

## بررسی شبیه سازی حرکتی در پیش‌بینی هماهنگی بین فردی پسران نخبه طناب‌زنی

سارا باقری<sup>۱</sup> و مهدی شهبازی<sup>۲</sup>

### چکیده:

**مقدمه:** سیستم حرکتی فرد هنگام مشاهده و تصویرسازی عمل فرد دیگر فعال می‌شود.

**هدف:** هدف این پژوهش بررسی شبیه‌سازی حرکتی در پیش‌بینی هماهنگی بین فردی پسران نخبه طناب‌زنی بود.

**روش شناسی:** پژوهش کاربردی به صورت موردی یک‌مرحله‌ای و با حضور ۱۴ پسر در دسترس نخبه طناب‌زنی (۱۳ تا ۱۸ سال) انجام شد. آزمودنی‌ها به مدت چهار ماه تکالیف مختلف طناب‌زنی (طناب‌زدن در مسافت‌های متفاوت با فرود همزمان) را تمرین کردند تا موفق شدند بطور صحیح و بدون حضور بازخورد، آن‌ها را اجرا کنند. از دستگاه تحلیل حرکتی وایکان، با شش دوربین مادون قرمز، با قابلیت ۱۲۰ فریم در ثانیه برای ثبت سه‌بعدی حرکات پاها و چرخش طناب‌ها استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج تحلیل واریانس یک‌راهه نشان داد که با تمرین کافی، زمان آغاز حرکت، انحراف زمانی دست و پا، انحراف زمانی در چرخش طناب و زمان فرود گروه‌های دونفره به سطحی مساوی یکدیگر رسید، درحالی‌که در زمان حرکت و ارتفاع پرش بین افراد تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ( $P \leq 0.05$ ).

**نتیجه گیری:** وقتی افراد برای هماهنگ‌شدن با فردی، عمل او را شبیه‌سازی می‌کنند، ممکن است به مدل‌های درونی تکیه کنند که حاکم بر هماهنگی اندام‌های وی هستند. درواقع با سخت‌تر شدن و همچنین با افزایش تقاضای تکلیف مشترک، هماهنگی بین فردی افزایش می‌یابد.

**واژه‌های کلیدی:** شبیه‌سازی حرکتی، پیش‌بینی، هماهنگی بین فردی.

۱ دکتری رفتار حرکتی، پردیس نسیمیه تهران، دانشگاه فرهنگیان (نویسنده مسئول)، شماره تماس: ۰۹۱۲۲۸۹۰۵۹۰ | s.bagheri1684@ut.ac.ir

۲ دانشیار رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، شماره تماس: ۰۹۱۲۲۰۹۶۲۹۹ | shahbazimehdi@ut.ac.ir، محل اجرای پژوهش: مرکز تحقیقات توفیقیان، تاریخ ارسال مقاله: ۹۶/۵/۱۱

## مقدمه

برای انجام یک حرکت خاص باید مفاصل و عضلات خاص آن حرکت درگیر شوند و این همان تعریف هماهنگی<sup>۱</sup> است (۷). با افزایش تعداد اندام‌های درگیر برای حرکت، الگوی هماهنگی پیچیده‌تر می‌شود و علاوه بر آثار محیطی، تداخل ساختاری بین اندام‌های درگیر نیز بر پیچیدگی حرکت می‌افزاید. ثبات بین هماهنگی اعضای بدن به چند عامل بستگی دارد؛ عضلات درگیر، اندام مجری، موقعیت فضایی اندام مجری، برنامه‌های حرکتی اندام مجری، مسیر حرکت اندام مجری، تعامل با محیط فیزیکی و هدف حرکت (۲۰). یک نظریه سودمند در مورد هماهنگی این است که هماهنگی در سطوح چندگانه‌ای به وجود می‌آید، از سطوح ادراکی - شناختی<sup>۲</sup> (سطوح بالاتر) به سطوح عصبی - عضلانی (سطوح پایین‌تر). نکته مهم در این است که وقتی قیود آدر جهت یکدیگر عمل می‌کنند، الگوی هماهنگی باثبات‌تر و دقیق‌تر است و وقتی که این قیود متناقض با هم هستند، عملکرد آسیب می‌بیند (۶). طرفداران نظریه سیستم‌های پویا معتقدند، زمانی عمل ماهرانه به انجام می‌رسد که سیستم عصبی فرد عملاً همکاری عضلات و مفاصل ویژه را به انجام دادن عملی مشترک محدود نماید تا فرد بتواند عمل را متناسب با ملزومات موقعیت انجام دهد. طرفداران این نظریه بر تعامل با متغیرهای ادراکی و حرکتی تأکید می‌کنند. اطلاعات مهم ادراکی شامل تغییرناپذیری و یکنواختی محیط است که رفتارهای احتمالی را مشخص می‌کند. وضعیت‌های پویای نظام کنترل حرکتی، برای تولید الگوهای حرکت مناسب و نیز برای دستیابی به هدف عمل در آن شرایط، با متغیرهای ادراکی و حرکتی تعامل می‌کنند. با کسب تجربه توسط فرد، متغیر ادراکی به پویای حرکت اضافه می‌شود تا او بتواند در صورت نیاز الگوی فردی هماهنگی را مجدداً تولید کند (۱۲). هرچه نیاز به هماهنگی در مهارت‌ها بیشتر شود و در اجرای مهارت از اعضای بیشتری استفاده شود، نیاز به پردازش بیشتر خواهد شد. با این وجود در بسیاری از موقعیت‌ها، هدف نه تنها هماهنگی بین اندامی است بلکه برای رسیدن به اهداف مشترک باید دو یا چند نفر با هم هماهنگ شوند (۹). افراد برای رسیدن به اهداف مشترک با هم همکاری می‌کنند (۲۰). گاه هماهنگی بین فردی به عنوان سازگاری بین طرفین تعریف می‌شود، مانند وقتی که دو نفر برای بلند کردن یک میز سنگین نیروهای وارده را با هم هماهنگ می‌کنند. در جای دیگر، اعمال خاصی باید در زمان‌هایی خاص با هم هماهنگ شوند مانند وقتی که دو نفر با هم تردستی می‌کنند و باید توپ‌ها را از هم بگیرند (۲۸). هماهنگ شدن در تکالیف مشترک<sup>۳</sup> به دو یا چند عامل (ارادی<sup>۴</sup> یا غیر ارادی<sup>۵</sup>) نیاز دارد (۱۷). برای مثال در تکالیف مشترک دو نفره اجرای موفق به توانایی هر کس در تشخیص و پاسخ به رفتار فرد دیگر بستگی دارد. این توانایی درگیر شدن در رابطه دوطرفه و حفظ آن توسط فرآیندهای شناختی<sup>۶</sup> (۳۰) و ادراکی - حرکتی (۳۳) تنظیم می‌شود. سهم سیستم ادراکی - حرکتی در تعامل‌های دونفره، دو بخش است: الف) تعدیل حرکات بدن یک نفر با توجه به حرکات فرد دیگر (هماهنگی بین فردی<sup>۷</sup>) و ب) کنترل و هماهنگی همزمان بین بخش‌های مختلف بدن (هماهنگی درون فردی<sup>۸</sup>)؛ بدین ترتیب برای اعمال مشترک باید عملکرد دو فرد مستقل و بنابراین دو سیستم حرکتی مستقل با هم هماهنگ شوند (۳۳). در بسیاری از موارد دریافت بازخورد مداوم درباره عملکرد هم‌تیمی به هماهنگی منجر می‌شود. وقتی دو یا چند نفر می‌خواهند به یک هدف مشترک برسند، غالباً باید اجرای خود را دقیقاً بر مبنای عملکرد

