

Comparison of Nonlinear Dynamics of Stepping in Educable Girls with Intellectual Disabilities under Internal and External Attention Focus Instructions

Akhondzadeh M¹, Samadi H^{*2}, Ahar S³, Hajlotfalian M⁴

- 1- Msc in Motor Behavior, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Department of Physical Education and Sport Sciences, Yazd University, Yazd, Iran
- 2- Associate Professor of Motor Behavior, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Department of Physical Education and Sport Sciences, Yazd University, Yazd, Iran. Corresponding Author,
- 3- Assistant Professor of Motor Development, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Department of Physical Education and Sport Sciences, Yazd University, Yazd, Iran
- 4- Assistant Professor of Sports biomechanics, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Department of Physical Education and Sport Sciences, Yazd University, Yazd, Iran

Abstract

Received: 2025.04.26 Accepted: 2025.09.13

Purpose: Alterations in gait patterns and asymmetry in gait cycle parameters among individuals with intellectual disabilities increase the risk of falls, reduce motor efficiency, and also increase coordination variability. The aim of the study was to investigate the effect of different types of attentional focus on the coordination variability of lower body segments in educable girls with intellectual disabilities.

Methods: This applied, quasi-experimental study involved 23 girls aged 10–13 years with educable intellectual disabilities, selected through convenience sampling. Inertial sensors were attached to the pelvis, thigh, leg, and foot to assess gait kinematics under four attentional focus conditions: control (Ctrl), internal attention (IA), close external attention (CEA), and far external attention (FEA). Coordination variability (CV) was calculated using the angle-angle method between adjacent limb segments and the standard deviation index. Data were analyzed using repeated measures analysis of variance.

Results: No significant differences were observed in the CV of the Hip-Thigh segment across the attentional focus conditions (Ctrl: 32.05 ± 9.71 ; IA: 32.75 ± 8.60 ; CEA: 32.94 ± 8.70 ; FEA: 34.00 ± 6.10) ($p \geq 0.05$). However, the CV of the Thigh-Leg segment (Ctrl: 7.25 ± 1.33 ; IA: 7.37 ± 1.40 ; CEA: 7.43 ± 2.33 ; FEA: 7.80 ± 2.26) and the Leg-Ankle segment (Ctrl: 17.00 ± 2.90 ; IA: 17.45 ± 5.70 ; CEA: 18.73 ± 3.67 ; FEA: 19.31 ± 5.90) were significantly lower in the FEA condition compared to the IA condition ($p \leq 0.05$).

Conclusion: The findings suggest that adopting a far external focus of attention can effectively reduce coordination variability in lower body segments during gait in girls with intellectual disabilities.

Keywords: Coordination Variability, External Attention, Gait, Internal Attention, Intellectual Disability.

Corresponding Author: Hossein Samadi

Email: samadih@yazd.ac.ir

ORCID: [0000-0002-1073-3393](https://orcid.org/0000-0002-1073-3393)



Copyright © 2025 Mashhad University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

► Please cite this article as: Akhondzadeh, Samadi, Ahar, Hajlotfalian. Comparison of Nonlinear Dynamics of Stepping in Educable Girls with Intellectual Disabilities under Internal and External Attention Focus Instructions. JPSR 2025; 14(3): 54-66. DOI: 10.22038/JPSR.2025.87437.2694.

مقایسه دینامیک غیرخطی گامبرداری دختران کم توان ذهنی آموزش پذیر در شرایط دستورالعمل های تمرکز

توجه درونی و بیرونی

مآئده آخوندزاده^۱، حسین صمدی^{۲*}، سعید آهار^۳، مصطفی حاج لطفعلیان^۴

هدف: تغییر الگوی گامبرداری و عدم تقارن در چرخه پارامترهای گامبرداری افراد کم توان ذهنی ممکن است خطر افتادن را افزایش دهد، همچنین موجب کاهش بازدهی حرکت و افزایش تغییرپذیری هماهنگی گردد. هدف پژوهش، بررسی تأثیر انواع تمرکز توجه بر تغییرپذیری هماهنگی سگمنت های پایین تنه دختران کم توان ذهنی بود.

روش بررسی: مطالعه از نوع کاربردی و نیمه تجربی بود. جامعه آماری پژوهش را دختران ۱۳-۱۰ ساله کم توان ذهنی آموزش پذیر تشکیل دادند. ۲۳ آزمودنی به روش در دسترس برای شرکت در پژوهش انتخاب شدند. برای بررسی کینماتیک حرکت گامبرداری تحت چهار دستورالعمل توجهی (شرایط کنترل، توجه درونی، توجه بیرونی نزدیک و توجه بیرونی دور)، حسگرهای اندازه گیری اینرسی متصل به اندام های تحتانی (لگن، ران، ساق و پا) استفاده شد. برای محاسبه تغییرپذیری هماهنگی از روش زاویه-زاویه دو اندام مجاور مقادیر هماهنگی و شاخص انحراف استاندارد استفاده شد. داده ها با تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر تحلیل شد.

یافته ها: نتایج نشان داد بین میزان تغییرپذیری هماهنگی سگمنت لگن-ران حین گامبرداری در شرایط مختلف دستورالعمل توجهی (کنترل، $9/71 \pm 32/05$ ؛ درونی، $8/60 \pm 32/75$ ؛ بیرونی نزدیک، $8/70 \pm 32/94$ ؛ بیرونی دور، $6/10 \pm 34/00$) تفاوت معناداری وجود ندارد ($p \geq 0/05$)، با این حال تغییرپذیری هماهنگی سگمنت ران-ساق (کنترل، $7/25 \pm 1/33$ ؛ درونی، $7/37 \pm 1/40$ ؛ بیرونی نزدیک، $7/43 \pm 2/33$ ؛ بیرونی دور، $7/80 \pm 2/26$) و ساق-پا (کنترل، $2/90 \pm 17/00$ ؛ درونی، $5/70 \pm 17/45$ ؛ بیرونی نزدیک، $3/67 \pm 18/73$ ؛ بیرونی دور، $5/90 \pm 19/31$) در شرایط دستورالعمل توجه بیرونی دور کمتر از شرایط توجه درونی بود ($p \leq 0/05$).

نتیجه گیری: بر اساس نتایج، دستورالعمل های مبتنی بر توجه بیرونی دور می تواند در برنامه های توان بخشی دختران کم توان ذهنی آموزش پذیر مؤثر باشد و به بهبود تغییرپذیری در گامبرداری آن ها کمک کند.

کلمات کلیدی: کم توان ذهنی، توجه درونی، توجه بیرونی، تغییرپذیری هماهنگی، گامبرداری.

نویسنده مسئول: حسین صمدی، samadih@yazd.ac.ir، ORCID: 0000-0002-1073-3393

آدرس: دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، بخش علوم ورزشی دانشگاه یزد

- ۱- کارشناس ارشد رفتار حرکتی، بخش تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
- ۲- دانشیار رفتار حرکتی، بخش تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
- ۳- استادیار رفتار حرکتی، بخش تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
- ۴- استادیار بیومکانیک ورزش، بخش تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

مقدمه

کم توانی ذهنی یک اختلال رشدی عصبی است که با محدودیت های ذهنی و انطباقی همراه است (۱) و بر مهارت های شناختی و مهارت های حرکتی تأثیر می گذارد (۲). کارایی حرکتی در این افراد به دلیل عواملی مانند سستی مفاصل، کاهش تون عضلانی و ناهنجاری های مخچه پایین تر از حد طبیعی است (۳، ۴). همچنین این اختلال منجر به نقص در کنترل حرکتی، تنظیم وضعیت بدنی و

هماهنگی عضلانی می شود که مشکلاتی در راه رفتن و عملکرد روزمره ایجاد می کند (۷-۲).

