رشد و یادگیری حرکتی _ ورزشی – تابستان ۱۳۹۸
دورهٔ ۱۱، شمارهٔ ۲، ص : ۲۳۰- ۲۱۵
تاریخ دریافت : ۰۸ / ۱۲ / ۹۷
تاریخ پذیرش : ۰۶ / ۰۶ / ۹۸

بررسی تفاوت‌های تغییرپذیری حرکتی و نرمی حرکت در تکلیف دسترسی و چنگ زدن در کودکان و بزرگسالان

امیر دانا [*۱]– صالح رفیعی[۲]

۱ .استادیار رفتار حرکتی، گروه تربیت بدنی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران ۲.استادیار رفتار حرکتی، پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، تهران، ایران

چکیده

دسترسی و چنگ زدن از اساسی‌ترین مهارت‌های بنیادی انسان است. هدف از این تحقیق بررسی تفاوت‌های تغییرپذیری حرکتی و نرمی حرکت در حرکت دسترسی و چنگ زدن در کودکان و بزرگسالان بود. به این منظور ۶۰ کودک ۸ تا ۱۳ ساله به شش گروه تقسیم شدند. تکلیف مورد استفاده شامل دسترسی و گرفتن مکعب با ابعاد ۳/۶ سانتی‌متر مکعب بود که گرفتن کف دستی را برای همهٔ کودکان فراهم می‌کرد. افراد باید با دست برتر مکعب را می‌گرفتند و آن را نزدیک ناحیهٔ دهان می‌آوردند. علاوه‌بر این یک گروه بزرگسال نیز در این تحقیق شرکت کردند (میانگین سنی=۱/۲± ۲۴ سال). شرکت‌کنندگان ۱۰ کوشش را اجرا می‌کردند که متغیرهای کینماتیک شامل میانگین مربعات جرک، جرک بدون بعد، دامنهٔ حرکت مفصل آرنج و تغییرپذیری در الگوی هماهنگی محاسبه شد. به‌منظور تحلیل داده‌ها در هر متغیر از طرح تحلیل واریانس یکراهه استفاده شد. نتایج نشان داد که در متغیر میانگین مربعات جرک و جرک بدون بعد گروه‌های سیزده‌ساله نیز تفاوت معناداری با افراد بزرگسال دارند. در متغیر دامنهٔ حرکت مفصل آرنج و همچنین تغییرپذیری در الگوی حرکتی نشان داده شد که گروه‌های هشت و نه‌ساله تفاوت معناداری با سایر گروه‌ها دارند، اما تفاوتی بین سایر گروه‌ها وجود نداشت. به‌طور کلی نتایج نشان داد که رشد فرایند دسترسی و چنگ زدن به اوایل کودکی منحصر نمی‌شود. این نتایج با توجه به رشد کنترل حرکتی و همچنین اکتساب ناهمزمان متغیرهای کینماتیک در فرایند یادگیری مهارت حرکتی توجیه شدند.

واژه‌های کلیدی

چنگ زدن، دامنهٔ حرکت، دسترسی، نرمی حرکت، هماهنگی حرکتی.

* نویسنده مسئول : تلفن : ۰۹۱۱۶۳۵۶۵۸۱ Email: amirdana@iaut.ac.ir

مقدمه

بدی‌شک می‌توان عمل دسترسی و چنگ زدن را از اساسی‌ترین مهارت‌های بنیادی انسان در نظر گرفت. انسان در بدو تولد با این عمل می‌تواند محیط و اشیای اطرافش را بشناسد و در ادامهٔ زندگی برای رفع نیازهای روزمرهٔ خود یا به نمایش گذاشتن مهارت‌های حرکتی تحسین‌برانگیز از آن استفاده کند. اهمیت این عمل زمانی به‌طور کامل درک می‌شود که انسان قادر به انجام این عمل نباشد، در این صورت سخت بودن زندگی برای فرد بیشتر مشخص خواهد شد. این موضوع چنان حائز اهمیت است که تحقیقات زیادی در این زمینه انجام گرفته است (۲، ۱). یکی از موارد مهم در طول عمر ثبات در دستیابی به هدف و قابلیت انطباق با شرایط متغیر موجود در محیط است که در اصل این موضوع از ویژگی‌های مهمی است که رشد اعمال ماهرانه را نشان می‌دهد. سه رویکرد برای رشد اعمال ماهرانه ذکر شده است؛ در رویکرد اول که به رویکرد بالیدگی مشهور است، اکتساب مهارت حرکتی به‌عنوان نتیجه‌ای از بالیدگی سیستم عصبی در نظر گرفته می‌شود که اغلب در اثر تغییرات درونی ارگانیسم است (۴، ۳). رویکرد دوم که به رویکرد پردازش اطلاعات مشهور است، تأکید زیادی بر تعامل رشد سیستم عصبی و ویژگی‌های تغییرپذیر محیطی دارد (۶، ۵). اما در رویکرد سوم، رویکرد سیستم‌های پویا، اعتقاد بر این است که اکتساب مهارت‌های حرکتی جدید به‌طور مساوی از رشد سیستم عصبی مرکزی، فرایندهای ادراکی و محیط منتج می‌شود (۷-۹). در بطن رویکرد سوم یک موضوع وجود دارد که به‌طور جداناپذیری با این تئوری درآمیخته است. براساس دیدگاه سیستم‌های پویا تغییرپذیری جزئی جدایی‌ناپذیر از اجرای اعمال است که به‌نوعی فراهم‌کنندهٔ مقداری انعطاف‌پذیری در حرکت می‌باشد (۱۰). اما دیدگاه پردازش اطلاعات به‌نوعی به تغییرپذیری به‌عنوان اختلال موجود در حرکت نگاه می‌کند که به‌نوعی مخرب عمل است و باید کاهش یابد (۱۱،۱۲). با توجه به اهمیت و کاربرد عمل دسترسی و چنگ زدن در زندگی انسان، این عمل نیز مستثنا از وجود تغییرپذیری در حین اجرا نیست. با توجه به سن ظهور عمل دسترسی و چنگ زدن در توالی رشدی کودکان، این عمل در اوایل و اواسط کودکی به‌خوبی مطالعه شده است (۱۳). بیشتر تحقیقات انجام‌گرفته بر روی حرکات دسترسی و چنگ زدن، بیشتر در سنینی کمتر از سه سال بوده است و بیشتر بر جنبه‌های کینماتیکی همچون جنبه‌های زمانی هماهنگی حرکتی، هماهنگی چشم دست، و گشتاور مفاصل تأکید داشته‌اند (۱۵، ۱۴). اما در مورد سایر عناصر همانند هماهنگی بین‌مفصلی که در بزرگسالان مطالعه می‌شود، کمتر مطالعه‌ای به چشم می‌خورد. همچنین مشخص نیست که در چه سنی الگوهای بالیدهٔ کینماتیکی در این عمل کسب می‌شوند (۱۶). در مورد متغیری مانند نرمی حرکت نیز مطالعات