<sup>۱</sup>Coordination<sup>۲</sup>Perceptual- cognitive state<sup>۳</sup>Constraints<sup>۴</sup>Joint Tasks<sup>۵</sup>Intentionally<sup>۶</sup>Spontaneously<sup>۷</sup>Interpersonal coordination<sup>۸</sup>Intrapersonal coordination

یار خود زمان‌بندی کنند. فعالیت‌های ادراکی - حرکتی، حرکاتی هستند که از طریق فرایند یکپارچگی حسی به دست می‌آیند و به علت وابسته بودن کنش‌های ادراکی - حرکتی یک نظام پردازش کارآمد برای اجرای موفقیت آمیز هر تکلیف لازم است. کیفیت عملکرد حرکتی بر دقت ادراکی فرد، توانای تفسیر ادراکات و اعمال حرکتی هماهنگ وابسته است. هدف این نوع از فعالیت‌ها، افزایش عملکردهای شناختی از جمله هماهنگی و پیش‌بینی است (۱۳). مدل‌های پیش‌بینی در سیستم حرکتی به ما این اجازه را می‌دهند که نتیجه دستورهای حرکتی را پیش‌بینی کنیم (۳۲). بازخورد ادراکی هم‌زمان با اجازه دادن به افراد برای همراهی هم و پیش‌بینی عملکرد همدیگر، از هماهنگی<sup>۲</sup> حمایت می‌کند. با این وجود کارهای مشترک<sup>۳</sup> با مقدار اندک بازخورد یا حتی در غیاب آن هم امکان‌پذیر هستند. در چنین تکالیفی میزان هماهنگی به چگونگی عملکرد هم‌زمان بستگی دارد و بازخورد هم‌زمان<sup>۴</sup> نیز از هماهنگی موفق در اجراهای مشترک حمایت می‌کند. با این وجود حتی با وجود بازخورد هم‌زمان اندک یا در غیاب آن، اعمال جفت شده امکان‌پذیر هستند (۲۹).

با این وجود اطلاعات حسی درباره عملکرد دیگران اغلب هنگام اجرای عمل مشترک در دسترس است. حتی هنگامی که دسترسی به اطلاعات ادراکی مداوم به مقدار زیادی کاهش می‌یابد، آن عمل مشترک امکان‌پذیر است، مانند زمانی که در یک اتاق تاریک چیزی را به همدیگر می‌دهید. اطلاعات حسی درباره عملکرد دیگران اغلب حین عمل مشترک در دسترس است. هنگامی که دسترسی به اطلاعات ادراکی مداوم به مقدار زیادی کاهش می‌یابد، آن عمل جفت‌شده در دسترس است، مانند دست به دست کردن یک شی در یک اتاق تاریک.

افراد چگونه اعمال جفت شده را هماهنگ می‌کنند درحالی‌که اطلاعات مستقیمی درباره زمان و چگونگی عملکرد همتای خود ندارند؟ این مورد برای تحقیق روی اعمال جفت‌شده حائز اهمیت است، چون پرسش‌ها را درباره نقش فرایند برنامه‌ریزی برای هماهنگی و تعامل بین فرایندهای برنامه‌ریزی سطح بالا و مدل‌های پیش‌بینی در سیستم حرکتی افزایش می‌دهد. افراد کمی می‌توانند بر اطلاعات حاصل از اجرای هم‌تیمی خود تکیه کنند و احتمالاً بیشتر آن‌ها باید بر ابتکار (۲۶)، اطلاعات مشترک بین دو نفر (۲۰) و آشنایی با تکلیف همدیگر (۲۲) استناد کنند. برای مثال اگر دو نفر بخواهند در یک زمان به آپارتمان دوستشان در طبقه دهم برسند درحالی‌که یکی از پله‌ها و دیگری از آسانسور استفاده می‌کند، واضح است فرد دوم باید مدتی را برای آسانسور منتظر بماند. یک سوال جالب این است که سهم تلاش هر فرد برای هماهنگی چگونه توزیع شده است؟ آیا فردی که تکلیف راحت‌تر را انجام داده (فرد دوم که از آسانسور استفاده کرده است)، تمام سهم تلاش را به خود اختصاص داده است؟ یا این که هر دو نفر به یک اندازه تلاش می‌کنند، به طوری که فرد اول که از پله‌ها استفاده می‌کند سریع‌تر از حد معمول راه می‌رود و فرد دوم به انتظار می‌ایستد (نشانه توزیع متعادل‌تر تلاش برای هماهنگی است که احتمالاً به خاطر سازگاری بیش از حد به عملکرد ناهماهنگ‌تر منجر می‌شود) (۱۰).

دومین سؤالی که مطرح می‌شود این است که چگونه فرایندهای برنامه‌ریزی سطح بالاتر در زمینه عمل جفت‌شده با پیش‌بینی درباره عمل خود و دیگران بر مبنای شبیه‌سازی حرکتی تعامل دارند؟ هماهنگی بین‌فردی بر فرایندهای شبیه به هم استوار است که در آن مدل‌های درونی فرد با شبیه‌سازی<sup>۵</sup> عمل فرد دیگر (مثل اینکه خود فرد آن را انجام می‌دهد) برای پیش‌بینی عملکرد دیگران، استفاده می‌شوند (۳۰). در واقع شواهد تجربی زیادی وجود دارند

