حال اجرا را در حالت باثبات حفظ نمایند. بنابراین، رفتار مشاهده شده نتیجه‌ای از دو سیستم در حال رقابت خواهد بود؛ یک مکانیسم پیش‌خوراند که از الگوهای برون مرحله و درون مرحله حمایت می‌کند زیرا به نظر می‌رسد پیام‌های کنترل نرونی (Neural control) جذب این الگوها می‌شوند و یک مکانیسم بازخوردی که به جبران عدم تقارن موجود در پویایی‌های اندام مجری کمک می‌کند. یافته‌های تحقیقاتی پیشین

www.mui.ac.ir

نقش ادراک را در جفت‌شدگی حرکت اندام در اجرای الگوهای هماهنگی مورد حمایت قرار داده‌اند. تفاوت بین ادراک حواس مختلف عمدتاً به خاطر حساسیت متفاوت سیستم‌های حرکتی به این اطلاعات می‌باشد. چنانچه شرکت‌کنندگان در پژوهش حاضر نشان دادند برای اجرای الگوی هماهنگی برون‌مرحله بیشتر به حس عمقی و شنوایی متکی بودند. این یافته‌ها حمایت قوی برای فرضیهٔ مبنای اطلاعاتی رایج (Common informational base) در مورد اجرای تکالیف هماهنگی فراهم آورد (۳۷).

محدودیت‌ها

انگیزهٔ درونی شرکت‌کنندگان برای شرکت در این تحقیق قابل سنجش نبود.

پیشنهادها

در پایان پیشنهاد می‌شود از آنجایی‌که روش‌های مختلفی برای مسدود کردن حواس در تحقیقات ذکر شده است و همچنین ممکن است روش‌های خاص دیگری نیز وجود داشته باشد، تحقیقات آتی با استفاده از روش‌های متفاوت با دیگر تحقیقات موجود، نقش حواس را در اجرای الگوهای هماهنگی و همچنین در سرعت انتقال فاز نسبی بررسی کنند. برای مثال پیشنهاد می‌شود از منشور با زاویه شکست مناسب برای دستکاری حس بینایی استفاده شود.همچنین از تکالیف مختلف هماهنگی می‌توان استفاده کرد تا شاید با بررسی‌های بیشتر حمایتی برای تأثیر مثبت اطلاعات آوران حسی بر اجرای تکالیف هماهنگی و سرعت انتقال فاز نسبی فراهم شود و تناقضات موجود در این زمینه نیز کاهش یابد.

نتیجه‌گیری

مطابق با نظریه سیستم‌های پویا،رفتار حرکتی از تعامل پیچیده و پویای چندین زیرسیستم، یعنی محیطی که حرکت در آن اجرا می‌شود، خود حرکت و بدن فرد حاصل می‌شود، در اینجا نیز مشخص گردید که عوامل محیطی به شکل اطلاعات حسی بر حرکت در حال اجرا تأثیرگذار بودند.تغییر در اجرای الگوهای هماهنگی دو دستی در سالمندان می‌تواند به پردازش‌های ادراکی زوال یافته نیز نسبت داده شود که خود در اثر تغییر نسبی مناطق مسؤول یکپارچگی حسی یا خود ارگان‌های حسی، می‌باشد (۳۸). همچنین الگوهای ناپایدار هماهنگی توسط تغییرات پارامتر کنترل (افزایش سرعت حرکت)، انتقال خود به خودی در جهت الگوی پایدارتر خواهند داشت (۳۶) یعنی همان چیزی که در این تحقیق به آن دست یافتیم؛ الگوی برون مرحله با افزایش تدریجی سرعت به الگوی باثبات‌تر درون مرحله در یک سرعت بحرانی تغییر یافت. با توجه به نتایج حاصل شده می‌توان به کاردرمان‌گرها، فیزیوتراپیست‌ها و همچنین متخصصین توانبخشی پیشنهاد داد تا در تمرینات جسمانی خود که برای ارتقای هماهنگی دو دستی افراد سالمند استفاده می‌کنند، بیشتر از محرک‌های شنوایی، حس عمقی و یا ترکیبی از هر دو برای تنظیم ریتم حرکت استفاده کنند. اگر فرد سالمند دچار نقایصی در این حواس می‌باشد، در ابتدا تا جایی‌که امکان دارد نسبت به برطرف کردن آن اقدام نموده و سپس از آن حواس برای تنظیم ریتم حرکت هماهنگ استفاده کنند.

تشکر و قدردانی

این مقاله منتج از رسالهٔ دکتری ر.ع در دانشگاه شهید بهشتی تهران می‌باشد. بنابراین، در اینجا از زحمات اساتید راهنما و مشاور خود کمال تشکر و قدردانی را به عمل می‌آورم. همچنین از کلیه شرکت‌کنندگان و افرادی که برای انجام این تحقیق با بنده همکاری نمودندسپاس‌گزاری می‌نمایم.