زیادی به چشم نمی‌خورد. معمولاً در مطالعات بیومکانیکی نرمی حرکت را با متغیری به نام جرک حرکت ارزیابی می‌کنند. جرک حرکت مشتق سوم جابه‌جایی یا مشتق اول شتاب و نشان‌دهندهٔ‌میزان تغییرات در شتاب حرکت و در اصل معرفی از میزان نرمی حرکت است (۱۷). هرچه میزان جرک موجود در حرکت کمتر باشد، حرکت از نرمی بیشتری برخوردار است (۱۷). براساس جست‌وجوی محقق در زمینهٔ مطالعات رشدی تاکنون یک مطالعه نرمی حرکت را در دسترسی کودکان بررسی و نتایج آن نشان داده است که مقدار جرک موجود در حرکت در کودکان و افراد بزرگسال به‌طور معناداری با هم متفاوت است (۱۸).

محققان در این زمینه تلاش‌هایی کرده‌اند، اما تحقیقات آنها یا نتایج متناقضی داشته یا دارای ضعف‌های روش‌شناختی است. برای مثال برخی محققان نشان دادند که کودکان می‌توانند در سه‌سالگی همانند افراد بزرگسال کینماتیک ثابتی را در حرکت دسترسی در شرایط با قید زیاد نشان دهند (۱۹). برخی محققان با حذف بازخورد از شیء یا بینایی در حین اجرا نشان دادند که در چهار تا پنج‌سالگی هنوز سیستم کنترل پیش‌بین کودکان در حین اجرای دسترسی مانند بزرگسالان نیست و در حال رشد است که همین موضوع می‌تواند ثبات در کینماتیک حرکت را تحت تأثیر قرار دهد (۲۰). اما برخی محققان عمل دسترسی و چنگ زدن را در مقابل اشیاء با اندازه‌های متفاوت در کودکان ۱۶ ماهه تا ۷ ساله بررسی کردند و نشان دادند که در کودکان ۱۶ ماهه تا ۵ ساله تلاش‌های اشتباه زیادی صورت می‌گیرد که این نشان‌دهندهٔ روند رشد آهستهٔ برای درک فراهم‌سازها در این سن تفسیر شد. اما بخش دیگری از نتایج همین تحقیق نشان داد که کودکان با سن کمتر در تصمیم‌گیری مشابه با کودکان بزرگسال‌تر بودند (۲۱). این نتایج می‌تواند نشان‌دهندهٔ رشد متفاوت سیستم‌ها به لحاظ زمانی در کودکان باشد. این در حالی است که برخی محققان نشان دادند که به‌دست آمدن ثبات در دسترسی در هشت‌سالگی رخ می‌دهد (۲۲). نتایج متناقض به همین‌جا محدود نمی‌شود. در برخی تحقیقات نشان داده شده است که ثبات در کینماتیک حرکت، به مانند افراد بزرگسال، در دوازده‌سالگی به‌دست می‌آید (۲۳، ۱۶). در ادامهٔ تلاش‌ها نشان داده شد که با افزایش سن (حتی تا شانزده‌سالگی) کاهشی معنادار در تغییرپذیری الگوی حرکتی دست افراد در عمل دسترسی مشاهده می‌شود (۲۴). علاوه‌بر این برخی محققان عنوان کردند که در شرایط عادی کودکان ۱۰ ساله الگوی حرکتی مشابه با افراد بزرگسال از خود نشان می‌دهند (۲۵). این نتایج در حالی است که برخی محققان نشان دادند که با افزایش سن (از شش تا ده‌سالگی) به‌صورت منظم از تغییرپذیری حرکتی کودکان در عمل دسترسی کاسته می‌شود (۲۶). هرچند اخیراً تعدادی از محققان نشان دادند که در ۱۲-۱۱ سالگی عمل اندام فوقانی به سطح بالیده می‌رسد (۲۷)، اما قبلاً تحقیقات نشان

داده است که در ۱۱ سالگی نیز عمل دسترسی به سطح بالیده نمی‌رسد (۲۸). نبود توافق کلی در مورد اینکه عمل دسترسی و چنگ زدن می‌تواند مانند بزرگسالی انجام گیرد، می‌تواند چالش‌هایی را نیز در زندگی روزمره به‌همراه داشته باشد. برای مثال دادن تکالیفی همانند برداشتن یک لیوان نوشیدنی داغ در سنی که هنوز کودکان آمادگی لازم برای آن را ندارند، می‌تواند خطرناک باشد. یا حتی شرکت در برخی ورزش‌ها که دارای عمل مهاری و همچنین دسترسی و چنگ زدن هستند، پیش از سنی که این تکلیف بالیده شود، ممکن است به‌دلیل شکست‌های متوالی به کاهش انگیزۀ کودک منجر شود. بنابراین دانستن سنی که این تکلیف همانند بزرگسالی اجرا می‌شود، امری مهم در زندگی روزمره و همچنین محیط‌های ورزشی است.

براساس نتایج تحقیقات بالا، همسویی خاصی در بین یافته‌های این تحقیقات مشاهده نمی‌شود. این عدم توافق در یافته‌ها به چند دلیل است؛ ابتدا آنکه در این تحقیقات از متغیرهایی برای سنجش استفاده شده است که بیشتر به لحظه‌ای خاص از حرکت متکی‌اند (مانند تغییرپذیری در زمان حداکثر سرعت، یا تعداد تغییر مسیرهای نمودار سرعت). سنجش متغیرهایی که در لحظه‌ای از حرکت به‌دست می‌آیند، نمی‌توانند نشان‌دهندۀ آنچه در کل حرکت رخ می‌دهد، باشند (۲۹). دلیل دوم نوع تقسیم‌بندی افراد براساس دامنۀ سنی است. در بیشتر تحقیقات ذکرشده محققان شرکت‌کنندگان را در دامنۀ سنی گسترده (مانند ۱۲-۱۱ سال) دسته‌بندی کرده‌اند، این در حالی است که در سنین ابتدایی تفاوت‌ها از یک سال به سال دیگر زیاد است و احتمال دارد همین نوع دسته‌بندی‌ها موجب عدم دستیابی به نتایجی همسو شود. با توجه به این محدودیت‌ها در این تحقیق، محققان از سنجش مداوم برای بررسی تغییرپذیری حرکتی استفاده کرده‌اند و علاوه‌بر آن متغیر جدیدی برای سنجش نرمی حرکت (که به‌نوعی نشان‌دهندۀ اجرای ماهرانه عمل است)، استفاده شده است. همچنین در این تحقیق از تقسیم‌بندی کوتاه‌تر به لحاظ فاصلۀ زمانی براساس سن تقویمی استفاده شده است تا تفاوت بین گروه‌ها بیشتر مشخص شود. براساس اظهارات بالا هدف تحقیق حاضر بررسی تفاوت‌های کینماتیکی در کنترل حرکت دسترسی و چنگ زدن در کودکان ۱۳-۸ ساله و همچنین مقایسۀ آنها با افراد بزرگسال بود.