Online perceptual feedback

۳coordination

۴joint actions

۴Online feedback

۵Simulation

که سیستم حرکتی فرد هنگام مشاهده (۱۸) و تصویرسازی عمل فرد دیگر فعال می‌شود (۴). این قدرت با توجه به آشنایی با عمل، تخصص فرد و ارتباط اجتماعی بین دو نفر تعدیل می‌شود (۱۱). واضح است که فرایندهای شبیه‌سازی حرکتی می‌توانند در غیاب درون‌داد ادراکی اتفاق بیافتند. برای مثال کیلنر و همکاران (۲۰۰۴) شواهدی را برای فعال‌سازی حرکتی در افرادی یافتند که قبل از دیدن عمل در حال انجام، انتظار داشتند فرد دیگری را در حال انجام آن عمل مشاهده کنند (۸). محققین نشان دادند که شبیه‌سازی حرکتی انتظاری، به زمینه تعامل حساس است و بویژه زمانی اتفاق می‌افتد که افراد منتظر می‌مانند تا همتایشان آن عمل را انجام دهد (۱۱). همچنین مشخص است که تصویرسازی یک عمل می‌تواند محرک‌های حرکتی متناظر را راه‌اندازی کند (۴). با این وجود پیگیری این نکته باقی می‌ماند که آیا فرایندهای شبیه‌سازی حرکتی در یک عمل جفت‌شده بدون بازخورد هم‌زمان درباره عملکرد هم‌تا فراخوانی می‌شوند؟ در رسیدن به هماهنگی، احتمالاً ترکیب اطلاعات عمومی درباره تکلیف یک هم‌تا با شبیه‌سازی حرکتی از عمل انجام شده نسبت به برنامه‌ریزی سطح بالاتر به تنهایی، راه مؤثرتری است.

اگر شرکت‌کننده‌ها برای پیش‌بینی زمان پرش همتای خود در شبیه‌سازی حرکتی شرکت کنند، انتظار می‌رود آثار تفاوت‌ها در به عنوان مثال مسافت پرش بین دو نفر و همچنین در پارامترهای معرف اجرای حرکت واقعی در مرحله آماده‌سازی (بعنوان مثال شامل مدت زمان اجرای پرش و ارتفاع پرش)، مشاهده شود. این فرضیه که شبیه‌سازی پرش دیگری بر اجرای پرش فرد اول تاثیر می‌گذارد بر مبنای نظریه‌هایی است که اتصال محکمی بین مشاهده عمل / تصویرسازی و اجرا پیشنهاد می‌دهند (۱۴) و حامی این تفکر است که سیستم حرکتی فرد در تولید پیش‌بینی برای اعمال مشاهده‌شده، درگیر می‌شود. به‌طور کلی، مشاهده حرکت با فراهم کردن محرک‌های واضح مربوط به اجرای تکلیف، در ایجاد بازنمایی حرکت مؤثر است و استفاده از مشاهده حرکت در موقعیت‌های یادگیری مهارت‌های دشوار به ورزشکاران در تولید تصویر واقعی کمک می‌کند (۱۹). از طرف دیگر، تصویرسازی حرکتی می‌تواند سرعت اجرای حرکات بدن را تغییر دهد (۱۶) و بین مدت زمان اعمال شبیه‌سازی شده ذهنی با مدت زمان اجرای واقعی آن عمل همبستگی زیادی وجود دارد (۱۲). از آن جا که مشاهده، اجرا و تصویرسازی یک عمل یا حتی خواندن کلمات مربوط به آن عمل، شبکه‌های مشترک مغز را فعال می‌کند (۴)، انتظار می‌رود شبیه‌سازی پرش هم‌تا در حالی که فرد در همان زمان خود برای اجرای پرش آماده است، برنامه‌های حرکتی را برای هر دو نوع حرکت فعال کند (۳۳). به خصوص هنگامی که هم‌تاها برای پرش‌های متفاوت آموزش دیده‌اند، برنامه حرکتی شبیه‌سازی شده از اجرای هم‌تا بر برنامه حرکتی پرش خود فرد تاثیر می‌گذارد.

بیشتر مطالعات روی "دنبال کردن" و هم‌زمانی حرکتی در تکالیف موزون و مداومی تمرکز داشته‌اند که هماهنگی بین دونفر بر اساس اطلاعات بینایی، لمس و شنوایی اتفاق می‌افتد و مطالعات اندکی در این باره وجود دارد که چگونه افراد عمل خود را در زمان‌های خاص، در تکالیف ناموزون و در غیاب بازخورد مداوم درباره عملکرد فرد دیگر هماهنگ می‌کنند؟ (۲۷). درواقع تشخیص راهبردهای هماهنگی، به چیزی فراتر از فرایندهای دنبال کردن و شبیه‌سازی حرکتی یعنی درک مکانیسم‌های درگیر در هماهنگی زمان واقعی منجر می‌شود (۲۸). یک راهبرد قوی هماهنگی "قابل پیش‌بینی بودن" تا حد امکان است، زیرا به افراد اجازه می‌دهد به آن تکیه کنند و زمینه مشترکی را بسازند (۲۰).

## روش‌شناسی

پژوهش حاضر مبتنی بر هدف، از نوع پژوهش‌های کاربردی است که به صورت توصیفی اجرا شد. طرح پژوهش نیز موردی یک مرحله ای است (۶). جامعه آماری را ۱۴ بازیکن نخبه طناب‌زنی (۱۳ تا ۱۸ سال) تشکیل دادند که به طور دسترس از میان پسرای انتخاب شدند که حداقل سه سال سابقه تمرین در رشته طناب‌زنی داشتند (۲۴) و می‌توانستند مهارت‌های سطح یک، دو، سه، چهار و پنج (شامل مهارت‌های طناب‌زنی ساده، قیچی، پروانه، چپ و راست...، جاگینگ و مهارت‌های دو نفره یا یک نفره در طناب یا طناب‌های بلند) را انجام دهند.

متغیرهای پژوهش شامل متغیرهای مستقل تکالیف مختلف طناب‌زنی (پرش در مسافت‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متر) و شش متغیر وابسته (ارتفاع پرش، زمان آغاز حرکت، زمان حرکت، انحراف زمانی دست-پا، انحراف زمانی در چرخاندن طناب و اختلاف زمان فرود) است که به تفصیل ذکر خواهند شد:

**مسافت‌های پرش:** آزمودنی‌ها در مسافت‌های مساوی یا متفاوت طناب می‌زنند؛ مثلاً هر دو نفر مسافت‌های مساوی ۳۰ یا هر دو مسافت‌های مساوی ۶۰ و یا هر دو مسافت‌های مساوی ۹۰ سانتی متری را می‌پزند و بنابراین تکالیف در سه حالت انجام خواهند شد. در جای دیگر مسافت‌های طناب زنی متفاوت خواهند بود؛ یعنی یک آزمودنی ۳۰ و دیگری ۶۰ سانتی متر خواهد پرید که در موقعیت دیگر جای دو بازیکن عوض خواهد شد یعنی نفر اول این بار ۶۰ و نفر دوم ۳۰ سانتی متر خواهد پرید و این تکالیف برای ۳۰ و ۹۰ سانتی‌متر و همچنین ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متر نیز تکرار خواهد شد که بدین ترتیب ۶ حالت متفاوت را شامل می‌شود.