راه رفتن یکی از فعالیت های مهم روزمره است که به تعاملات بین مفصلی، هماهنگی عضلانی و پردازش حسی- حرکتی وابسته بوده (۸) و در افراد کم توان ذهنی با تغییراتی مانند کاهش سرعت راه رفتن، افزایش زمان فاز اتکا و نوسانات بیشتر مرکز جرم بدن همراه است. این تغییرات در الگوی گامبرداری منجر به افزایش تغییرپذیری

حرکت می‌گردد (۲۸). همچنین بر اساس فرضیه اثر عمل، توجه بیرونی، درجات آزادی درگیر در حرکت را به صورت طبیعی‌تر کنترل می‌نماید تا به نتیجه دلخواه دست یابد. در همین راستا Masters & Maxwell بر اساس فرضیه پردازش آشکار استدلال کردند کانون توجه درونی علاوه بر اطلاعات درونی، اطلاعات برجسته بیرونی را نیز پردازش می‌کند و در نتیجه این کانون بار بیشتری را بر منابع توجهی یا حافظه کاری اعمال نموده و سبب ضعیف شدن عملکرد می‌گردد. به علاوه بر اساس نظریه ایده حرکتی جیمز، اثرات حرکت و توجه بیرونی به طور موثری بازنمایی پایداری را برای اجرای مهارت ایجاد می‌کند (۶).

با توجه به الگوهای حرکتی منحصر به فرد افراد کم‌توان ذهنی، توان‌بخشی و آموزش اصولی جهت دستیابی به راه-حل‌هایی برای مقابله با مشکلات این افراد دارای اهمیت است. از آن‌جاکه راه رفتن نقش حیاتی در زندگی روزمره و استقلال این افراد دارد، بررسی تأثیر تمرکز توجه به عنوان یک راهبرد شناختی می‌تواند نقش مهمی در بهبود عملکرد حرکتی و اصلاح الگوی راه رفتن افراد کم‌توان ذهنی ایفا کند. با وجود پژوهش‌هایی در زمینه تمرکز توجه، بیشتر این مطالعات بر افراد سالم یا بزرگسالان متمرکز بوده است و با توجه به این که استفاده از روش‌های دینامیک غیرخطی برای تحلیل تغییرپذیری هماهنگی در شرایط تمرکز توجه درونی و بیرونی (دور و نزدیک) می‌تواند درک بهتری از الگوهای حرکتی و استراتژی‌های کنترلی افراد کم‌توان ذهنی فراهم کند؛ پژوهش حاضر، با هدف پر کردن شکاف پژوهشی به بررسی نوع و فاصله کانون توجه بر تغییرپذیری گام‌برداری دانش‌آموزان کم‌توان ذهنی پرداخته است. نتایج این پژوهش، اطلاعات کاربردی برای مربیان، کاردانانگران و خانواده‌ها فراهم کرده و به‌طور مستقیم به بهبود عملکرد حرکتی و ارتقاء کیفیت زندگی این افراد کمک می‌کند.

روش بررسی

جامعه آماری پژوهش را دانش‌آموزان کم‌توان ذهنی آموزش‌پذیر تشکیل دادند که در سال ۱۴۰۳-۱۴۰۴ در حال تحصیل بودند. حجم نمونه با استفاده از نرم افزار G*Power نسخه ۳.۱ بر اساس آلفای ۰/۰۵، توان ۰/۸۰ و اندازه اثر ۰/۲۵ تعیین شد (۲۹). تعداد ۲۳ دانش آموز کم‌توان ذهنی آموزش‌پذیر ۱۰ الی ۱۳ ساله شهرستان یزد (سن: ۱۱/۵ سال، قد: ۱۳۹/۸۸±۹/۴۲ سانتی متر و وزن:

حرکتی، ناپایداری، افزایش خطر افتادن و کاهش بازدهی حرکتی می‌شود. در این گروه از افراد عدم تقارن درچرخه پارامترهای گام‌برداری سبب افزایش انرژی مصرفی و همچنین موجب افزایش تغییرپذیری هماهنگی می‌گردد (۹). تغییرپذیری هماهنگی (Coordination Variability; CV) به نوسانات طبیعی در الگوهای حرکتی اشاره دارد و نقش مهمی در سازگاری با قیود محیطی و تکلیف و پایداری وضعیتی ایفا می‌کند (۱۱، ۱۰). این شاخص نقش کلیدی در کیفیت حرکت دارد و علاوه بر انعطاف پذیری سیستم حرکتی و سازگاری با شرایط جدید، می‌تواند اطلاعاتی درباره کنترل حرکتی و الگوهای حرکتی بهینه ارائه دهد (۱۱، ۱۰). همچنین، از فاکتور تغییرپذیری راه رفتن برای ارزیابی بی‌ثباتی و پیش‌بینی خطر زمین خوردن استفاده می‌شود که اهمیت آن را در ارزیابی‌های سلامت برجسته می‌کند (۱۳، ۱۲). روش‌های غیرخطی با ارزیابی یکپارچه سیستم‌ها، درک بهتری از ویژگی‌های سیستم حرکتی و پیچیدگی حرکات ارائه می‌دهند و برای بررسی تغییرپذیری و پایداری سیستم‌های بیولوژیکی مناسب‌تر هستند (۱۴).

پژوهشگران و مربیان سال‌هاست به دنبال شناسایی عوامل تأثیرگذار بر یادگیری و اجرای مهارت‌های حرکتی هستند (۱۶، ۱۵). تمرکز توجه، یکی از مؤلفه‌های موثر بر یادگیری و اجرای حرکات است. پژوهش‌های بسیاری مزایای توجه بیرونی را در انجام مهارت‌های مختلفی مانند پرتاب دارت (۱۷)، ضربه به توپ تنیس (۱۸)، بولینگ (۱۹)، پریدن (۲۰) و ضربه به توپ گلف (۲۱) نشان داده‌اند. با این حال، برخی مطالعات نتایج متفاوتی درباره تأثیر تمرکز توجه درونی و بیرونی گزارش کرده‌اند (۲۲-۲۴). علاوه بر این، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که عواملی مانند فاصله کانون توجه نیز بر عملکرد حرکتی تأثیرگذار است. فرضیه‌های متعددی از جمله فرضیه کدگذاری مشترک پرینز (۱۹۹۰، ۱۹۹۷) (۲۵)، فرضیه عمل محدود شده ولف (۲۰۰۱، ۲۰۰۳) (۲۳) و فرضیه پردازش آشکار مکسول (۲۰۰۲، ۲۰۰۶) (۲۶)، برتری تمرکز بیرونی را نسبت به درونی در بهبود عملکرد و یادگیری مهارت‌ها تایید می‌کنند (۲۷). براساس فرضیه عمل محدود شده، تلاش برای کنترل آگاهانه حرکت به شکل شرایط تمرکز توجه درونی نیاز فراگیر را به درگیری مراکز بالاتر عصبی برای کنترل اندام کاهش داده و مانع از فرایندهای خودکار جهت کنترل

۴۰/۲۱±۱۴/۲۲ کیلوگرم) به صورت نمونه گیری در دسترس انتخاب و در مطالعه شرکت کردند. معیارهای ورود مطالعه شامل دارا بودن محدوده سنی مورد نظر، داشتن معلولیت کم توان ذهنی آموزش پذیر، نداشتن مشکلات بینایی و شنوایی، اطمینان از درک صحیح دستورالعمل، اعلام رضایت برای شرکت در پژوهش، توانایی راه رفتن بدون کمک، نداشتن سابقه بیماری زمینه ای و مصرف داروی خاص و معیارهای خروج عدم همکاری در انجام هر مرحله از پژوهش بود.