روش‌شناسی

شرکت‌کنندگان در این تحقیق ۶۰ کودک ۸ تا ۱۳ساله بودند. علاوه‌بر این از یک گروه بزرگسال (۱۰نفر) نیز به‌عنوان معیار استفاده شد (میانگین سنی=۱/۲± ۲۴سال). از والدین همۀ کودکان برای شرکت در این

تحقیق رضایت‌نامهٔ کتبی گرفته شد، و همهٔ افراد بزرگسال نیز به‌صورت کتبی رضایت خود را برای شرکت در تحقیق عنوان کردند. براساس اظهارات پرسشنامه‌ای که از والدین کودکان به‌عمل آمد، همهٔ کودکان بدون اختلال نرولوژیک بودند و رشد طبیعی داشتند. افراد بزرگسال نیز سابقهٔ بیماری که بر حرکت افراد تأثیر بگذارد، نداشتند و در اندام‌های فوقانی خود سابقهٔ شکستگی نداشتند.

نحوهٔ گردآوری داده‌ها

تکلیف مورد استفاده در این تحقیق شامل دسترسی و گرفتن مکعب با ابعاد ۳/۶ سانتی‌متر مکعب بود که گرفتن کف دستی را برای همهٔ کودکان فراهم می‌کرد. افراد باید با دست برتر مکعب را می‌گرفتند و آن را به نزدیک ناحیهٔ دهان می‌آوردند. شرکت‌کنندگان روی یک صندلی که تکیه‌گاهی نداشت، می‌نشستند و ارتفاع صندلی به‌منظور جلوگیری از تأثیر آن بر نحوهٔ دسترسی براساس قد فرد تنظیم می‌شد (۳۰). ارتفاع صندلی براساس ۱۰۰ درصد فاصلهٔ طول ساق پای فرد از زانو تا روی زمین تنظیم می‌شد. مکعب بر روی میزی قرار داشت که ارتفاع آن تا آرنج فرد (در حالتی که آرنج افتاده در کنار بدن باشد) بود. فاصلهٔ مکعب از فرد براساس طول دست فرد بود که طول دست فرد براساس فاصلهٔ بین حفرهٔ زیر بغل تا انتهای استخوان‌های کف دستی (استخوان‌های به‌هم‌چسبیدهٔ نه انگشت شست). اندازه‌گیری می‌شد (۱۶). فرد برای آشنایی با تکلیف دو تلاش تمرینی را انجام می‌داد. شروع عمل دسترسی و چنگ زدن شامل برداشتن انگشت از روی یک دایره در فاصلهٔ پنج سانتی‌متری از لبهٔ میز و در خط وسط بدن فرد بود. فرد هر عمل دسترسی و چنگ زدن را ۱۰ بار تکرار می‌کرد (۱۶).

نحوهٔ ثبت داده‌ها

به‌منظور ثبت داده‌های کینماتیک از هشت دوربین مادون قرمز دستگاه کوالیسیس[1] استفاده شد. به‌منظور ثبت مسیر حرکت دست و داده‌های کینماتیک موردنظر بر روی نقاط زیر دست اجراکننده مارکرهای منعکس‌کنندهٔ نور قرار داده شد: انگشت اشاره (نقطهٔ انتهایی حرکت)، انگشت شست، استخوان دوم کف دستی (به‌عنوان دست)، اپی کندیل خارجی (به‌عنوان آرنج) و زائدهٔ آخرومی (به‌عنوان شانه). سرعت نمونه‌برداری دوربین بر روی ۲۰۰ هرتز[2] قرار داده شده بود. اگرچه تکلیف مورد استفاده در این تحقیق شامل عمل دسترسی، گرفتن و آوردن شیء در ناحیهٔ دهان بود، فقط داده‌های مرحلهٔ دسترسی و گرفتن در تحلیل داده‌ها به‌کار رفت. متغیرهای کینماتیک مورد استفاده در این تحقیق شامل موارد زیر

1 . Qualisys
2 . Hertz

بود که در ادامه هر کدام توضیح داده می‌شود: نرمی مسیر حرکت نقطۀ انتهایی براساس میانگین مربعات جرک (انگشت اشاره)، نرمی مسیر حرکت نقطۀ انتهایی براساس جرک بدون بعد، جابه‌جایی زاویه‌ای در ناحیۀ آرنج، هماهنگی بین‌زاویه‌ای در محور شانه- آرنج. نشان داده شده است این متغیرها نشان‌دهندۀ اکتساب مهارت حرکتی در عمل دسترسی‌اند (۳۱، ۱۴).

داده‌های کینماتیک با استفاده از یک فیلتر پایین‌گذر با فرکانس ۱۰ هرتز فیلتر شدند. سپس داده‌های مختصات و داده‌های جابه‌جایی زاویه‌ای برای محاسبۀ متغیرهای موردنظر به نرم‌افزار متلب[1] ۲۰۱۰ انتقال داده شدند. برای محاسبۀ نرمی حرکت نقطۀ انتهایی همان‌طورکه گفته شد، از فرمول میانگین مربعات جرک استفاده شد. جرک حرکت مشتق سوم جابه‌جایی و نشان‌دهندۀ میزان نرمی حرکت است. هرچه این شاخص پایین‌تر باشد، نشان‌دهندۀ تغییرات کمتر شتاب حرکتی و نرمی حرکت بیشتر است (۱۷). همچنین برای سنجش نرمی حرکت از فرمول دیگری به‌عنوان جرک بدون بعد استفاده شده است (۱۸). نشان داده شده است که این فرمول نسبت به فرمول میانگین مربعات جرک تفاوت‌های بین‌گروهی را بهتر نشان می‌دهد (۱۸). چون این مطالعه تنها مطالعه‌ای بود که این موضوع را نشان داده بود، در این تحقیق از هر دو متغیر استفاده شد تا بار دیگر این نتایج امتحان شوند.