ارتفاع پرش<sup>۱</sup> به میزان ارتفاع پاها از زمین، هنگام پریدن از روی طناب گفته می‌شود، زمان آغاز حرکت فاصله زمانی بین ارائه غیرمنتظره محرک تا تصمیم به آغاز حرکت است (۲۷)، زمان حرکت<sup>۲</sup>، فاصله زمانی بین آغاز حرکت تا پایان حرکت است، انحراف زمانی دست-پا<sup>۳</sup> اختلاف زمانی بین حرکت دست‌ها و پرش پاها بوده، انحراف زمانی در چرخاندن طناب<sup>۴</sup> به اختلاف زمان دو دست یک آزمودنی در چرخاندن طناب است و اختلاف زمان فرود، به اختلاف زمان دو آزمودنی در فرود همزمان گفته می‌شود.

### روش اجرای پژوهش

در این پژوهش ابتدا برای تعیین پای برتر، آزمودنی‌ها پرسشنامه استاندارد اندام برتری ادینبورگ<sup>۵</sup> را تکمیل کردند که نتایج آن نشان داد بجز یک نفر پای برتر همگی راست است، بدین ترتیب برای همسان کردن گروه‌ها آن یک نفر از جمع آزمودنی‌ها خارج شد. در ادامه افراد شرکت‌کننده در یک دوره آشنایی با آزمون شرکت کردند. هر آزمودنی در تمامی جلسات تمرینی با یار ورزشی خود به تمرین پرداخت. هنگام اجرای آزمون، دوربین‌ها در اطراف آزمودنی‌ها قرار داشتند و چون هر دو آزمودنی پشت به هم تکالیف را انجام دادند فیلم‌برداری سه بعدی هر سمت توسط سه دوربین انجام گرفت. بر دو انتها و وسط طناب و همچنین روی شست پای آزمودنی‌ها (روی کفش در محل شست پای راست)، نشانگر نصب شد. محوطه آزمون شامل یک زمین طراحی شده با نواحی مشخص برای شروع و پایان تکالیف مختلف طناب‌زنی بود. این موقعیت‌های علامت‌گذاری شده در هر طرف یک ردیف شامل چهار مستطیل (هر یک به اندازه ۳۰ در ۵۰ سانتی‌متر) را تشکیل می‌دهند. در یک انتها، به عنوان منطقه شروع مشخص شده بود که شرکت‌کنندگان قبل از هر آزمون در آن مکان می‌ایستادند. دو هدفون برای حذف صدای طناب و اعلام علامت شروع به آزمودنی‌ها ارائه شد. هر دو آزمودنی، تکلیف «طناب زدن جفت‌پا» را همزمان با هم انجام دادند.

<sup>۱</sup>Jump height(JH)

<sup>۴</sup>Timing variation in rope whirling

<sup>۲</sup>Movement time(MT)

<sup>۵</sup>Edinburg

<sup>۳</sup>hand-foot deviation time

قبل از انجام آزمون دستور کار در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت و به آن‌ها نحوه فرود همزمان (در تکلیف مشترک) آموزش داده شد. آزمودنی‌ها در منطقه شروع خارج از ناحیه طناب‌زنی ایستاده و سپس به سمت مناطق مشخص (۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متر) طناب زدند. از همان ابتدا هر فرد می‌دانست که یار وی در کدام ناحیه فرود خواهد آمد و بدین ترتیب برای حرکت خود برنامه‌ریزی می‌کرد. بعد از یک پیش‌دوره تصادفی از هر ۱/۷، ۲ یا ۲/۳ ثانیه، یک صدای کوتاه (۴۴۰ هرتز، ۱۰۰ میلی‌ثانیه) به عنوان یک علامت شروع پخش شد و آزمودنی اقدام به طناب زدن کرد. تکلیف طناب‌زنی، هم مسافت‌های مساوی (۳۰-۳۰ سانتی‌متر، ۶۰-۶۰ سانتی‌متر و ۹۰-۹۰ سانتی‌متر) و هم مسافت‌های متفاوت (۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰، ۹۰-۳۰، ۳۰-۹۰، ۹۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متر) را شامل می‌شد. در تمامی تکلیف‌ها آزمودنی‌ها از دیدن یار تمرینی خود محروم بودند و پس از اعلام علامت شروع اقدام به طناب‌زنی کردند تا به‌طور همزمان فرود بیایند. پس از پرش، آزمودنی‌ها به منطقه شروع برگشته و برای کوشش بعدی منتظر ماندند. هنگام اجرای آزمون، پس از ارائه توضیحات لازم به آزمودنی‌ها در ارتباط با شرایط پژوهش نشانگرهای براق با قطر ۹/۵ میلی‌متر بروی نقاط مورد نظر (شست پای راست روی کفش، دسته‌ها و مرکز طناب‌ها) با استفاده از چسب دوطرفه نصب شدند. از دستگاه تحلیل حرکتی وایکان<sup>۱</sup> ساخت کشور انگلیس با شش دوربین مادون قرمز با قابلیت ۱۲۰ فریم در ثانیه برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به موقعیت نشانگرها استفاده شد. به منظور حذف نویزهای موجود از فیلتر باترورث پایین‌گذر مرتبه چهار با پس‌فاز صفر<sup>۲</sup> با فرکانس قطع<sup>۳</sup> ۱۶ هرتز برای داده‌های موقعیت نشانگرها استفاده شد (۳۱) و سپس داده‌های عددی آماده شده در فرمت اکسل به برنامه SPSS انتقال داده شدند.

### روش‌های آماری

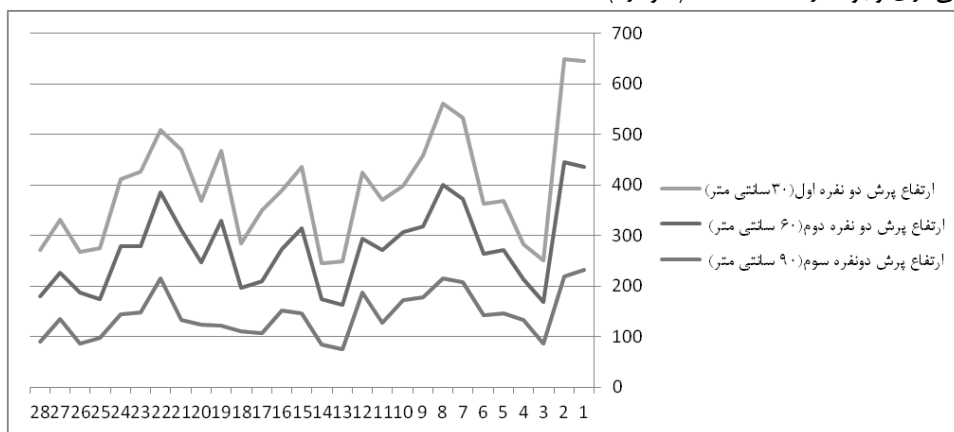
برای تعیین طبیعی بودن داده‌ها از آزمون شاپیروویلیک و با توجه به طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون‌های پارامتری استفاده شد. برای بررسی برابری واریانس‌ها از آزمون لوین استفاده شد. با توجه به اینکه متغیرهای وابسته در تکالیف مختلف (مسافت‌های مشابه یا متفاوت برای طناب زنی افراد) در شرایطی مورد مقایسه قرار گرفتند که از افراد (گروه‌های دو نفره) انتظار می‌رفت بطور همزمان فرود بیایند و در واقع فرود همزمان بیانگر هماهنگی بین فردی دو بازیکن بود، بنابراین برای مقایسه داده‌ها و بررسی هماهنگی بین فردی در مسافت‌های متفاوت از تحلیل واریانس یک‌راهه و برای تعیین میزان معنی‌داری از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. سطح معنی‌داری برای تمام تحلیل‌های آماری  $P \leq 0.05$ ، در نظر گرفته شد و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۹ تحلیل شدند.