References

1. Beek P, Peper C, Stegeman DF. Dynamical models of movement coordination. Hum Movement Sci 1995; 14: 573-628.
2. BowdenJL, McNulty PA. The magnitude and rate of reduction in strength, dexterity and sensation in the human hand vary with ageing. ExpGerontol 2013; 48: 756-65.
3. Seidler RD, Alberts JL, Stelmach GE. Changes in multi-joint performance with age. Mot Control 2002; 6: 19-31.
4. Kilbreath SL, Heard RC. Frequency of hand use in healthy older persons. Aust J Physiother 2005; 51: 119-22.
5. Schultz AB. Mobility impairment in the elderly: challenges for biomechanics research. JBiomech 1992; 25: 519-28.
6. Haken H, Kelso JAS, Bunz H.A theoretical model of phase transitions in human hand movements. BiolCybern 1995; 51: 347-56.
7. Kelso JAS. Phase transitions and critical behavior in human bimanual coordination. J Physiol 1984; 240: R1000-R1004.
8. Salter J, wishart L, Lee T, Simon D. Perceptual and motor contributions to bimanual coordination. Neuroscilett 2004; 363: 102-7.
9. Mechsner F, Kerzel D, Knoblich G, Prinz W. Perceptual basis of bimanual coordination, Nature 2001; 414: 69-73.
10. Zelic G, Mottet J. Lagarde J. Audio-tactile events can improve the interlimb coordination in juggling. Bio Web of Conferences; 2011.
11. Muetzel RL, Collins PF, Mueller BA, Schissel AM, Lim KO. The development of corpus callosum microstructure and associations with bimanual task performance in healthy adolescents. Neuro Image 2008; 39: 1918-25.
12. Wishart LR, Lee TD, Cunningham SJ, Murdoch JE. Age-related differences and the role of augmented visual feedback in learning a bimanual coordination pattern. Acta Psychol 2002; 110: 247-63.
13. Carson RG. Neural pathways mediating bilateral interactions between the upper limbs. Brain Res Rev 2005; 49: 641-62.
14. Carson RG, Riek S, Mackey DC, Meichenbaum DP, Willms K. Excitability changes in human forearm corticospinal projections and spinal reflex pathways during rhythmic voluntary movement of the opposite limb. The J Physiol. 2004; 560(3): 929-40.
15. Byblow WD, Chua R, Bysouth-Young DF, Summers J. Stabilisation of bimanual coordination through visual coupling. Hum Movement Sci 1999; 18: 281-305.