دامنۀ حرکتی مفصل آرنج نیز برای حرکت باز و بسته شدن آن محاسبه شد. همچنین برای تعیین شروع و پایان حرکت سرعت مماسی مارکر قرارداده‌شده بر روی انگشت اشارۀ فرد محاسبه شد و شروع حرکت زمانی قرار داده شد که سرعت مماسی حرکت مارکر انگشت اشاره بالاتر از پنج درصد حداکثر سرعت آن مارکر رفته بود؛ پایان حرکت نیز زمانی قرار داده شد که سرعت حرکت مارکر انگشت اشاره پایین‌تر از پنج درصد حداکثر سرعت آن مارکر آمده بود.

برای محاسبۀ هماهنگی بین‌مفصلی در محور شانه- آرنج از فرمول ارائه‌شده توسط سیداوی و شونفلدر- زهدی[2] (۳۲) استفاده شد. این فرمول شاخصی را فراهم می‌کند که نشان‌دهندۀ تغییرپذیری در الگوی هماهنگی دو زاویه است و هرچه عدد حاصل از آن پایین‌تر باشد، نشان‌دهندۀ ثبات بیشتر در هماهنگی بین دو مفصل است.

1 . MATLAB
2 . Sidaway, Schoenfelder-Zohdi

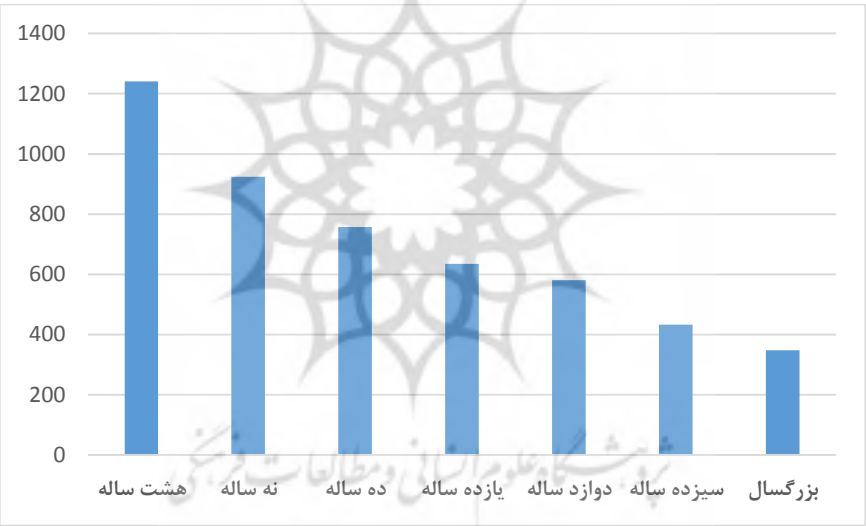
آنالیز آماری داده‌ها

به‌منظور تحلیل داده‌ها در هر متغیر از طرح تحلیل واریانس یکراهه استفاده شد که در هر سطح آن یک گروه سنی قرار داشت. نرمال بودن داده‌ها و همگن بودن واریانس‌ها به‌ترتیب در آزمون شاپیرو ویلک و آزمون لون نشان داده شد، همه P>۰/۰۵. به‌منظور مقایسه‌های دو به دو از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد.

نتایج

میانگین مربعات جرک

شکل ۱ نشان‌دهندهٔ نمودار میانگین مربعات جرک برای رده‌های سنی مختلف است.



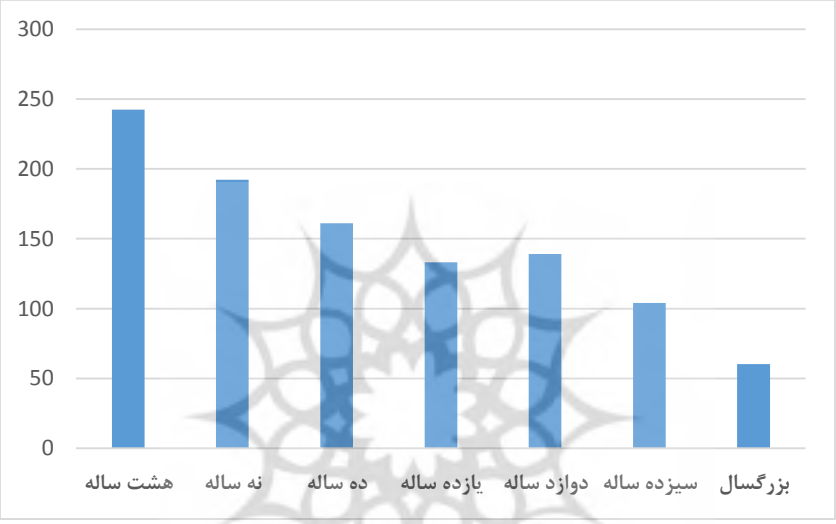
شکل ۱. نمودار میانگین مربعات جرک حرکت برای گروه‌های مختلف

نتایج آزمون تحلیل واریانس برای میانگین مربعات جرک نشان داد که اثر اصلی گروه معنادار است (F(۶و۶۹)=۴۹۰/۱۳، P=۰/۰۰۰۱). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که تفاوت بین همهٔ گروه‌ها با گروه بزرگسال معنادار است (P<۰/۰۵)، همچنین تفاوت بین همهٔ گروه‌های کودک معنادار بود (P<۰/۰۵). مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که گروه بزرگسال نسبت به همهٔ گروه‌های کودکان جرک کمتری

در حرکت خود داشته است. در کودکان نیز با افزایش سن میزان میانگین مربعات جرک کاهش یافته است (میانگین‌ها، بزرگسالان= ۳۴۷/۵۷، هشت‌ساله= ۱۲۴۱، نه‌ساله= ۹۲۴/۱۲، ده‌ساله= ۷۵۶/۶۴، یازده‌ساله= ۶۳۵/۲۱، دوازده‌ساله= ۵۸۰/۹۲، سیزده‌ساله= ۴۳۲/۷۴).

جرک بدون بعد

شکل ۲ میانگین متغیر جرک بدون بعد را برای گروه‌های مختلف نشان می‌دهد.