شکل ۱- اجرای تکلیف طناب‌زنی دو نفره با فرود همزمان

### یافته‌ها

در تحقیق حاضر ارتفاع پرش، زمان آغاز حرکت، زمان حرکت، انحراف زمانی دست و پا، انحراف زمانی در چرخش طناب<sup>۵</sup> و اختلاف زمان فرود دو نفر) برای هماهنگی بین‌فردی تحلیل شدند و بعد از تمرین کافی و بدون حضور بازخورد نتایج تحلیل واریانس یک‌راهه نشان داد بین ارتفاع پرش افراد در مسافت‌های متفاوت، اختلاف معنی‌داری وجود دارد ( $P \leq 0.05$ )، (نمودار ۱).



نمودار ۱- بررسی ارتفاع پرش افراد در مسافت‌های متفاوت (۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متر)

آزمون تعقیبی توکی نتایج معنی‌دار بودن اختلاف‌ها را به تفصیل نشان داد؛ بین ارتفاع پرش افراد در تکلیف طناب‌زنی با مسافت ۳۰ سانتی‌متر برای یک آزمودنی و ۶۰ سانتی‌متر برای دوم تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ( $P \leq 0.05$ )، همچنین در مقایسه ارتفاع پرش بین همین تکلیف در مسافت ۳۰ سانتی‌متر برای آزمودنی اول و مسافت ۹۰ سانتی‌متر برای آزمودنی دوم اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ( $P \leq 0.05$ ). در ادامه بین ارتفاع پرش افراد

Jump height

Movement onset time

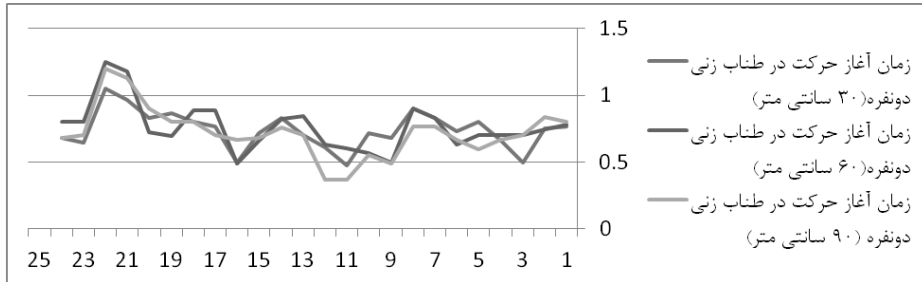
Movement time

Hand-foot deviation time

Timing variation in rope whirling

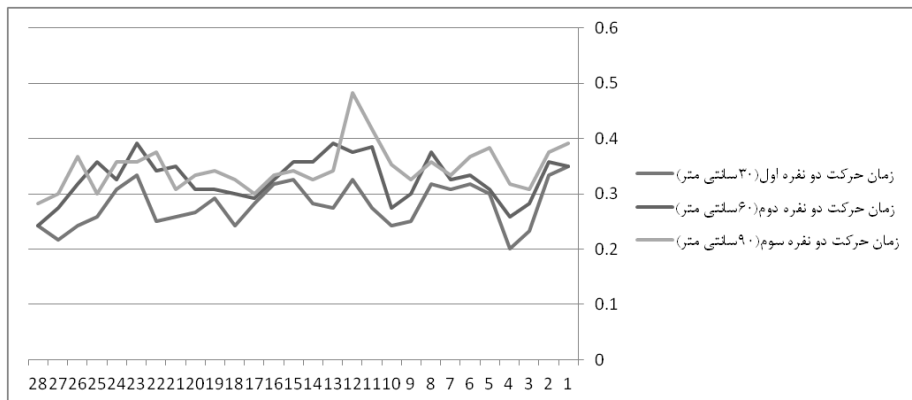
در تکلیف طناب‌زنی با مسافت ۶۰ سانتی‌متر برای یک آزمودنی و مسافت ۹۰ سانتی‌متر برای آزمودنی دوم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ( $P>0.05$ ).

در ادامه نتایج تحلیل واریانس یک‌راهه برای زمان آغاز حرکت افراد در مسافت‌های متفاوت، اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ( $P>0.05$ )، (نمودار ۲).



### نمودار ۲- بررسی زمان آغاز حرکت افراد در مسافت‌های متفاوت (۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متر)

در ادامه نتایج تحلیل واریانس یک‌راهه برای زمان حرکت افراد در مسافت‌های متفاوت، اختلاف معنی‌داری را نشان داد ( $P\leq 0.05$ )، (نمودار ۳).