روش بررسی

پس از آشنایی شرکت کنندگان با طرح پژوهش، تکمیل فرم رضایت نامه شرکت در آزمون توسط اولیای دانش آموزان و آموزش نحوه راه رفتن در شرایط متفاوت، تعداد هفت عدد سنسورهای اندازه گیری اینرسی (IMU) (نوراکسون- آمریکا) به پایین تنه آزمودنی متصل شد. استخوان ساکروم، آنتریور و دیستال ران راست و چپ، آنتریور درشتنی راست و چپ و ناویکولار راست و چپ، محل اتصال سنسورها برای استخراج اطلاعات حرکتی پایین تنه بود. این سنسورها مجهز به شتاب سنج، ژيروسکوپ و قطب نما بودند و اطلاعات ترکیب شده را با فرکانس ۴۰۰ هرتز و رزولوشن ۱۶ بیت، به صورت وایرلس منتقل می کردند. معیارهای اعتبارسنجی نشان داد که این سنسورها تطابق متوسط تا خوبی در سنجش سینماتیک حرکت با سیستم های اپتوالکتریک دارند معیارهای اعتبارسنجی نشان داد که این سنسورها تطابق متوسط تا خوبی در سنجش سینماتیک حرکت با سیستم های اپتوالکتریک دارند معیارهای اعتبارسنجی نشان داد که این سنسورها تطابق متوسط تا خوبی در سنجش سینماتیک حرکت با سیستم های اپتوالکتریک دارند (۳۰). برای ثبت اطلاعات راه رفتن افراد، مسیری ۱۰ متری با عرض دو متر مشخص شد. آزمودنی ها می بایست به صورت ایستادن آناتومیکی و بدون هیچ تحرکی پشت خط شروع می ایستادند و با فرمان "حرکت"، مسیر ۱۰ متری را تحت چهار شرایط شامل (۱) کنترل (بدون دستورالعمل)، (۲) استراتژی توجه درونی (تمرکز بر حرکات بدن)، (۳) استراتژی توجه بیرونی نزدیک (تمرکز بر نقاط نزدیک انگشتان پا) و (۴) استراتژی توجه بیرونی دور (تمرکز بر

هدف دور) با ترتیب متوازن شده (کانتربالانس) طی کرده (۶) و از خط پایان عبور می کردند. در مجموع اطلاعات سه تکرار از هر دستورالعمل ثبت گردید (شکل ۱). برای پردازش اطلاعات کینماتیکی، ابتدا اطلاعات خام سنسور IMU (شتاب سنج، ژيروسکوپ و قطب نما) با استفاده از نرم افزار myomotion با فرمت csv استخراج شد. از وبسایت C3dtools.com به منظور فیلتر کردن داده های IMU و تبدیل آن به مختصات کواترنیون استفاده شد (۳۱). سپس با استفاده از کدی شخصی سازی شده در نرم افزار متلب ورژن ۲۰۲۱b، فرآیند اینورس کینماتیک و تبدیل مختصات کواترنیون به زوایای سگمنت ها انجام و در نهایت زوایای مفاصل به صورت درصدی از سیکل گیت استخراج شد. قابل ذکر است که از اطلاعات خام شتاب سنج و ژيروسکوپ متصل به ناویکولار راست و چپ، برای تشخیص زمان آغاز و پایان هر سیکل استفاده شد. حداقل پنج سیکل متوالی از راه رفتن آزمودنی ها در هر کار آزمایی انتخاب و برای محاسبه تغییر پذیری هماهنگی مورد استفاده قرار گرفت (۳۲). برای محاسبه تغییر پذیری هماهنگی، ابتدا می بایست شاخص هماهنگی محاسبه شود. برای این منظور ابتدا فضای حالت با منحنی زاویه- زاویه دو درجه آزادی دو سگمنت مجاور تشکیل شد. در مجموع سه نمودار زاویه- زاویه در صفحه ساجیتال شامل لگن-ران، ران-ساق و ساق-پا ایجاد شد (۳۳) (شکل ۲).

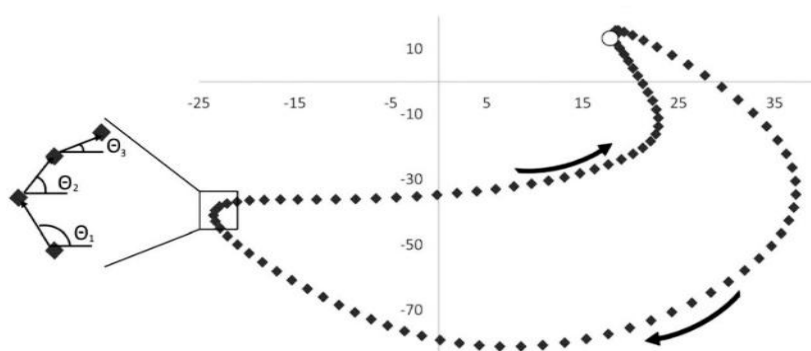
زاویه کوپلینگ از طریق محاسبه زاویه بین بردار حاصل از دو نقطه و راستای افق به دست آمد (۳۳) (رابطه ۱).

$$\theta_{i,j} = \tan^{-1} \left[\frac{y_{i,j+1} - y_{i,j}}{x_{i,j+1} - x_{i,j}} \right] \quad \text{رابطه ۱:}$$

در این رابطه y مختصات راستای عمودی و x مختصات راستای افقی بردار اتصال دهنده ی دو نقطه مجاور حاصل از نمودار زاویه- زاویه است و i و j شماره اند این رابطه هستند. زاویه کوپلینگ به دست آمده در یکی از چهار دسته این فاز، آنتی فاز، دیستال فاز و پروگزیمال فاز جای گرفت. الگوی هماهنگی به دست آمده از این طریق نشان می دهد که مسیر چرخش دو اندام مجاور در صفحه مدنظر نسبت به هم چگونه است. اگر هماهنگی دو اندام در وضعیت این فاز باشد، بدان معنی است که دو اندام مجاور به صورت



شکل ۱: راه رفتن دانش‌آموزان کم‌توان



شکل ۲: طریقه محاسبه زاویه کوپلینگ از نمودار زاویه-زاویه دو اندام مجاور

یافته ها

میانگین و انحراف معیار نمرات تغییرپذیری هماهنگی در سگمنت لگن-ران، ران-ساق و ساق-پا حین گامبرداری در شرایط ۱- گامبرداری بدون دستورالعمل توجهی (کنترل)، ۲- گامبرداری با دستورالعمل توجه درونی، ۳- گامبرداری با دستورالعمل توجه بیرونی نزدیک و ۴- گام-برداری با دستورالعمل توجه بیرونی دور در نمودارهای ۱ تا ۳ آورده شده است.

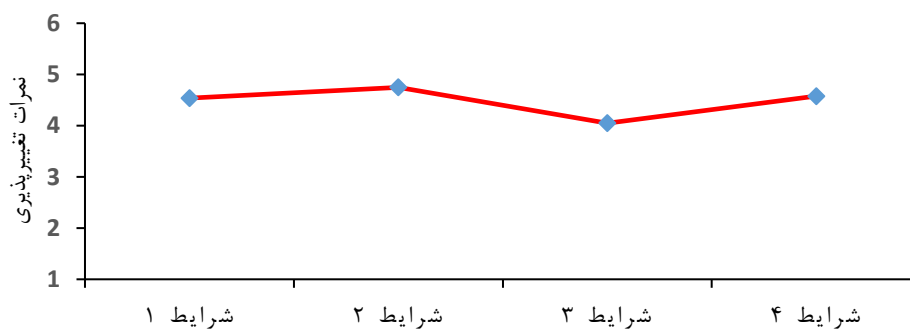
جهت تحلیل داده‌ها ابتدا طبیعی بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد و نتایج حاکی از طبیعی بودن توزیع داده‌ها بود (جدول ۱). نتایج آزمون موخلی نیز برای بررسی تساوی ماتریس کوواریانس‌های درون گروهی حاکی از عدم تخطی از پیش فرض‌ها بود در ادامه مقادیر تغییرپذیری سگمنت لگن-ران در تکلیف گام-برداری حین شرایط مختلف دستورالعمل توجهی از آزمون آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (جدول ۲) آزمون شد.