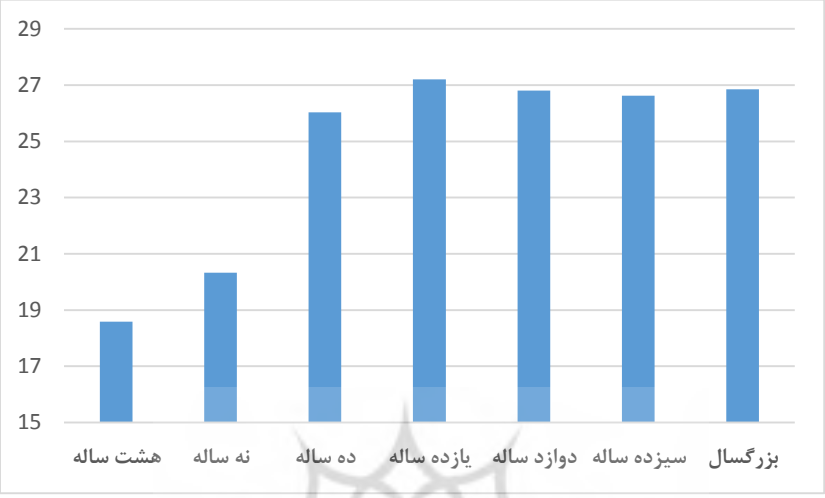


شکل ۲. میانگین جرک بدون بعد برای گروه‌های مختلف

نتایج آزمون تحلیل واریانس برای متغیر جرک بدون بعد نشان داد که اثر اصلی گروه معنادار است (F(۶و۶۹)=۱۵۲۴، P=۰/۰۰۰۱). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که همۀ گروه‌ها به‌طور معناداری با گروه بزرگسال تفاوت دارند (P<۰/۰۵). همچنین به‌جز تفاوت بین گروه یازده و دوازده‌ساله (P>۰/۰۵)، تفاوت بین همۀ گروه‌های کودکان با هم معنادار بود (P<۰/۰۵). مقایسۀ میانگین‌ها برای این متغیر نشان داد که همۀ گروه‌ها نسبت به گروه بزرگسال جرک بیشتری در حرکت خود دارند و به‌طور کلی با افزایش سن در بین کودکان مقدار جرک حرکتی کاهش می‌یابد (میانگین‌ها، بزرگسال= ۶۰/۳۱، هشت‌ساله= ۲۴۲/۴۰، نه‌ساله= ۱۹۲/۲۰، ده‌ساله= ۱۶۱/۲۰، یازده‌ساله= ۱۳۳/۲۳، دوازده‌ساله= ۱۳۹/۱۰، سیزده‌ساله= ۱۰۴/۱۱).

دامنهٔ حرکت مفصل آرنج

شکل ۳ میانگین دامنهٔ حرکت مفصل آرنج را نشان می‌دهد.

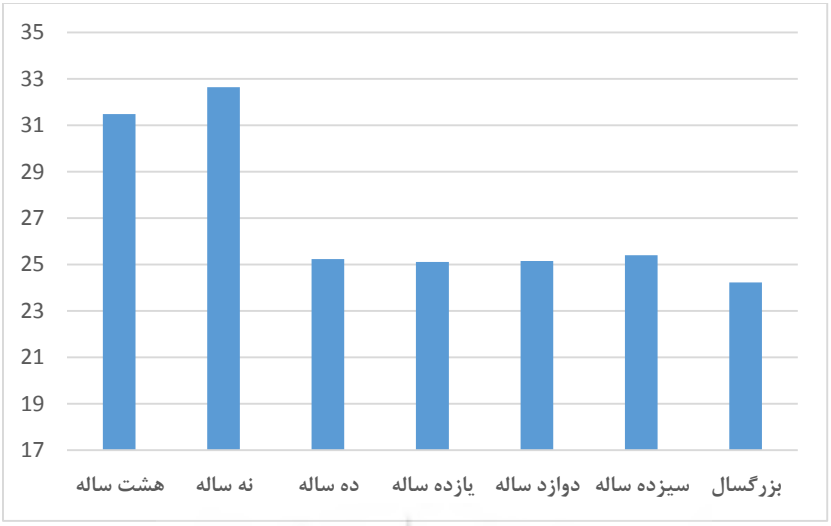


شکل ۳. میانگین دامنهٔ حرکت مفصل آرنج برای گروه‌ها

نتایج آزمون تحلیل واریانس برای این متغیر نشان داد که اثر اصلی گروه معنادار است (F(۶و۶۹)=۳۱/۷۸، P=۰/۰۰۰۱). آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسهٔ دو به دو نشان داد که گروه‌های هشت‌ساله و نه‌ساله به‌طور معناداری با سایر گروه‌ها تفاوت دارند (P<۰/۰۵)، اما تفاوت بین این دو گروه معناداری نبود (P>۰/۰۵). همچنین تفاوت بین سایر گروه‌ها با هم معنادار نبود (P>۰/۰۵). مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که همهٔ گروه‌ها از گروه‌های هشت و نه‌ساله دامنهٔ حرکت بیشتری دارند (میانگین‌ها، بزرگسال= ۲۶/۸۴، هشت‌ساله= ۱۸/۵۸، نه‌ساله= ۲۰/۳۳، ده‌ساله= ۲۶/۰۳، یازده‌ساله= ۲۷/۲۰، دوازده‌ساله= ۲۶/۸۰، سیزده‌ساله= ۲۶/۶۲).

تغییرپذیری الگوی هماهنگی

شکل ۴ نمودار میانگین تغییرپذیری الگوی هماهنگی را نشان می‌دهد.



شکل ۴. نمودار میانگین تغییرپذیری الگوی هماهنگی برای گروه‌های مختلف

نتایج آزمون تحلیل واریانس برای این متغیر نشان داد که اثر اصلی گروه معنادار است (F(۶و۶۹)=۲۰/۲۰، P=۰/۰۰۰۱). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که همۀ گروه‌ها با گروه‌های هشت و نه‌ساله تفاوت معناداری دارند (P<۰/۰۵)، اما تفاوت بین گروه‌های هشت و نه‌ساله با هم معنادار نبود (P>۰/۰۵). همچنین تفاوت بین سایر گروه‌ها با هم معنادار نبود، (P>۰/۰۵). مقایسۀ میانگین‌ها نشان داد که همۀ گروه‌ها نسبت به گروه هشت و نه‌ساله تغییرپذیری حرکتی کمتری در الگوی حرکتی خود دارند (میانگین‌ها، بزرگسال= ۲۴/۲۳، هشت‌ساله= ۳۱/۴۸، نه‌ساله= ۳۲/۶۳، ده‌ساله= ۲۵/۲۲، یازده‌ساله= ۲۵/۱۱، دوازده‌ساله= ۲۵/۱۵، سیزده‌ساله= ۲۵/۴۰).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این تحقیق بررسی تفاوت‌های تغییرپذیری حرکتی و نرمی حرکت در کودکان و بزرگسالان بود. در اصل در این تحقیق سعی شد که به این پرسش پاسخ داده شود که در عمل دسترسی و چنگ زدن هر کدام از متغیرهای کینماتیک در چه سنی مشابه با بزرگسالی خواهند شد. برای پاسخ به این پرسش از چند متغیر کینماتیکی با تأکید بر جنبه‌های متفاوت استفاده شد. ابتدا از دو متغیر استفاده شد که نشان‌دهندۀ نرمی حرکت هستند (میانگین مربعات جرک و جرک بدون بعد). همچنین از متغیری استفاده