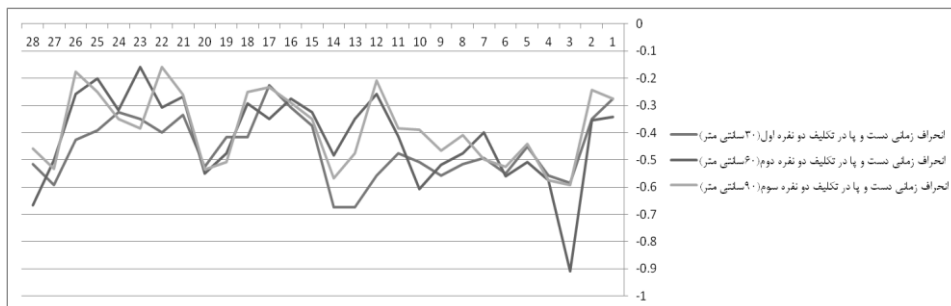


### نمودار ۳- بررسی زمان حرکت افراد در مسافت‌های متفاوت (۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متر)

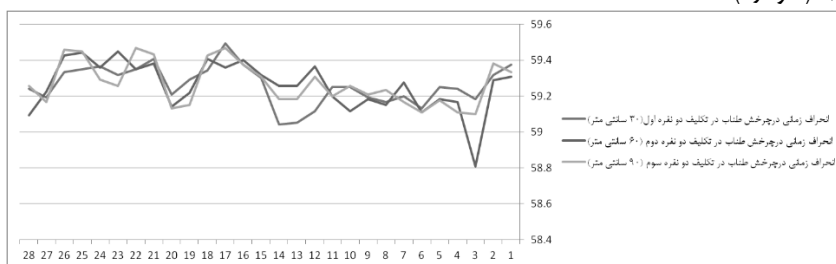
و آزمون تعقیبی توکی نتایج معنی‌دار بودن اختلاف‌ها را به تفصیل نشان داد؛ بین زمان حرکت افراد در تکلیف طناب‌زنی با مسافت ۳۰ سانتی‌متر برای یک آزمودنی و ۶۰ سانتی‌متر برای آزمودنی دوم تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ( $P\leq 0.05$ )، در مقایسه زمان حرکت بین همین تکلیف در مسافت ۳۰ سانتی‌متر برای آزمودنی اول و مسافت ۹۰ سانتی‌متر برای آزمودنی دوم اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ( $P\leq 0.05$ ) و همچنین زمان حرکت افراد در تکلیف طناب‌زنی با مسافت ۶۰ سانتی‌متر برای یک آزمودنی و مسافت ۹۰ سانتی‌متر برای آزمودنی دوم تفاوت معنی‌داری نشان داد ( $P\leq 0.05$ ).

نتایج تحلیل واریانس یک‌راهه نشان داد که بین انحراف زمانی دست و پای افراد در مسافت‌های متفاوت، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ( $P>0.05$ )، (نمودار ۴).



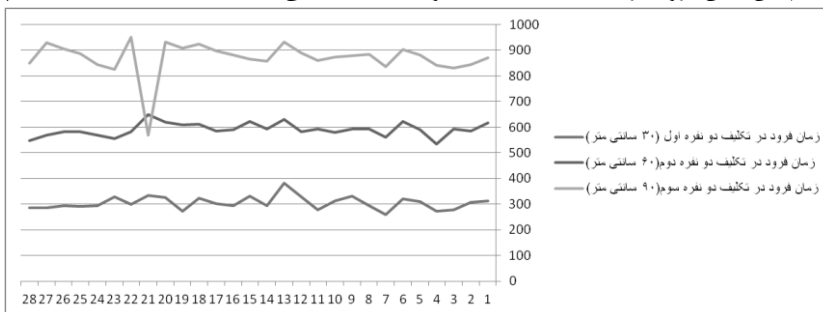


نمودار ۴- بررسی انحراف زمانی دست و پای افراد در مسافت‌های متفاوت (۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متر) همچنین بین انحراف زمانی در چرخش طناب افراد در مسافت‌های متفاوت، اختلاف معنی‌داری یافت نشد ( $P>0.05$ )، (نمودار ۵).



نمودار ۵- بررسی انحراف زمانی در چرخش طناب در مسافت‌های متفاوت (۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متر)

و سرانجام بین زمان فرود افراد در مسافت‌های متفاوت، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ( $P>0.05$ )، (نمودار ۶).



نمودار ۶- بررسی زمان فرود افراد در مسافت‌های متفاوت (۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متر)

و در انتها نتایج تحلیل واریانس یک‌راهه در جدول ۱ خلاصه شده است.

جدول ۱، بررسی متغیرهای وابسته در مسافت‌های مختلف طناب‌زنی (۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متر)

متغیرهای وابسته		جمع مربع ها	درجه آزادی	میانگین مربع	F	معنی داری
ارتفاع پرش	بین گروهی	۱۳۴۸/۰۸۹	۸	۱۶۸۵/۰۱۱	۲/۰۳۴	۰/۰۴۸
	درون گروهی	۹۶۱۱/۸۶۸	۱۱۶	۸۲۸/۵۴۲		
	کل	۱۰۹۵۹/۹۵۷	۱۲۴			
زمان آغاز حرکت	بین گروهی	۰/۰۵۴	۸	۰/۰۰۷	۰/۹۸۸	۰/۴۵
	درون گروهی	۰/۶۸۱	۹۹	۰/۰۰۷		
	کل	۰/۷۳۵	۱۰۷			
زمان حرکت	بین گروهی	۰/۰۴۲	۸	۰/۰۰۵	۲/۹۶۲	۰/۰۰۵
	درون گروهی	۰/۲۰۵	۱۱۶	۰/۰۰۲		
	کل	۰/۲۴۷	۱۲۴			
انحراف زمانی دست- پا	بین گروهی	۰/۱۰۱	۸	۰/۰۱۳	۱/۲۳۹	۰/۲۸۸
	درون گروهی	۱/۱۹۷	۱۱۶	۰/۰۱		
	کل	۱/۲۹۹	۱۲۴			
انحراف زمانی در چرخاندن طناب	بین گروهی	۰/۰۷۵	۸	۰/۰۰۹	۱/۱۸۶	۰/۳۱۴
	درون گروهی	۰/۹۱۵	۱۱۶	۰/۰۰۸		
	کل	۰/۹۹	۱۲۴			
اختلاف زمان فرود	بین گروهی	۰/۰۰۶	۸	۰/۰۰۱	۰/۳۰۸	۰/۹۶۲
	درون گروهی	۰/۲۹۱	۱۱۶	۰/۰۰۳		
	کل	۰/۲۹۸	۱۲۴			

### بحث و نتیجه گیری

هدف از پژوهش حاضر، شبیه سازی حرکتی در پیش‌بینی هماهنگی بین فردی پسران نخبه طناب‌زنی بود. بدین منظور بعد از تعیین پای برتر ورزشکاران با استفاده از پرسشنامه اندام برتری ادینبورگ و آشنایی با موارد آزمون، از آن‌ها خواسته شد در غیاب بازخورد تکالیف طناب‌زنی را در مسافت‌های متفاوت (۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متر) با فرود همزمان اجرا کنند. نتایج پژوهش نشان داد که در اجراهای دو نفره، زمان حرکت و ارتفاع پرش، تفاوت معنی‌داری نشان دادند و با تمرین کافی و حتی در غیاب بازخورد، زمان آغاز حرکت، انحراف زمانی دست و پا، انحراف زمانی در چرخش طناب و زمان فرود گروه‌های دو نفره به سطحی مساوی یکدیگر رسید. بنابراین حتی هنگامی که دسترسی به اطلاعات ادراکی مداوم به مقدار زیادی کاهش می‌یابد، آن عمل مشترک امکان‌پذیر است.