همان طور که نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در خصوص متغیر تغییرپذیری سگمنت لگن-ران در جدول ۲ نشان می‌دهد، بین نمرات تغییرپذیری سگمنت لگن-ران حین گامبرداری در شرایط مختلف دستورالعمل

همزمان و در یک جهت (جهت عقربه ساعت یا خلاف آن) حرکت می‌کنند. آنتی فاز مشابه این فاز است با این تفاوت که جهت حرکت دو اندام مجاور بر خلاف یکدیگر است. دیستال فاز و پروگزیمال فاز بیانگر وضعیتی هستند که به ترتیب اندام نزدیک به تنه و دور از تنه به تنهایی در حال دوران باشد. نتایج این مطالعه درصدهای هر سیکل گیت را بر مبنای این فاز، آنتی فاز، دیستال و پروگزیمال فاز تقسیم‌بندی می‌کند. در نهایت برای محاسبه تغییرپذیری هماهنگی، انحراف استاندارد مقادیر هماهنگی هر فاز در پنج سیکل مورد بررسی، محاسبه شد.

در این پژوهش از شاخص‌های آمار توصیفی برای محاسبه شاخص‌های مرکزی، ترسیم نمودار و جدول استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk) استفاده شد. همچنین از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری (Repeated Measures ANOVA) و آزمون تعقیبی بونفرونی (Bonferroni) برای مقایسه شرایط مختلف استفاده گردید. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ پردازش و تجزیه و تحلیل شدند. همچنین سطح ۰/۰۵ در این پژوهش برای تأیید معنی‌داری فرضیه صفر در نظر گرفته شد.

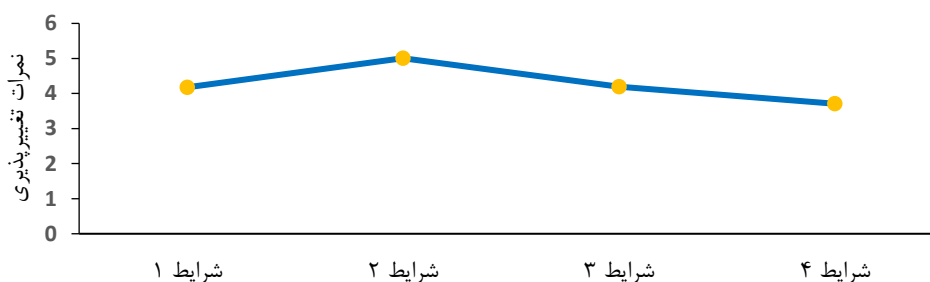
میزان تغییرپذیری هماهنگی لگن- ران



شرایط ۱- گام برداری بدون دستورالعمل توجهی، ۲- گام برداری با دستورالعمل توجه درونی، ۳- گام برداری با دستورالعمل توجه بیرونی نزدیک و ۴- گام برداری با دستورالعمل توجه بیرونی دور

نمودار ۱: میانگین نمرات تغییرپذیری هماهنگی سگمنت لگن- ران آزمودنی‌ها در شرایط مختلف

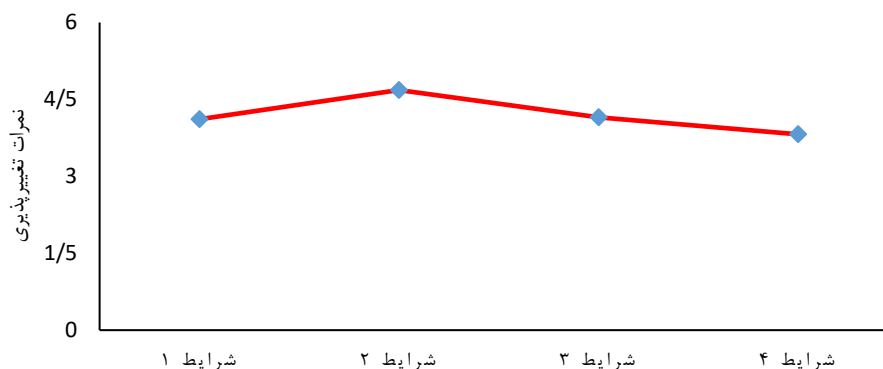
میزان تغییرپذیری هماهنگی ران-ساق



شرایط ۱- گام برداری بدون دستورالعمل توجهی، ۲- گام برداری با دستورالعمل توجه درونی، ۳- گام برداری با دستورالعمل توجه بیرونی نزدیک و ۴- گام برداری با دستورالعمل توجه بیرونی دور

نمودار ۲: میانگین نمرات تغییرپذیری هماهنگی سگمنت ران- ساق آزمودنی‌ها در شرایط مختلف

میزان تغییرپذیری هماهنگی ساق- پا



شرایط ۱- گام برداری بدون دستورالعمل توجهی، ۲- گام برداری با دستورالعمل توجه درونی، ۳- گام برداری با دستورالعمل توجه بیرونی نزدیک و ۴- گام برداری با دستورالعمل توجه بیرونی دور

نمودار ۳: میانگین نمرات تغییرپذیری هماهنگی سگمنت ساق- پا آزمودنی‌ها در شرایط مختلف

جدول ۱: نتایج آزمون شاپیرو ویلک جهت بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها

متغیر	شرایط	آماره	درجه آزادی	p - مقدار
تغییرپذیری هماهنگی مفاصل لگن- ران حین گام‌برداری	بدون دستورالعمل توجهی	۰/۹۶	۲۳	۰/۴۸
	با دستورالعمل توجه درونی	۰/۹۶	۲۳	۰/۵۳
	با دستورالعمل توجه بیرونی نزدیک	۰/۹۵	۲۳	۰/۳۱
	دستورالعمل توجه بیرونی دور	۰/۹۲	۲۳	۰/۰۸
تغییرپذیری هماهنگی مفاصل ران-ساق حین گام‌برداری	بدون دستورالعمل توجهی	۰/۹۷	۲۳	۰/۷۰
	با دستورالعمل توجه درونی	۰/۹۵	۲۳	۰/۳۶
	با دستورالعمل توجه بیرونی نزدیک	۰/۹۸	۲۳	۰/۹۴
	دستورالعمل توجه بیرونی دور	۰/۹۴	۲۳	۰/۲۱
تغییرپذیری هماهنگی مفاصل ساق- پا حین گام‌برداری	بدون دستورالعمل توجهی	۰/۹۳	۲۳	۰/۱۰
	با دستورالعمل توجه درونی	۰/۹۲	۲۳	۰/۰۸
	با دستورالعمل توجه بیرونی نزدیک	۰/۹۳	۲۳	۰/۱۱
	دستورالعمل توجه بیرونی دور	۰/۹۵	۲۳	۰/۳۶

جدول ۲: نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در خصوص متغیر تغییرپذیری سگمنت لگن- ران

منبع تغییرات	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	آماره آزمون	p- مقدار	مجزوراتا
زمان	۶/۲۳	۳	۲/۱۰	۲/۳۰	۰/۰۸	۰/۰۹
خطا	۵۹/۶۲	۶۶	۰/۹۰	-	-	-

توجهی تفاوت معناداری وجود ندارد.