شد که نشان‌دهندهٔ رهاسازی درجات آزادی فرد به‌هنگام اجرای عمل است (دامنهٔ حرکت مفصل آرنج) و در انتها از متغیری استفاده شد که نشان‌دهندهٔ ثبات در الگوی هماهنگی درون‌اندامی است. در ادامه هر کدام از نتایج این متغیرهای مورد بحث قرار گرفته است.

در متغیر نرمی حرکت گروه بزرگسال بهتر از سایر گروه‌ها عمل کرده بودند. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش سن در بین کودکان مقدار جرک حرکت کاهش و نرمی حرکت افزایش می‌یابد؛ با این حال مقدار نرمی حرکت کودکان در سیزده‌سالگی تفاوت معناداری با افراد بزرگسال داشت. این نتایج نشان‌دهندهٔ کنترل بیشتر افراد بزرگسال نسبت به کودکان بر روی متغیرهای سطوح بالاتر (مانند شتاب و جرک حرکت) است. این نتایج به‌نوعی با نتایج تحقیق برخی تحقیقات قبلی (۱۶) همخوانی دارد. در تحقیق آنها کودکان حتی در سنین بالا نیز نرمی حرکتی مشابه با افراد بزرگسال نداشتند. این نتایج به‌نوعی بیانگر کنترل سلسله‌مراتبی متغیرهای مختلف کینماتیکی است (۳۳). استدلال بر این است که به‌هنگام یادگیری یک مهارت جدید ابتدا افراد متغیر جابه‌جایی (هماهنگی) را یاد می‌گیرند و در ادامه متغیر سطح بالاتری چون سرعت حرکت را کنترل می‌کنند و در انتها متغیری مانند کنترل شتاب حرکت را یاد می‌گیرند (۳۳). احتمالاً کودکان در ابتدا در یادگیری الگوی هماهنگی حرکت درگیر بوده‌اند و هنوز توانایی کنترل متغیر سطح بالایی همچون جرک حرکت- که مشتقی از شتاب حرکت است- را به‌دست نیاورده‌اند. این استدلال با توجه به سایر نتایج این تحقیق بیشتر تأیید می‌شود. در مورد این استدلال در انتها بیشتر توضیح داده خواهد شد.

در این تحقیق نشان داده شد که کودکان هشت و نه‌ساله نسبت به سایر کودکان و همچنین بزرگسالان دامنهٔ حرکت محدودتری در مفصل آرنج خود دارند. در زمینهٔ دامنهٔ حرکتی مفاصل تحقیقات زیادی انجام نگرفته است. این نتایج با نتایج برخی تحقیقات قبلی (۱۶) همخوانی ندارد. دلیل احتمالی برای این دامنهٔ محدود حرکتی می‌تواند این باشد که کودکان با سن کمتر احتمالاً از حرکت توأم سایر اندام‌ها (به‌خصوص تنه) برای جبران دامنهٔ محدود مفصل آرنج استفاده می‌کنند. این موضوع می‌تواند به عدم رهاسازی درجات آزادی در اثر تجربهٔ کم اشاره داشته باشد (۷). این نتیجه می‌تواند به چند دلیل باشد؛ اول اینکه این کودکان (کودکان هشت و نه‌ساله) قادر نیستند چرخش مفاصل را به‌طور مناسبی به‌کار گیرند تا از حرکت سایر بخش‌های بدن جلوگیری به‌عمل آید، که این موضوع می‌تواند در اثر عدم بالیدگی نواحی قشری درگیر در یکپارچگی حسی باشد (۳۵، ۳۴).

دلیل احتمالی دیگر ممکن است این باشد که استراتژی مناسب برای دسترسی از یک پیشینۀ حرکتی گسترده از بین استراتژی‌های ممکن با تمرین رخ می‌دهد (۳۶). این احتمال وجود دارد که در کودکان به‌دلیل نبود تمرین کافی سینرژی‌های قسمت‌های دیگر بدن هنوز از دست جدا نشده‌اند و این جدایی به سال‌ها تمرین نیاز دارد.

دلیل احتمالی دیگر برای این نتیجه می‌تواند به نبود کنترل پیشخوراندی بالیده در کودکان هشت و نه‌ساله ارتباط داشته باشد، به‌طوری‌که از جابه‌جایی دیگر نقاط بدن به‌هنگام بلند کردن دست در دسترسی و چنگ زدن جلوگیری نمی‌شود (۳۷).

در متغیر تغییرپذیری در الگوی هماهنگی حرکت نشان داده شد که کودکان ۹-۸ ساله نسبت به بزرگسالان و همچنین سایر کودکان دارای تغییرپذیری بیشتری هستند، اما تفاوتی بین بزرگسالان و دیگر کودکان مشاهده نشد. این نتایج با نتایج تحقیقات قبلی همخوانی ندارد (۱۶). در تحقیق آنها سن بالیدگی الگوی هماهنگی هشت سال ذکر شده است که در این تحقیق نشان داده شد که تقریباً در ده‌سالگی این الگو مشابه با بزرگسالی می‌شود. همچنین این نتایج با نتایج تحقیقاتی که نشان می‌دهند تغییرپذیری با افزایش سن کاهش می‌یابد (۲۶)، همخوانی ندارد، در تحقیق حاضر در هیچ ردۀ سنی این روند کاهشی متوقف نشد. علاوه‌بر این این نتایج با نتایج تحقیق چو[1](۲۴) همخوانی ندارد. در این تحقیق نشان داده شد که اکتساب الگوی هماهنگی تا اواسط دوران نوجوانی ادامه دارد. علاوه‌بر این این نتایج با تحقیقاتی که نشان می‌دهند مسیر حرکت کودکان در دوازده‌سالگی مشابه با بزرگسالی می‌شود (۲۷) و همچنین تحقیقاتی که عنوان می‌کنند کودکان در دوازده‌سالگی هم مشابه با افراد بزرگسال عمل نمی‌کنند (۲۸) همخوانی ندارد.