نتایج اخیر مدرکی ارائه داد مبنی بر این که احتمالاً سهم تلاش برای هماهنگی ربطی به ویژگی‌های تکلیف ندارد. چون آزمودنی‌ها صرف‌نظر از مسافتی که باید می‌پزدند در زمان آغاز حرکت خود تغییری ایجاد نکردند. به‌علاوه تحلیل واریانس یک راهه نشان داد افراد در مسافت‌های متفاوت نیز تغییری در زمان آغاز حرکت نشان ندادند. این یافته با نتایج رید (۲۰۰۲)؛ ژیلوت و کولت، (۲۰۰۵)، هم‌خوانی داشت (۱۲ و ۱۶) مبنی بر این که سطح خبرگی و ماهیت تکلیف از عوامل مؤثر بر تخمین ذهنی زمان حرکت هستند و با یافته‌های وسپر، ون در ول و سبنز، (۲۰۱۳)؛ وسپر، ون درول، نوبلیج و سبنز، (۲۰۱۱) ناهمسو بود (۲۷ و ۲۸) که احتمالاً به دلیل تفاوت در میزان مهارت آزمودنی‌ها و منطبق بر یافته‌های لینکولن کولینگ و همکاران در سال ۲۰۱۶ است (۲۴)، وی نشان داد تجربه حرکتی دقت پیش‌بینی را تعدیل می‌کند و چنین تفاوتی در مورد افراد مبتدی مشاهده نشد. چه بسا هرچه آزمودنی نخبه‌تر باشد انتظار می‌رود کمتر بر برنامه‌ریزی حرکت تحت تأثیر سختی نسبی تکلیف هماهنگ قرار گیرد. در واقع در پژوهش اول دو نفر برای فرود هم‌زمان در پرش‌های متفاوت تمرین کردند و در پژوهش دوم جفت شرکت‌کننده‌ها برای این منظور آموزش دیده بودند که یک تکلیف زمان عکس‌العمل دو انتخابی را در دو حالت هم‌زمانی و توالی زمانی نزدیک انجام می‌دادند.

یافته مهم این است که روند مرحله آماده‌سازی حرکت، با توجه به مرحله اجرای حرکت نیز تعدیل شده است. مسافت بر بعضی از پارامترهای اجرا تأثیر گذاشت. افرادی که مسافت کوتاه‌تر پدیدند با پرش طولانی‌تر و بلندتر خود را با یارشان هماهنگ کردند. همچنین آن‌هایی که مدت زمان طولانی‌تری پدیدند، به‌خاطر اختلاف مسافت پرش با یارشان هیچ تعدیل خاصی، نشان ندادند. از این نتایج چنین برمی‌آید افرادی که بخش راحت‌تر را اجرا می‌کنند همان موقع در شبیه‌سازی حرکتی از پرش یار خود درگیر می‌شوند (مثل این که حرکت خود را طراحی می‌کنند). این فلسفه تعدیل پرش بر اساس تئوری‌های فرض مشترک از اعمال تصویرسازی شده، دریافت شده و برنامه‌ریزی شده است (۱۴). در ادامه شواهد قبلی از شبیه‌سازی حرکتی در طول پیش‌بینی عمل (۸ و ۱۱) و تصویرسازی (۴۵ و ۱۶) یافته‌های ما پیشنهاد می‌کنند شبیه‌سازی حرکتی در حین برنامه‌ریزی عمل مشترک، از خدمات پیش‌بینی زمانی است. در تکلیف ما، درگیر شدن در شبیه‌سازی حرکتی ممکن بود زیرا علی‌رغم نبود بازخورد هم‌زمان، شرکت‌کننده‌ها اطلاعات کافی قبلی درباره عمل همتایشان داشتند تا مدل‌های پیش‌بینی را برای حرکت بعدی پرورش دهند. شرکت‌کننده‌ها دقیقاً می‌دانستند همتایشان کدام مسافت را باید ببرد و بنابراین آن‌ها شروع کردند به شبیه‌سازی حرکت همتای خود و این به آن‌ها اجازه می‌داد به‌طور هم‌زمان با هم فرود بیایند. به‌خصوص این واقعیت که موقعیت نهایی پرش با ادبیات موجود در "فرایند تصمیم‌گیری فردی" در هدف‌گیری با دست، نیز همسو است (سانگ و ناکایاما، ۲۰۰۹؛ اسپوی، گراسجین و نوبلیچ، ۲۰۰۵؛ نوبلیچ و جوردن، ۲۰۰۳) (۲۳). در واقع یک کدگذاری مشترک از عمل‌های ادراک شده و انجام شده ممکن است به فرد اجازه پیش‌بینی نوع، زمان و مکان عمل دیگری را بدهد. چون وقتی دو یا چند نفر عملی را با هم انجام می‌دهند مانند دست دادن، گروه موسیقی و یا حمل کردن چیزی با همدیگر، برای اجرای هرچه بهتر تکلیف، اغلب به‌طور طبیعی پارامترهای فضایی و زمانی حرکت خود را تنظیم می‌کنند (انطباق فرد با محیط پیچیده عمدتاً به دلیل یک فرایند پیش‌بینی قوی است) که این نتیجه با یافته‌های سبنز و نوبلیچ (۲۰۰۹)، کلر و همکاران (۲۰۰۷) و وسپر (۲۰۱۴)، همسو است (۵۱، ۲۱ و ۲۵). افراد شرکت‌کننده در عمل مشترک از مکانیزم‌های مختلفی برای حمایت از هماهنگی استفاده می‌کنند. این مکانیزم‌ها شامل شناسایی، ردیابی هدف یک عمل مشترک و به‌ویژه اجرای تکالیف است. برخی از مکانیزم‌های هماهنگی به اطلاعات حسی - حرکتی مشترک بین همتاها مربوط است، بنابراین توجه مشترک، پیش‌بینی، ارتباط‌های غیر کلامی یا به اشتراک گذاشتن حالات هیجانی مشترک ممکن می‌شود.

بنابراین هماهنگی بین‌فردی به هماهنگی درون‌فردی شباهت دارد حتی اگر بازخورد هم‌زمان وجود نداشته باشد. به عبارت دیگر می‌تواند تداعی‌کننده این مفهوم باشد که از اصول ساختار هماهنگی حرکتی فردی برای عملکرد دوتایی استفاده می‌شود. وقتی افراد برای هماهنگ شدن با فردی، عمل او را شبیه‌سازی می‌کنند، ممکن است به مدل‌های درونی تکیه کنند که حاکم بر هماهنگی اندام‌های وی هستند. و به قول رمزونی، دیویس، ریلی، شاکلی و بیکر، (۲۰۱۱)، با افزایش دشواری تکلیف، میزان و پایداری هماهنگی درون و بین‌فردی افزایش می‌یابد و با افزایش تقاضای تکلیف مشترک، میزان و پایداری هماهنگی بین‌فردی افزایش می‌یابد (۱۵).