همچنین برای بررسی تفاوت مقادیر تغییرپذیری سگمنت ران-ساق در تکلیف گام‌برداری حین شرایط مختلف دستورالعمل توجهی از آزمون آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد (جدول ۳). با توجه به نتایج جدول ۳ بین نمرات تغییرپذیری سگمنت ران-ساق حین گام‌برداری با دستورالعمل توجهی مختلف تفاوت معناداری مشاهده شد. بنابراین به منظور بررسی تفاوت بین شرایط، از مقایسه‌های دوگانه استفاده شد. نتایج در جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به نتایج جدول ۴ بین نمرات تغییرپذیری هماهنگی سگمنت ران-ساق حین گام‌برداری با دستورالعمل توجه درونی و بیرونی دور تفاوت معناداری وجود دارد. طبق نتایج، تغییرپذیری هماهنگی سگمنت ران-ساق در شرایط دستورالعمل توجه بیرونی دور کمتر از تغییرپذیری هماهنگی در شرایط توجه درونی است. باین حال بین سایر شرایط تفاوت معناداری دیده نشد. همچنین برای بررسی تفاوت مقادیر تغییرپذیری سگمنت ساق- پا در تکلیف گام‌برداری حین شرایط مختلف دستورالعمل توجهی از آزمون آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (جدول ۵) استفاده شد. با توجه به نتایج جدول ۵ بین نمرات تغییرپذیری هماهنگی سگمنت ساق-

پای آزمودنی‌ها حین گام‌برداری با دستورالعمل توجه درونی و بیرونی دور تفاوت معناداری وجود دارد، به طوری که تغییرپذیری هماهنگی سگمنت ساق-پا در شرایط دستورالعمل توجه بیرونی دور کمتر از تغییرپذیری هماهنگی در شرایط توجه درونی است. بنابراین به منظور بررسی این که بین کدام شرایط ارائه دستورالعمل توجه تفاوت معنادار است، از مقایسه‌های دوگانه استفاده شد. نتایج آزمون در جدول ۶ آمده است. با توجه به نتایج جدول ۶ بین نمرات تغییرپذیری هماهنگی سگمنت ساق-پا حین گام‌برداری با دستورالعمل توجه درونی و دستورالعمل توجه بیرونی دور تفاوت معناداری وجود دارد. طبق نتایج، تغییرپذیری هماهنگی سگمنت ساق-پا در شرایط دستورالعمل توجه بیرونی دور کمتر از تغییرپذیری هماهنگی در شرایط توجه درونی است. با این حال بین سایر شرایط تفاوت معناداری مشاهده نگردید.

بحث و نتیجه گیری

هدف پژوهش، بررسی تأثیر تمرکز توجه درونی و بیرونی بر تغییرپذیری هماهنگی گام‌برداری در دختران کم‌توان-ذهنی بود. نتایج نشان داد که بین شرایط مختلف دستورالعمل توجه بر تغییرپذیری سگمنت لگن-ران

جدول ۳: نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در خصوص متغیر تغییرپذیری هماهنگی سگمنت ران- ساق

منبع تغییرات	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	آماره آزمون P	مقدار مجزورات
زمان	۲۰/۰۶	۳	۶/۷۰	۴/۵۲	۰/۰۰۶*
خطا	۹۷/۷۱	۶۶	۱/۵۰	-	-

* سطح معناداری $p < 0.05$

جدول ۴: نتایج مقایسه‌های دوگانه در مورد تغییرپذیری هماهنگی سگمنت ران- ساق در شرایط دستورالعمل توجهی مختلف

شرایط	شرایط	تفاوت میانگین	خطای استاندارد	P- مقدار
بدون دستورالعمل توجهی	با دستورالعمل توجه درونی	-۰/۸۳	۰/۳۶	۰/۱۷
	با دستورالعمل توجه بیرونی نزدیک	-۰/۰۱	۰/۳۵	۰/۹۹
	دستورالعمل توجه بیرونی دور	۰/۴۷	۰/۳۱	۰/۸۶
با دستورالعمل توجه درونی	با دستورالعمل توجه بیرونی نزدیک	۰/۸۱	۰/۴۰	۰/۳۳
	دستورالعمل توجه بیرونی دور	۱/۳۰	۰/۴۲	۰/۰۳*
با دستورالعمل توجه بیرونی نزدیک	دستورالعمل توجه بیرونی دور	۰/۴۸	۰/۲۹	۰/۶۷

* سطح معناداری $p < 0.05$

جدول ۵: نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در خصوص متغیر تغییرپذیری هماهنگی سگمنت ساق- پا

منبع تغییرات	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	آماره آزمون P	مقدار مجزورات
زمان	۸/۹۰	۳	۲/۹۶	۳/۵۴	۰/۰۲*
خطا	۵۵/۲۹	۶۶	۰/۸۴	-	-

* سطح معناداری $p < 0.05$

جدول ۶: نتایج مقایسه‌های دوگانه در مورد تغییرپذیری هماهنگی سگمنت ساق- پا در شرایط دستورالعمل توجهی مختلف

شرایط	شرایط	تفاوت میانگین	خطای استاندارد	P- مقدار
بدون دستورالعمل توجهی	با دستورالعمل توجه درونی	-۰/۵۶	۰/۲۸	۰/۰۶
	با دستورالعمل توجه بیرونی نزدیک	-۰/۰۴	۰/۲۱	۰/۸۵
	دستورالعمل توجه بیرونی دور	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۲۸
با دستورالعمل توجه درونی	با دستورالعمل توجه بیرونی نزدیک	۰/۵۲	۰/۳۰	۰/۰۹
	دستورالعمل توجه بیرونی دور	۰/۸۶	۰/۳۲	۰/۰۱*
با دستورالعمل توجه بیرونی نزدیک	دستورالعمل توجه بیرونی دور	۰/۳۳	۰/۲۲	۰/۱۵

* سطح معناداری $p < 0.05$

رفتن نشانه ای از کاهش کنترل حرکت است (۳۴). مطالعات متعددی نشان داده‌اند که نوع تمرکز توجه تأثیر به‌سزایی بر عملکرد و یادگیری مهارت‌های حرکتی دارد. پژوهش‌ها حاکی از آن هستند که توجه به پیامدهای حرکت (تمرکز بیرونی) نسبت به تمرکز بر نحوه اجرای حرکت (تمرکز درونی) منجر به بهبود عملکرد حرکتی، بهینه‌سازی درجات آزادی و هماهنگی جبرانی اعضای بدن در حین اجرای مهارت (۳۵)، افزایش خودکارسازی حرکت و بهینه‌سازی هماهنگی گام برداری می‌شود (۱۰). به نظر

تفاوتی وجود ندارد، اما در سگمنت‌های ران- ساق و ساق- پا تفاوت‌های معناداری مشاهده شد. به عبارت دیگر، تمرکز توجه بیرونی (دور) در سگمنت‌های پایین‌تر (ران- ساق و ساق- پا) تأثیر بیشتری نسبت به سگمنت‌های مرکزی‌تر (لگن- ران) داشت. در نهایت، تمرکز بیرونی در مقایسه با تمرکز درونی باعث کاهش تغییرپذیری هماهنگی در این سگمنت‌ها شد. علیرغم این واقعیت که مکانیسم‌های تنظیم‌کننده تغییرپذیری راه رفتن به طور کامل درک نشده‌اند، پذیرفته شده است که افزایش تغییرپذیری راه

عملکرد تعادلی ضعیف‌تر و فعالیت آلفای EEG نسبتاً بیشتر در نواحی بینایی و حسی-حرکتی می‌شود. جالب توجه است که Sherman و همکاران (۴۲) همچنین دریافتند که وضعیت تمرکز توجه درونی، فعالیت تتا بخش فرونتال (به عنوان شاخصی از کنترل توجه ارادی از بالا به پایین) را در مقایسه با تمرکز توجه بیرونی کاهش می‌دهد. روی هم رفته، این یافته‌ها نشان می‌دهد که تمرکز توجه درونی، تشخیص و اصلاح اطلاعات حسی-پیکری و بینایی را به گونه‌ای مختل می‌کند که کنترل مؤثر بینایی-حرکتی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۴۲).