16. Cardoso de Oliveira S, Barthelemy S. Visual feedback reduces bimanual coupling of movement amplitudes, but not directors. Exp Brain Res 2005; 162: 78-88.
17. Bangert AS, Reuter-Lorenz PA, Walsh CM, Schachter AB, Seidler RD. Bimanual Coordination and Aging: Neurobehavioral Implications. Neuropsychologia 2010; 48(4): 1165–70.
18. Wishart LR, Lee TD, Murdoch JE, Hodges NJ. Effects of Aging on Automatic and Effortful Processesin Bimanual Coordination. J Gerontol Psychol Sci 2000; 55B(2): 85–94.
19. Zanone G, Kelso JAS. Evolution of Behavioral Attractors with Learning: Non-equilibrium Phase Transitions. J Exp Psychol Human 1992; 8: 403-21.
20. Temprado II, Swinnen SP, Carson RG, Tourment A, Laurent M. Interaction of directional, neuromuscular and egocentric constraints on the stability of preferred bimanual coordination patterns. Hum Movement Sci 2003; 22: 339-63.
21. Schmidt RA, Lee TD. Motor control and learning. 4th ed. Champaign. IL: Human Kinetic; 2005.
22. Swinnen SP, Wenderoth N. Two hands, one brain: cognitive neuroscience of bimanual skill. Trends Cogn Sci 2004; 8:18-23.
23. Carson RG, Kelso JAS. Governing coordination: behavioural principles and neural correlates. Exp Brain Res 2004; 154: 267-74.
24. Kudo K, Park H, Kay BA, Turvey MT. Environmental Coupling Modulates the Attractors of Rhythmic Coordination. J Exp Psychol 2006; 32: 599-609.
25. Kelso J AS. Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior. Cambridge, MA: MIT Press; 1995.
26. Schmidt RA, Lee TD. Motor control and learning: A behavioral emphasis. 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 1999.
27. Baldissera F, Cavallari P, Marini G, TassoneG. Differential control of in-phase and anti-phase coupling of rhythmic movements of ipsilateral hand and foot. Exp Brain Res 1991; 83: 375–80.
28. Craik FIM, Jacoby LL. Aging and memory: Implicationsfor skilled performance. In: Rogers WA, Fisk AD, Walker N, editors. Aging and skilled performance: Advances in theory and applications. Mahwah, NJ: Erlbaum; 1996. p. 113-37.
29. Hasher L, Zacks RT. Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In: Bower GH, editors The psychology of learning and motivation. vol. 22. New York, NY: Academic Press; 1988. p. 193-225.
30. Serrien DJ, Teasdale N, Bard C, Fleury M. Age-related differences in the integration of sensory information during the execution of a bimanual coordination task. J Mot Behav1996; 28: 337-48.
31. Torre K, Hammami N, Metrot J, van Dokkum L, Coroian F, et al. Impairment of bimanual coordination after stroke: The role of afference-based processes. Ann Phys Rehab Med 2012; 55(e7).
32. Atchy-Dalama P, Zanone PG, Peper CE, Beek PJ. Movement-Related Sensory Feedback Mediates the Learning of a New Bimanual Relative Phase Pattern. J Mot Behav 2005; 37(3): 186-96.
33. Li T, Levin O, Carson RG, Swinnen SP. Bimanual coordination: constraints imposed by the relative timing of homologous muscle activation. Exp Brain Res 2004; 156:27-38.
34. Goble DJ, Coxon JP, Wenderoth N, Van Impe A, Swinnen SP. Proprioceptive sensibility in the elderly: degeneration, functional consequences and plastic-adaptive processes. Neurosci Biobehav Res 2009; 33(3): 271-8.
35. Toledo DR, Barela JA. Age-related differences in postural control: effects of the complexity of visual manipulation and sensorimotorcontribution to postural performance. Exp Brain Res 2014; 232: 493-502.
36. Ridderikhoff A, Peper CE, Carson RG, Beek PI. Effect or dynamics of rhythmic wrist activity and its implications for (modeling) bimanual coordination. Hum Movement Sci 2004; 23: 285-313.
37. Wilson AD, Bingham GP, Craig JC. Proprioceptive Perception of Phase Variability. J Exp Psychol Hum 2003; 29(6): 1179-90.
38. BlaisM, Martin E, Albaret JM, Tallet J. Preservation of perceptual integration improves temporal stability of bimanual coordination in the elderly: an evidence of age-related brain plasticity. Behav Brain Res 2014; 275: 34-42.

www.mui.ac.ir

The Effect of Sensory Feedback on the Transition of the Relative Phase in Bimanual Coordination Task in old Adults

Rasool Abedanzadeh[1], Behrouz Abdoli[2], Alireza Farsi[3]

Original Article

Abstract

Introduction: The purpose of present research was the study of the effect of sensory feedback on speed of the relative phase transition in anti-phase bimanual coordination pattern across old adults.

Materials and Methods: Therefore 15 intact male old adults selected in available with age range 60-70 years that were all of them hand-right. Participants started their movement on bimanual coordination device with anti-phase at frequency 0.75 Hz and was increased to it 0.25 Hz by step 5 seconds and final frequency was 5 Hz. Present task performed under 8 sensory conditions. For investigating data used repeated measures analysis of variance 2 × 2 × 2 and paired-samples t-test with Bonferroni correction for pair comparisons of the interaction effects.

Results: The findings revealed that main effects of proprioception (P = 0.001), audition (P = 0.001) and two-way interaction (P = 0.022) were significant. These results implied to positive effects of audition and proprioception feedback and also more effect of exist of audition information along with lack of vision on the speed of relative phase transition.

Conclusion: The performance of present bimanual coordination task was under close-loop control system. Also the results reflect the role of control parameter in performing coordinated movement and relative phase transition from one inconsistence pattern to another more consistence pattern as movement speed increased. With regard to older adults revealed more impairments in audition and proprioception than vision condition and also more variability and the speed of the phase transition, we could conclude that these population relied on audition and proprioception to perform bimanual coordination patterns.

Keywords: Bimanual coordination, In-phase, Anti-phase, Relative phase, old adult

Citation: Abedanzadeh R, Abdoli B, Farsi A. **The Effect of Sensory Feedback on the Transition of the Relative Phase in Bimanual Coordination Task in old Adults.** J Res Rehabil Sci 2015; 11(1): 42-50.

Received date: 07/01/2014 Accept date: 14/03/2015

1- PhD Student, Department of Motor Behavior, School of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
2- Associate Professor, Department of Motor Behavior Group, School of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
Corresponding Author: Rasol Abedanzadeh, Email: r_abedanzadeh@sbu.ac.ir