هرچند در این تحقیق نشان داده شد که کودکان هشت و نه‌ساله نسبت به سایر رده‌های سنی تغییرپذیری حرکتی بیشتری دارند، این تغییرپذیری می‌تواند نشانۀ این باشد که در این ردۀ سنی کودکان با استفاده از به‌کارگیری تغییرپذیری حرکتی در جست‌وجوی راه‌حل بهینه برای الگوی هماهنگی‌اند، زیرا تغییرپذیری از دیدگاه سیستم‌های پویا به‌نوعی نشان‌دهندۀ فرایند جست‌وجوی راه‌حل بهینه برای اجرای تکلیف است (۹). علاوه‌بر این کاهش تغییرپذیری در الگوی حرکتی می‌تواند نشانۀ این باشد که فرد با تمرین ارتباط‌های سیناپسی بین گروه‌های نرونی را تقویت می‌کند (۳۶).

---

1 . Choe

نکتهٔ شایان توجه در بخش تغییرپذیری الگوی هماهنگی وجود تناقض در بین یافته‌های این تحقیق و تحقیقات دیگر است که به نظر نیازمند توضیح و استدلالی منطقی است. این نتایج متناقض ممکن است به دو دلیل باشد؛ اول اینکه در برخی تحقیقات نحوهٔ اندازه‌گیری تغییرپذیری حرکتی با تحقیق حاضر تفاوت دارد و دلیل دوم می‌تواند به نحوهٔ تفسیر نتایج در تحقیقات قبلی ارتباط داشته باشد. برای مثال در برخی تحقیقات تغییرپذیری از طریق آنالیز لایهٔ کنترل‌نشده سنجش شده است (۲۶) که تغییرپذیری را به دو بخش (تغییرپذیری که هدف عمل ا تحت تأثیر قرار می‌دهد و تغییرپذیری که هدف عمل را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد) مختلف تقسیم می‌کند، اما در این تحقیق صرفاً تمامی ابعاد تغییرپذیری در یک عدد مورد سنجش قرار گرفت. برخی تحقیقات (۲۴) سن دستیابی به هماهنگی حرکتی را تا نوجوانی عنوان کرده‌اند که به‌نوعی قابل تأمل است، زیرا عمل ساده‌ای مانند دسترسی و چنگ زدن که اتفاقاً جزو اعمال روزمره نیز می‌باشد و ممکن است فرد در روز ده‌ها بار آن را تمرین کند، به نظر نیازمند ۱۵ یا ۱۶ سال تمرین برای دستیابی به الگوی هماهنگی نیست. در این تحقیق و تحقیقات مشابه (۲۷) در برخی موارد تمامی جنبه‌های کینماتیکی حرکت به‌صورت واحد تفسیر شده‌اند. برای مثال اگرچه در برخی موارد ثبات در حرکت وجود داشته است، تغییرپذیری در زمان رسیدن به حداکثر سرعت وجود داشته است و محققان سنی را به‌عنوان تشابه بین افراد بزرگسال و کودک عنوان کرده‌اند که تمامی این متغیرها بین آنها مشابه بوده است (۲۷، ۲۴). این در حالی است که عنوان شده است در فرایند اکتساب یک مهارت حرکتی متغیرهای کینماتیک در زمان‌های متفاوت کسب می‌شوند (۳۳). بر این اساس اعتقاد بر این است که ابتدا متغیر جابه‌جایی حرکتی (هماهنگی حرکتی) کسب می‌شود و در ادامه متغیرهایی همچون سرعت حرکت و شتاب اکتساب می‌شوند (۳۳). در همین زمینه محققان نشان داده‌اند که متغیرهای مختلف در فرایند رشد و دسترسی حرکتی در زمان‌های متفاوت کسب می‌شوند (۱۶). علاوه‌بر این در برخی تحقیقات نشان داده شده است که کودکان چهار تا شش‌ساله در برخی متغیرهای کینماتیک مشابه با کودکان ۷ تا ۱۰ ساله عمل می‌کنند، اما در متغیرهای جفت شدن فضایی و زمانی تفاوت معناداری بین این دو گروه سنی وجود دارد (۳۹، ۳۸). این استدلال در تحقیقاتی که نیازمند یادگیری تکالیف جدید هستند نیز تأیید و مشخص شده است ویژگی‌های متفاوت عمل در مقیاس‌های زمانی متفاوتی کسب می‌شوند (۴۱، ۴۰). نتایج این تحقیق با این استدلال همخوانی دارد. همان‌طورکه در بخش نتایج ذکر شد، دامنهٔ حرکت مفاصل و همچنین تغییرپذیری در الگوی حرکتی تقریباً در ده‌سالگی به سطح افراد بزرگسال می‌رسد، اما متغیر دیگری که از سطوح بالاتر متغیرهای کینماتیک است (جرک حرکت که مشتقی از شتاب حرکت است)،

حتی در سیزده‌سالگی نیز همانند بزرگسالی نمی‌شود. بر این اساس ممکن است همین موضوع و عدم تفسیر هر متغیر به‌صورت مستقل از سایر متغیرها دلیل وجود تناقض بین تحقیقات مختلف باشد.

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که رشد فرایند دسترسی و چنگ زدن به اوایل کودکی منحصر نمی‌شود، بلکه این رشد تا حدود سیزده‌سالگی و شاید حتی بیشتر ادامه پیدا می‌کند. در این تحقیق نشان داده شد که الگوی هماهنگی کودکان در حدود ده‌سالگی با افراد بزرگسال مشابه می‌شود، اما متغیر نرمی حرکت در کودکان سیزده‌ساله تفاوت معناداری با افراد بزرگسال دارد. نتایج نشان‌دهندهٔ رشد غیرهمزمان متغیرهای کینماتیک در عمل دسترسی و چنگ زدن هستند. نتایج این تحقیق نشان‌دهندهٔ این واقعیت است که شاید سپردن تکالیفی مانند دسترسی و چنگ زدن به اشیایی با ریسک خیلی بالا برای کودکان با سیزده‌ساله نیز ممکن است مناسب نباشد. شاید یکی از دلایل این موضوع عدم توسعهٔ این مهارت در طول زندگی به‌دلیل برخی محدودیت‌های محیط حرکتی باشد. تحقیقات آینده با به‌کارگیری تمرین در تحقیق خود می‌توانند این موضوع را به آزمایش بگذارند.