با توجه به این که طبق مطالعات صورت گرفته، پژوهشی به‌طور خاص در مورد اثر کانون توجه بر تغییرپذیری گام‌برداری افراد کم‌توان ذهنی یافت نشد، به نتایج مطالعاتی که اثر انواع کانون توجه بر متغیرهای مشابه را بررسی کرده‌اند، استناد می‌شود. شهریار و همکاران در پژوهشی نشان دادند برای بهبود مهارت‌های تعادلی در کودکان کم‌توان ذهنی از دستورالعمل‌های توجه بیرونی دور استفاده شود (۴۴). Chiviacowsky و همکاران (۴۵)، نیز بیان کردند تمرکز بیرونی در مقایسه با تمرکز درونی می‌تواند یادگیری حرکتی را در کودکان دارای ناتوانی فکری بهبود بخشد (۴۵). Vidal و همکاران (۳۶)، در پژوهش خود هماهنگی بهینه‌تر و تغییرپذیری کمتر سگمنت اندام تحتانی بزرگسالان در تکلیف پرش جفت در شرایط تمرکز بیرونی را نشان دادند (۳۹). همچنین در پژوهشی Mc Nevin و همکاران (۴۶) نشان دادند افزایش فاصله بین بدن و اثر بیرونی ایجاد شده به وسیله حرکات بدن ممکن است به مقدار بیشتری مزایای یادگیری توسط کانون بیرونی را افزایش دهد. این پژوهشگران عنوان کردند تمرکز بر اثراتی که در فاصله دورتر از بدن رخ می‌دهد، می‌تواند مفیدتر باشد، چرا که آن‌ها نسبت به اثراتی که به بدن نزدیک هستند، به سادگی از بدن قابل تشخیص هستند. یافته‌ها با مفاهیم یادگیری حرکتی آشکار و پنهان Masters & Maxwell (۴۷) نیز همخوانی دارد. بر اساس این مفاهیم، افرادی که توجه خود را به صورت بیرونی معطوف می‌کنند، تنها یک منبع از اطلاعات را پردازش می‌کنند، اما در توجه درونی، علاوه بر پردازش اطلاعات درونی، اطلاعات بیرونی نیز پردازش می‌شوند. این امر می‌تواند بر عملکرد و یادگیری افراد تأثیر بگذارد.

علیرغم این که برخی پژوهش‌ها برتری توجه بیرونی نسبت به درونی را نشان داده‌اند، همچنان برخی تفاوت‌ها درباره

می‌رسد این مکانیسم از طریق فعال‌سازی کنترل خودکار، کاهش دخالت آگاهانه و نیازهای توجهی (۲۳) و بهبود یکپارچگی حسی-حرکتی (۳۶)، افزایش بهره‌وری از مسیرهای حسی-حرکتی و کاهش آشوب در سیستم کنترلی موثر است (۳۷، ۳۸). این نتایج با فرضیه عمل محدود شده Wulf همراستا است که بیان می‌کند هدایت توجه به اثرات حرکت، به دلیل کاهش درگیری مراکز بالاتر عصبی برای کنترل اندام، اعمال بار کمتر بر منابع توجهی یا حافظه کاری، افزایش پردازش خودکار و استفاده از حلقه‌های بازخورد سریع انعکاسی به بهبود یادگیری و اجرای مهارت‌های حرکتی کمک می‌کند (۲۸، ۳۹، ۴۰). همچنین، اصل ایده حرکت James و نظریه کدگذاری مشترک Prinz نیز این یافته‌ها را تأیید می‌کنند و نشان می‌دهند که تمرکز بر اثرات حرکت، پردازش اطلاعات حرکتی را بهینه ساخته و هماهنگی حرکتی را بهبود می‌بخشد (۴۱). در مقابل، تمرکز بر بدن و خود حرکات (کانون توجه درونی) منجر به کنترل ارادی آن‌ها شده و در نتیجه، فرآیندهای خودکار کنترل عصبی را محدود می‌کند (۲۸، ۴۲). همچنین پژوهشگران عنوان کرده‌اند اتخاذ کانون توجه بیرونی نسبت به کانون توجه درونی، منجر به کاهش هم‌انقباضی عضلانی و فعالیت الکتریکی عضلات درگیر در فعالیت می‌گردد که به نوبه خود، موجب بهبود اقتصاد حرکت می‌شود، در حالی که توجه درونی منجر به افزایش تکانه‌ها در سیستم حرکتی (افزایش فعالیت عضلانی) و محدودیت در پردازش‌های کنترل خودکار و ناهوشیار می‌گردد (۴۱، ۴۰).

علیرغم مطرح شدن چندین فرضیه در مورد کانون توجه، پژوهش‌هایی بسیار کمی در مورد چگونگی توضیح اثرات تمرکز در سطح قشر مغز وجود دارد. Part و همکاران (۴۱) در طی یک تکلیف انقباض ایزومتریک نشان دادند اتخاذ تمرکز درونی فعالیت آلفای EEG را در نواحی خلفی مغز در مقایسه با زمانی که اطلاعات بصری مرتبط با تکلیف در دسترس است (تمرکز بیرونی)، افزایش می‌دهد. آن‌ها عنوان کردند با توجه به این که افزایش فعالیت آلفای EEG نشان دهنده مهار منطقه‌ای در قشر مغز است، تمرکز درونی ممکن است به خاطر درگیری هوشیارانه، از جریان ورودی بصری جلوگیری کند (۴۳). همچنین Sherman و همکاران (۴۲) دریافتند که تمرکز بر موقعیت زاویه زانو (تمرکز توجه درونی) در مقایسه با تمرکز بر موقعیت لیزر که به سمت یک هدف نشانه گرفته شده است (تمرکز توجه بیرونی)، منجر به

پژوهش حاضر و پژوهش‌های مشابه این است که دستورالعمل‌ها باید توجه افراد را به دور از حرکات بدن و به طرف اثرات حرکت (کانون توجه بیرونی) را برای افراد الفا کند تا اثربخشی و کارآمدی بیشتری در مقایسه با شرایط دستورالعمل درونی ایجاد کند.

علیرغم نقاط قوت، پژوهش حاضر دارای محدودیت‌هایی بود. با توجه به روش نمونه‌گیری در دسترس و این که آزمودنی‌ها صرفاً شامل دختران کم‌توان ذهنی ۱۰ تا ۱۳ ساله بودند، در تعمیم نتایج به سایر گروه‌ها باید احتیاط صورت گیرد. کنترل میزان انگیزه و تغذیه و ... نیز خارج از کنترل پژوهشگران بود. همچنین جهت درک بهتر توصیه می‌شود پژوهش حاضر بر روی سایر گروه‌های سنی و روی سایر مهارت‌ها و شاخص‌های دیگر کنتیکی و کینماتیکی مورد بررسی قرار گیرد. همچنین مقایسه عملکرد گام‌برداری افراد کم‌توان ذهنی با سایر گروه‌ها مانند افراد عادی و با دیگر اختلالات رشدی، می‌تواند به درک بهتر تفاوت‌ها و شباهت‌ها کمک کند.

نتایج نشان داد که تمرکز بر توجه بیرونی دور در مقایسه با توجه درونی، موجب بهبود تغییرپذیری هماهنگی الگوی راه رفتن دختران کم‌توان ذهنی آموزش‌پذیر می‌گردد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که دستورالعمل‌های مبتنی بر توجه بیرونی دور می‌تواند در برنامه‌های توان‌بخشی و آموزشی این افراد مؤثر بوده و به بهبود تغییرپذیری هماهنگی گام‌برداری آن‌ها کمک کنند.

