

Determining the Effect of Cognitive Dual Task on Postural Control of Children with Flatfoot and Genu Varum

*Mosadegh Y¹, Alghosi M², Kakavan M³, Karimi K⁴

Author Address

1. Instructor of Physical Education and Sports Science Department, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran;
2. Assistant Instructor of Physical Education and Sports Science Department, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran;
3. MSc in Sports Injury and Corrective Exercise, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran;
4. PhD Student in Sports Injury and Corrective Exercise, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

* Corresponding Author's Email: YMosadegh@tvu.ac.ir

Received: 2023 September 18; Accepted: 2023 October 1

Abstract

Background & Objectives: Posture control is defined as the ability to maintain the center of mass within the range of the support level, which will keep balance through the integration of information from the visual, vestibular, and sensory systems. This complex movement skill is acquired early in development and is refined throughout childhood. The child adapts to biomechanical constraints and sensorimotor information that facilitates adjustment to different task contexts and develops throughout life. Abnormalities of the lower limb, such as genu varum and genu valgum, affect the position of the center of pressure and balance when performing the one-sided balance task. The body weight is borne by the lower limbs, thereby rendering any deformity within this region capable of influencing postural control. This condition underscores the significance of assessing the impact of lower limb deformities on postural regulation. Also, maintaining balance in people with flat feet and genu varum requires more attention. This study aimed to investigate the effect of cognitive dual-task on postural control of children with flatfoot and genu varum.

Methods: The current study employed a quasi-experimental approach utilizing a pretest-posttest design. The statistical population of the research comprised the elementary school students of Bandar Anzali City, Iran. A total of 88 students, aged 7 to 12 years, were recruited using cluster sampling. The names of schools in the six districts of Bandar Anzali city were placed separately in six bags. Then, one school was randomly selected from each district as a sample school to participate in the research. After the initial screening in a targeted manner, three groups of individuals were selected: flat feet (24 students), genu varum (40 students), and healthy (24 students). In this study, a digital caliper was employed to measure the genu varum of the students by determining the distance between the medial epicondyles of the femur. Individuals were categorized into the genu varum group if the distance between the two medial epicondyles of the thigh exceeded 3 cm. In contrast, those with a distance of less than 3 cm were classified as healthy individuals. To assess flatfoot, the Stahli index was used, which involves dividing the narrowest part of the foot by the width of the heel. To perform the pretest, each participant was placed on the Static Stabilometer for 15 s, and the device recorded the displacement of the center of pressure. Next, after 3 minutes of rest, each participant was placed on the machine to perform the posttest. Random number counting was used to perform the posttest, which had two stages with different levels of difficulty based on the children's ability level. Step one includes counting backward from the number 35 or less to the end of 15 seconds. The second stage consisted of counting backward in the form of two middle numbers from 28 or less until the end of the test time. This study used a Static Stabilometer device (40 x 40 cm) manufactured by Danesh Salar Iranian Company (Tehran, Iran) to measure postural control during cognitive tasks. It measures the sway index in cm (numerical value of the standard deviation from the center balance), the mediolateral displacement of the center of pressure in cm, the anteroposterior displacement of the center of pressure in cm, and the sway speed of the center of pressure in cm/s. We used descriptive statistics to calculate postural control indices' mean and standard deviation. Also, we employed the repeated measures ANOVA test to compare the main effect of the cognitive task with different difficulties on the sway index of the center of pressure, the mediolateral displacement of the center of pressure, and the anteroposterior displacement of the center of pressure. The sway speed of the center of pressure was used in three groups of flatfoot, genu varum, and healthy individuals. The statistical analysis of the data was done using repeated measures analysis of variance and the Bonferroni post hoc test at a significance level 0.05 in SPSS version 28 software.

Results: The effect of the dual cognitive task on anteroposterior sway index ($p=0.003$), mediolateral sway index ($p=0.028$), and sway index ($p=0.003$) were significant, but the cognitive task did not show a significant effect on the sway speed ($p=0.353$). The results show that the group effect, the interaction effect of the group, and the cognitive task were insignificant in any of the postural control indicators ($p>0.05$). Also, there was no significant difference between the three groups of flatfoot and genu varum and controls in various indices of height control ($p>0.05$).

Conclusion: The displacement of the center of pressure displayed a uniform upward trajectory across all three participant groups during simultaneous cognitive task engagement, as opposed to isolated task performance. However, this increase has not significantly changed the three groups. Therefore, postural control in the three groups is not automatic and needs attention.