نتایج این پژوهش بر میزان ادبیات اندک موجود در زمینه پیش‌بینی درهماهنگی بین‌فردی می‌افزاید. نتایج مثبت احتمالی این پژوهش را می‌توان در آموزش و پرورش، سازمان تربیت بدنی و فدراسیون ورزش‌های موزون و تیمی مورد استفاده قرار داد. روش‌های مختلف تمرینی و شیوه‌های اجرای مهارت، در سال‌های اخیر پیشرفت قابل توجهی داشته است و محققان به دنبال راه‌هایی هستند که بتوانند موجب برتری و بهبود عملکرد ورزشکاران در

سطح نخبگی شوند. بنابراین با توجه به اهمیت هماهنگی بین فردی در فعالیت‌های موزون می‌توان با برنامه‌ریزی بهینه و سخت‌تر کردن تمرینات با حذف بازخورد همزمان، افراد را به سوی پیش‌بینی حرکت هم‌تیمی یا هم‌تیمی‌ها و موفقیت در فعالیت‌های گروهی سوق داد و با توجه به این که در تحقیق حاضر سهم تلاش افراد برای اجرای تکالیف متفاوت یکسان بود و این که مرحله آماده‌سازی حرکت مختص حرکات پرتابی است، پیشنهاد می‌شود با مقایسه تکالیف پرتابی و غیر پرتابی مبحث سهم تلاش مورد ارزیابی قرار گیرد.

### سپاسگزاری

بدینوسیله از فدراسیون ورزش‌های همگانی و مرکز تحقیقات جواد موققیان وابسته به دانشگاه صنعتی شریف که اینجانب را در انجام این تحقیق یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌شود.

### منابع

1. Clark HH. Using language. Cambridge university press; 1996 May 16.
2. Colling LJ, Thompson WF, Sutton J. Mechanisms for action prediction operate differently in observers with motor experience. bioRxiv. 2016 Jan 1:044438.
3. Delavar A. Research Methods in Psychology and Educational Sciences. 7th, editor. Tehran: Roshd; 2006, (Persian).
4. Grezes J, Decety J. Functional anatomy of execution, mental simulation, observation, and verb generation of actions: a meta-analysis. Human brain mapping. 2001 Jan 1;12(1):1-9.
5. Guillot A, Collet C. Contribution from neurophysiological and psychological methods to the study of motor imagery. Brain Research Reviews. 2005 Dec 15;50(2):387-97.
6. Heyrani A, Rahmani M, Amirvazini T, Sourì Z. The relationship among perceived motivational climate and performance of elite and non-elite athletes in reaction time, prediction and bilateral coordination tests. Motor behavior and sports psychology. 7,1,543-551. 2013, (Persian).
7. Hoeger, w.w.k., and hoeger, A. A. , Principle and fitness and wellness, ed. 7th ed 2004: Belmont, CA: Wadsworth/Thomsom Learning.
8. Kilner JM, Vargas C, Duval S, Blakemore SJ, Sirigu A. Motor activation prior to observation of a predicted movement. Nature neuroscience. 2004 Dec 1;7(12):1299.
9. Knoblich G, Butterfill S, Sebanz N. 3 Psychological research on joint action: theory and data. Psychology of Learning and Motivation-Advances in Research and Theory. 2011 Jan 1;54:59.
10. Konvalinka I, Vuust P, Roepstorff A, Frith CD. Follow you, follow me: continuous mutual prediction and adaptation in joint tapping. The Quarterly journal of experimental psychology. 2010 Nov 1;63(11):2220-30.
11. Kourtis D, Sebanz N, Knoblich G. Favouritism in the motor system: social interaction modulates action simulation. Biology Letters. 2010 Jun 23;rsbl20100478.
12. Magill RA, Anderson DI. Motor learning and control: Concepts and applications. New York: McGraw-Hill; 2007, (Persian).
13. Payne VG, Isaacs LD. Human motor development: A lifespan approach. Routledge; 2017 Apr 25.
14. Prinz W. Perception and action planning. European journal of cognitive psychology. 1997 Jun 1;9(2):129-54.
15. Ramenzoni VC, Davis TJ, Riley MA, Shockley K, Baker AA. Joint action in a cooperative precision task: nested processes of intrapersonal and interpersonal coordination. Experimental brain research. 2011 Jun 1;211(3-4):447-57.

16. Ramnani N, Miall RC. A system in the human brain for predicting the actions of others. *Nature neuroscience*. 2004 Jan 1;7(1):85-90.
17. Richardson DC, Dale R, Kirkham NZ. The art of conversation is coordination. *Psychological science*. 2007 May;18(5):407-13
18. Richardson MJ, Marsh KL, Baron RM. Judging and actualizing intrapersonal and interpersonal affordances. *Journal of experimental psychology: Human Perception and Performance*. 2007 Aug;33(4):845.
19. Sainburg RL, Poizner HO, Ghez C. Loss of proprioception produces deficits in interjoint coordination. *Journal of neurophysiology*. 1993 Nov 1;70(5):2136-47.
20. Schmidt R, Lee T. *Motor control and learning 5th ed*. Champaign: Human kinetics. 1998, (Persian).
21. Sebanz N, Knoblich G. Prediction in joint action: What, when, and where. *Topics in Cognitive Science*. 2009 Apr 1;1(2):353-67.
22. Sebanz N, Knoblich G, Prinz W. How two share a task: corepresenting stimulus-response mappings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2005 Dec;31(6):1234.
23. Spivey MJ, Grosjean M, Knoblich G. Continuous attraction toward phonological competitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2005 Jul 19;102(29):10393-8.
24. Taghi Eei Z, Atri, A; Hashemi Javaheri, S. A.A Evaluation of the prevalence of shoulder pain and function in elite female badminton players. 1999 (Persian).
25. Vesper C. How to support action prediction: Evidence from human coordination tasks. In *Robot and Human Interactive Communication, 2014 RO-MAN: The 23rd IEEE International Symposium on 2014 Aug 25* (pp. 655-659). IEEE.
26. Vesper C, Butterfill S, Knoblich G, Sebanz N. A minimal architecture for joint action. *Neural Networks*. 2010 Nov 30;23(8):998-1003.
27. Vesper C, van der Wel RP, Knoblich G, Sebanz N. Are you ready to jump? Predictive mechanisms in interpersonal coordination. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2013 Feb;39(1):48.
28. Vesper C, van der Wel RP, Knoblich G, Sebanz N. Making oneself predictable: Reduced temporal variability facilitates joint action coordination. *Experimental brain research*. 2011 Jun 1;211(3-4):517-30.
29. Vesper C, Knoblich G, Sebanz N. Motor Imagery of Interpersonal Coordination. *Proceedings of KogWis 2012*. 2012:109.
30. Wilson M, Knoblich G. The case for motor involvement in perceiving conspecifics. *Psychological bulletin*. 2005 May;131(3):460.
31. Winter DA. *Biomechanics and motor control of human movement*. John Wiley & Sons; 2009 Oct 12.
32. Wolpert DM, Ghahramani Z. Computational principles of movement neuroscience. *Nature neuroscience*. 2000 Nov 1;3(11s):1212.
33. Wolpert DM, Doya K, Kawato M. A unifying computational framework for motor control and social interaction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*. 2003 Mar 29;358(1431):593-602.