سپاسگزاری

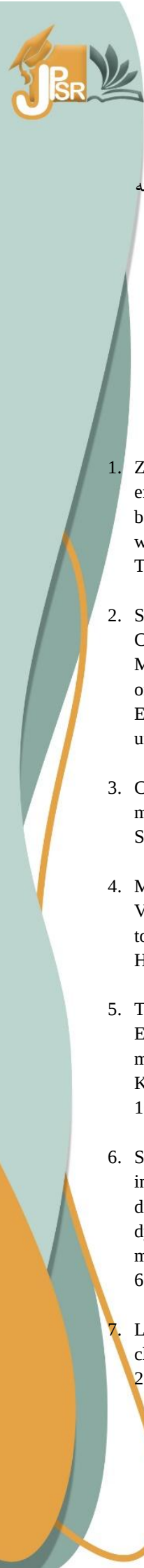
این مقاله حاصل پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد نویسنده اول مقاله در دانشگاه یزد است. بدین وسیله از کلیه شرکت کنندگان که در انجام پژوهش حاضر همکاری داشته‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد. طرح مذکور پس از ارزیابی‌های اولیه و نگارش پروپوزال، در کمیسیون پژوهشی دانشگاه یزد با شناسه اخلاق IR.YAZD.REC.1403. 116 مورد تأیید قرار گرفته است.

نقش نویسندگان

مأذده آخوندزاده: تنظیم پروپوزال و جمع‌آوری داده‌ها، مشارکت در تدوین بخش‌های مختلف مقاله.
حسین صمدی (پژوهشگر اصلی): مسئول مکاتبات، ایده و طراحی مطالعه، نظارت بر حسن اجرای پروژه، مشارکت در

برتری کانون توجه و اختلاف‌نظرها درباره مکانیسم‌های دقیق آن وجود دارد. برای مثال زارعی و همکاران، به بررسی اثر انواع دستورالعمل‌های کانون توجه (درونی و بیرونی) بر یادگیری مهارت چرخ و فلک ژیمناستیک پرداختند. نتایج نشان داد که هر دو گروه پیشرفت معناداری در یادگیری داشتند، اما تفاوت معناداری بین گروه‌ها در آزمون انتقال مشاهده نشد (۴۸). همچنین برخی پژوهشگران عنوان می‌کنند که در برخی تکالیف پیچیده و دشوار، افزایش تغییرپذیری ممکن است منعکس‌کننده جست‌وجوی تطابق بهتر توسط سیستم عصبی باشد (۴۹) و کاهش تغییرپذیری نشان‌دهنده محدودیت سیستم حرکتی است، زیرا اجزای حرکت قادر به جبران/اصلاح مناسب یکدیگر برای دستیابی موفقیت‌آمیز به هدف تکلیف نیستند (۴۰). به علاوه، دسته دیگری از شواهد پژوهشی که همسو با فرضیه اکتساب و خودکاری (فرضیه عدم خودکاری مهارت) مهارت می‌باشند، پیشنهاد می‌کنند که در مراحل اولیه یادگیری و برای افراد مبتدی توجه درونی تأثیر به‌سزایی دارد و در مقابل برای افراد ماهر و حرفه‌ای توجه بیرونی تأثیر بیشتری دارد. مطالعه Perkins-Ceccato و همکاران (۵۰) که تأثیر دستورالعمل‌های توجه درونی و بیرونی را بر عملکرد گلف‌بازان با مهارت‌های بالا و پایین را بررسی کرده است، نشان داد که گلف‌بازان ماهر با دستورالعمل‌های تمرکز خارجی عملکرد بهتری داشتند، در حالی که گلف‌بازان کم‌مهارت با دستورالعمل‌های تمرکز درونی بهتر عمل کردند. طبق مطالعاتی از جمله مطالعه آزادیان و همکاران (۲۹)، کودکان با شرایط خاص در مقایسه با همتایان با هوش طبیعی، ناپایداری قامتی بیشتری دارند، به‌ویژه زمانی که تقاضاهای تکلیف افزایش می‌یابد (۲۹).

به طور کلی، نتیجه‌گیری فرضیه‌ها و نظرات ارائه شده در مورد برتری کانون توجه بیرونی بر توجه درونی در اجرای مهارت‌های حرکتی این است که با معطوف کردن توجه فرد به اثر حرکت از طریق دستورالعمل آموزشی یا بازخورد میزان توجه به نحوه انجام حرکت و در نتیجه افزایش نیازهای توجهی کاهش یافته و از فرآیندهای پردازش ارادی برای کنترل حرکات کاسته می‌شود، ضمن این که توجه به اثرات حرکت بازنمایی پایداری را در دستگاه کنترل حرکتی از طریق آن یا کنترل درجات آزادی تشکیل می‌دهد که به اجرای بهتری منتهی می‌شود و این که توجه بیرونی تداخل فرآیندهای خودکار و هوشیارانه را کاهش داده و دستگاه حرکتی به طور طبیعی‌تری خودسازماندهی می‌شود. توجهی



تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع در اجرای این پژوهش وجود نداشته است.

تدوین بخش‌های مختلف مقاله، ویرایش علمی مقاله. سعید آهار: مشاور علمی، مرور مقاله. مصطفی حاج لطفعلیان: آنالیز و تفسیر نتایج، مرور مقاله (۲۰ درصد)

منابع مالی

پژوهش حاضر از حمایت مالی برخوردار نبود.

منابع

1. Zolghadr H, Sedaghati P, Daneshmandi H. The effect of selected balance/corrective exercises on the balance performance of mentally-retarded students with developmental coordination disorder. *Phys Treat Phys Ther J* 2019; 9(1): 23–30.
2. Samadi H, Hossein Nejad E, Sohbatih M. Comparison of Effectiveness of Motor-Working Memory Training and Perceptual-Motor Exercises on Digit Span and Letter–Number Sequencing in Educable Children with Intellectual Disabilities. *umsha* 2022 ;29(1): 41–49.
3. Cavanagh PR, Kram R. The efficiency of human movement--a statement of the problem. *Med Sci Sports Exerc.* 1985 Jun;17(3):304–8.
4. Mon-Williams M, Tresilian JR, Bell VE, Coppard VL, Jobling A, Carson RG. The preparation of reach to grasp movements in adults with Down syndrome. *Hum Mov Sci* 2001; 20(4–5): 587–602.
5. Taghadosi M, Afazel MR, Akbari H, Rahemi Z. Evaluation of the problems among the physical-mental disabled children under the coverage of Kashan rehabilitation centers. *KAUMS* 2012; 16(2):174–81.
6. Samadi H, Mousav SH, Shirvani H. The effect of internal attentional focus instructions and various distances of external attention on the static and dynamic balance of the chemical veterans with movement impairment. *Mil Med* 2022; 21(6): 596–605.
7. Luckasson R, Reeve A. Naming, defining, and classifying in mental retardation. *Ment Retard* 2001; 39(1): 47–52.
8. Ghorbani M, Yaali R, Litafatkar A, Sadeghi H. The effect of nonlinear training on lower limb kinematics in walking motor skills in 3-5 year old children. *Res Pap Sport Manag Mov Behav* 2024;
9. Siavoshi Hojjatollah, Seddighi Amirreza. The effect of a balance exercise program on improving stepping performance and temporal and spatial indicators of walking in adolescents with intellectual disabilities. *Except Educ* 2016; 138(16): 68–79.
10. Banafsheh G, Shahzad TB, Shahbazi M, Arshi Ahmad Reza. Dynamic Evaluation of Motor Coordination and Variability in Children with and without Developmental Coordination Disorder. *J Arak Univ Med Sci* 2022; 24(6): 804–819.
11. Nasri A, Abbasi A, Hadavi Z, Abbasi S, Svoboda Z. Lower-extremity inter-joint coordination variability in active individuals with transtibial amputation and healthy males during gait. *Sci Rep* 2024; 14(1): 11668.
12. Tsuchida W, Inai T, Kudo S, Kobayashi Y, Fujimoto M. Effect of knee sleeves on joint angle variability during gait in older adults: a principal component analysis. *Front Bioeng Biotechnol* 2025; 13: 1525174.
13. Fatemeh Sadat Ahmadneiri, Samadi H, Ahar S. Comparison of coordination and variability of gait coordination in elderly people with and without a history of falls during mental fatigue in single and dual task conditions. 2023.
14. Bahrmanian M, Rafiei S. The effect of practice variability and freezing degrees of freedom on learning dart throwing skills. *The Second National Conference on New Achievements in Physical Education and Sports.* 2016.