منابع و مآخذ

1. Clifton RK, Muir DW, Ashmead DH, Clarkson MG. Is visually guided reaching in early infancy a myth? Child development. 1993;64(4):1099-110.
2. Clifton RK, Rochat P, Robin DJ, Bertheir NE. Multimodal perception in the control of infant reaching. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. 1994;20(4):876.
3. Gesell A. The ontogenesis of infant behavior. New York: Wiley; 1946
4. Gesell A, Amatruda CS. The embryology of behavior. New York: Harper, 1945.
5. Connolly K. Mechanisms of motor skill development: Academic Press London; 1970.
6. Connolly KJ. Skill development: problems and plans. Mechanisms of motor skill development. 1970:3-21.
7. Bernshtein NA. The co-ordination and regulation of movements Oxford; New York: Pergamon Press; 1967.
8. Gibson JJ. The senses considered as perceptual systems. Oxford, England: Houghton Mifflin ;1966.
9. Thelen E, Smith LB. A dynamic systems approach to the development of cognition and action: MIT press; 1996.
10. Wilson C, Simpson SE, Van Emmerik RE, Hamill J. Coordination variability and skill development in expert triple jumpers. Sports biomechanics. 2008;7(1):2-9.
11. Dai B, Leigh S, Li H, Mercer VS, Yu B. The relationships between technique variability and performance in discus throwing. Journal of sports sciences. 2013;31(2):219-28.

12. Schorer J, Baker J, Fath F, Jaitner T. Identification of interindividual and intraindividual movement patterns in handball players of varying expertise levels. Journal of Motor Behavior. 2007;39(5):409-21.
13. Levin M, Jobin A. Movement segmentation during reaching in children with cerebral palsy. Canadian Journal of Rehabilitation. 1998;11:215-227.
14. Cirstea M, Levin MF. Compensatory strategies for reaching in stroke. Brain. 2000;123(5):940-53.
15. Levin MF. Interjoint coordination during pointing movements is disrupted in spastic hemiparesis. Brain. 1996;119(1):281-93.
16. Schneiberg S, Sveistrup H, McFadyen B, McKinley P, Levin MF. The development of coordination for reach-to-grasp movements in children. Experimental Brain Research. 2002;146(2):142-54.
17. Latash ML. Fundamentals of motor control. London: Academic Press; 2012.
18. Lee M-H, Newell KM. Visual feedback of hand trajectory and the development of infant prehension. Infant Behavior and Development. 2012;35(2):273-9.
19. Konczak J, Dichgans J. The development toward stereotypic arm kinematics during reaching in the first 3 years of life. Experimental brain research. 1997;117(2):346-54.
20. Babinsky E, Braddick O, Atkinson J. The effect of removing visual information on reach control in young children. Experimental brain research. 2012;222(3):291-302.
21. Ishak S, Franchak JM, Adolph KE. Perception–action development from infants to adults: Perceiving affordances for reaching through openings. Journal of Experimental Child Psychology. 2014;117:92-105.
22. Rival C, Olivier I, Ceyte H. Effects of temporal and/or spatial instructions on the speed–accuracy trade-off of pointing movements in children. Neuroscience Letters. 2003;336(1):65-9.
23. Kuhtz-Buschbeck J, Stolze H, Jöhnk K, Boczek-Funcke A, Illert M. Development of prehension movements in children: a kinematic study. Experimental brain research. 1998;122(4):424-32.
24. Choe N. The coordination of multi-joint reaching movements: A developmental profile. [MSc]. Queen's University; 2009.
25. Haddad JM, Claxton LJ, Keen R, Berthier NE, Riccio GE, Hamill J, et al. Development of the coordination between posture and manual control. Journal of experimental child psychology. 2012;111(2):286-98.
26. Golenia L, Schoemaker MM, Otten E, Mouton LJ, Bongers RM. Development of reaching during mid-childhood from a developmental systems perspective. PloS one. 2018;13(2):e0193463.
27. Simon-Martinez C, dos Santos GL, Jaspers E, Vanderschueren R, Mailleux L, Klingels K, et al. Age-related changes in upper limb motion during typical development. PloS one. 2018;13(6):e0198524.

28. Olivier I, Hay L, Bard C, Fleury M. Age-related differences in the reaching and grasping coordination in children: unimanual and bimanual tasks. Experimental Brain Research. 2007;179(1):17-27.
29. Rein R. Measurement methods to analyze changes in coordination during motor learning from a non-linear perspective. Open Sports Sci J. 2012;5(1):36-48.
30. Chari VR, Kirby RL. Lower-limb influence on sitting balance while reaching forward. Archives of physical medicine and rehabilitation. 1986;67(10):730-3.
31. Ramos E, Latash MP, Hurvitz EA, Brown SH. Quantification of upper extremity function using kinematic analysis. Archives of physical medicine and rehabilitation. 1997;78(5):491-6.
32. Sidaway B, Heise G, SchoenfelderZohdi B. Quantifying the variability of angle-angle plots. Journal of Human Movement Studies. 1995;29(4):181-97.
33. Magill RA, Anderson DI. Motor learning and control: Concepts and applications. 10th ed. New York: McGraw-Hill; 2014
34. Ferrel C, Bard C, Fleury M. Coordination in childhood: modifications of visuomotor representations in 6-to 11-year-old children. Experimental Brain Research. 2001;138(3):313-21.
35. Paus T, Zijdenbos A, Worsley K, Collins DL, Blumenthal J, Giedd JN, et al. Structural maturation of neural pathways in children and adolescents: in vivo study. Science. 1999;283(5409):1908-11.
36. Sporns O, Edelman GM. Solving Bernstein's problem: A proposal for the development of coordinated movement by selection. Child development. 1993;64(4):960-81.
37. Schmitz C, Martin N, Assaiante C. Building anticipatory postural adjustment during childhood: a kinematic and electromyographic analysis of unloading in children from 4 to 8 years of age. Experimental Brain Research. 2002;142(3):354-64.
38. Mason AH, Bruyn JL, Lazarus JA. Bimanual coordination in children: manipulation of object size. Exp Brain Res. 2010;201(4):797-807.
39. Mason AH, Bruyn JL, Lazarus J-AC. Bimanual coordination in children: manipulation of object distance. Experimental Brain Research. 2013;231(2):153-64.
40. Studenka BE, King AC, Newell KM. Differential time scales of change to learning frequency structures of isometric force tracking. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. 2014;40(4):1629-40.
41. Wenderoth N, Bock O. Learning of a New Bimanual Coordination Pattern Is Governed by Three Distinct Processes. Motor Control. 2001;5(1):23-35.