15. Baharlouei K, Wangwad VS. The effect of cognitive attentional focus instructions on Muscle Efficiency and Motor Performance of Skilled Individuals. *Mot Behav* [Internet] 2023; 15(54): 61–78.
16. Meyer M, Sattler I, Schilling H, Lang UE, Schmidt A, Colledge F, et al. Mental Disorders in Individuals With Exercise Addiction—A Cross-Sectional Study. *Front Psychiatry* 2021; 12.
17. Fardin Qeysari, Shahbazi M, Shahzad Tahmasebi Boroujeni Ali Sharifnejad. The Effect of External and Internal Focus of Attention on Electromyography of the Lower Extremity Muscles in Different Phases of Vertical Jump. *Mot Behav* 2020; 12(40): 87–102.
18. Hadler R, Chiviacowsky S, Wulf G, Schild JFG. Children's learning of tennis skills is facilitated by external focus instructions. *Mot Rev Educ Física* 2014; 20(4): 418–22.
19. Abdollahipour R, Nieto MP, Psotta R, Wulf G. External focus of attention and autonomy support have additive benefits for motor performance in children. *Psychol Sport Exerc* 2017; 32: 17–24.
20. Ducharme SW, Wu WFW, Lim K, Porter JM, Geraldo F. Standing long jump performance with an external focus of attention is improved as a result of a more effective projection angle. *J Strength Cond Res* 2016; 30(1): 276–81.
21. Kearney PE. A distal focus of attention leads to superior performance on a golf putting task. *Int J Sport Exerc Psychol* 2015; 13(4): 371–81.
22. Wulf G, Su J. An external focus of attention enhances golf shot accuracy in beginners and experts. *Res Q Exerc Sport* 2007; 78(4): 384–389.
23. Wulf G, Prinz W. Directing attention to movement effects enhances learning: A review. *Psychon Bull Rev* 2001; 8(4): 648–660.
24. Wulf G. Attentional focus and motor learning: a review of 15 years. *Int Rev Sport Exerc Psychol* 2013; 6(1): 77–104.
25. Wulf G, Höß M, Prinz W. Instructions for Motor Learning: Differential Effects of Internal Versus External Focus of Attention. *J Mot Behav* 1998 ; 30(2): 169–79.
26. Maxwell J, Applied RMIJ of, 2002 U. External versus internal focus instructions: Is the learner paying attention?. search.ebscohost.com JP Maxwell, RSW MastersInternational J Appl Sport Sci 2002•search.ebscohost.com.
27. Wulf G, Weigelt M, Poulter D, McNevin N. Attentional focus on suprapostural tasks affects balance learning. *Q J Exp Psychol Sect A* 2003; 56(7): 1191–211.
28. Maryam Lotfi, Dehghanizade J, Hosseini FS. The Effect of Internal and External Focus of Attention on Acquisition, Retention and Transfer of Dart Throwing in Mentally Retarded Children. *Sport Mot Dev Learn* 2015 ;7(4): 511–27.
29. Azadian E, Jabar Ali M. The Relationship between Executive Functions and Postural Control in Children with Mild Intellectual Disability and Comparison with Typically Developing Peers. *iauh-biomech* [Internet].2025; 10(4): 294–308.
30. Prisco G, Pirozzi MA, Santone A, Esposito F, et al. Validity of wearable inertial sensors for gait analysis: a systematic review. *Diagnostics* 2024; 15(1): 36.
31. Bagheri S. Processing, Converting, and Visualizing C3D File: A Free Web-based services.
32. Grouvel G, Boutabla A, Corre J, Revol R, et al. Full-body kinematics and head stabilisation strategies during walking in patients with chronic unilateral and bilateral vestibulopathy. *Sci Rep* 2024; 14(1): 11757.
33. Chang R, Van Emmerik R, Hamill J. Quantifying rearfoot–forefoot coordination in human walking. *J Biomech*. 2008; 41(14): 3101–3305.
34. Chiviacowsky S, Wulf G, Wally R. An external focus of attention enhances balance learning in older adults. *Gait Posture* 2010 ; 32(4): 572–575.
35. Chua LK, Jimenez-Diaz J, Lewthwaite R, Kim T, Wulf G. Superiority of external attentional focus for motor performance and learning: Systematic reviews and meta-analyses. *Psychol Bull* 2021; 147(6): 618.



36. Chen CC, Ryuh Y, Luczak T, Lamberth J. The Effects of Attentional Focus and Skill Level on the Performance of Golf Putting. *J Mot Learn Dev* 2021; 9(3): 371–382.
37. Kalron A, Achiron A, Menascu S. Gait variability, not walking speed, is related to cognition in adolescents with multiple sclerosis. *J Child Neurol* 2019; 34(1): 27–32.
38. Grooms D, Appelbaum G, Onate J. Neuroplasticity following anterior cruciate ligament injury: a framework for visual-motor training approaches in rehabilitation. *J Orthop Sport Phys Ther* 2015; 45(5): 381–393.
39. Vidal A, Wu W, Nakajima M, Becker J. Investigating the constrained action hypothesis: a movement coordination and coordination variability approach. *J Mot Behav* 2018; 50(5): 528–537.
40. Hawkins TE, Alder DB, Bennett TB, Poolton JM. The Influence of External and Internal Focus of Attention Instructions on the Organization of Movement: A Systematic Review. *J Mot Learn Dev* 2025; 1(aop): 1–27.
41. Poolton JM, Maxwell JP, Masters RSW, Raab M. Benefits of an external focus of attention: Common coding or conscious processing? *J Sports Sci* 2006; 24(1): 89–99.
42. HATAMI F, Tahmasbi F, HADI H. The Effect of Internal and External Focus of Attention on EEG Changes in Darts Throwing Skill. *Neuropsychology* 2018; 3(11): 115–130.
43. Parr JV V, Gallicchio G, Canales-Johnson A, Uiga L, Wood G. Cortical, muscular, and kinetic activity underpinning attentional focus strategies during visuomotor control. *Psychophysiology* 2023; 60(6): e14249.
44. Shahriyari M, Bazooband S, Shetab Booshehri SN. The Effects of Instructions Attention Focus Internal and External on Learning Protection Dynamic Balance in Children with Mental Retardation. *Mot Behav* 2016; 8(24): 95–110.
45. Chiviacowsky S, Wulf G, Ávila LTG. An external focus of attention enhances motor learning in children with intellectual disabilities. *J Intellect Disabil Res [Internet]*. 2013 [cited 2025 Mar 25]; 57(7): 627–634.
46. Mak TCT, Young WR, Chan DCL, Wong TWL. Gait Stability in Older Adults During Level-Ground Walking: The Attentional Focus Approach. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 2020; 75(2): 274–281.
47. Masters R, Maxwell JP. “Implicit motor learning, reinvestment and movement disruption: what you don’t know won’t hurt you?” *Ski Acquis Sport Res Theory Pract* 2004; 207–228.
48. Zarei N, Asteri Z, Zeidabadi R. The effect of different types of attentional focus instructions on learning the gymnastic carousel skill. *National Conference on Physical Education and Sports Sciences with restrictions on physical activities during the coronavirus outbreak*. 2021.
49. Zanone PG, Kelso JAS. The coordination dynamics of learning: Theoretical structure and experimental agenda. In: *Interlimb coordination*. Elsevier; 1994. 461–90.
50. Perkins-Ceccato N, Passmore SR, Lee TD. Effects of focus of attention depend on golfers’ skill. *J Sports Sci* 2003; 21(8): 593–600.