Keywords: Postural stability, Balance, Dual task, Pronated foot, Bow leg.

تعیین اثر تکلیف دوگانه شناختی بر کنترل قامت کودکان دارای کف پای صاف و زانوی پرانتری

*یونس مصدق^۱، محمد الغوثی^۲، مهدی کاکاون^۳، کیمیا کریمی^۴

توضیحات نویسندگان

۱. مربی گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران؛

۲. مدرس گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران؛

۳. کارشناس ارشد آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه گیلان، رشت، ایران؛

۴. دانشجوی دکتری آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

*ایمان نامه نویسنده مسئول: YMosadegh@tvu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۲۷ شهریور ۱۴۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۹ مهر ۱۴۰۲

چکیده

هدف و زمینه: اندام تحتانی متحمل وزن بدن است و اختلال در آن می‌تواند بر کنترل قامت تأثیرگذار باشد. پژوهش حاضر باهدف بررسی تأثیر تکلیف دوگانه شناختی بر کنترل قامت کودکان با کف پای صاف و زانوی پرانتری انجام شد.

روش بررسی: روش تحقیق حاضر از نوع نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون همراه با گروه گواه بود. جامعه آماری تحقیق را دانش‌آموزان مقطع ابتدایی شهرستان بندرانزلی تشکیل دادند. از بین آن‌ها انتخاب ۸۸ نفر با دامنه سنی ۱۲ تا ۱۷ سال با نمونه‌گیری خوشه‌ای از بین شش مدرسه ابتدایی صورت گرفت. سپس افراد به‌طور هدفمند در سه گروه کف پای صاف و زانوی پرانتری و سالم (گروه گواه) تقسیم‌بندی شدند. در پیش‌آزمون، هر فرد به مدت پانزده ثانیه روی دستگاه تعادل‌سنج ایستا قرار گرفت و جابه‌جایی مرکز فشار ثبت شد. در پس‌آزمون از شمارش معکوس اعداد به عنوان تکلیف دوگانه شناختی به صورت تصادفی استفاده شد که دارای دو مرحله با سطح دشواری متفاوت براساس سطح توانایی کودکان بود. تحلیل آماری داده‌ها با آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی در سطح معناداری ۰/۰۵، در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۸ انجام شد.

یافته‌ها: اثر تکلیف دوگانه شناختی بر شاخص‌های نوسانات قدامی خلفی ($p=0/003$) و داخلی خارجی ($p=0/028$) و شاخص نوسان ($p=0/003$) معنادار بود؛ اما تکلیف شناختی اثر معناداری بر سرعت نوسانات نشان نداد ($p=0/353$). نتایج مشخص کرد، اثر گروه و اثر تعاملی گروه و تکلیف شناختی بر هیچ‌کدام از شاخص‌های کنترل قامت معنادار نبود ($p>0/05$). همچنین هیچ تفاوت معناداری بین سه گروه کف پای صاف و زانوی پرانتری و گواه در شاخص‌های مختلف کنترل قامت وجود نداشت ($p>0/05$). **نتیجه‌گیری:** جابه‌جایی مرکز فشار در افراد دارای کف پای صاف و زانوی پرانتری و افراد سالم هنگام اجرای هم‌زمان تکلیف شناختی در مقایسه با اجرای منفرد تکلیف افزایش یافته است؛ اما این افزایش تفاوت معناداری بین سه گروه ایجاد نکرده است؛ بنابراین، کنترل قامت در سه گروه خودکار نیست و به توجه نیاز دارد. **کلیدواژه‌ها:** ثبات پاسچر، تعادل، تکلیف دوگانه، پای چرخیده به خارج، پای کمائی.

کنترل قامت^۱ با عنوان توانایی نگهداری مرکز جرم^۲ درون محدوده سطح اتکا تعریف می‌شود (۱) که از طریق یکپارچه‌سازی اطلاعات حاصل از سه سیستم بینایی و دهلیزی و حسی‌پیکری منجر به حفظ تعادل^۳ خواهد شد (۲). این مهارت حرکتی پیچیده در اوایل رشد به دست می‌آید و در سراسر دوران کودکی با هماهنگ‌شدن کودک با قیود^۴ بیومکانیکی و اطلاعات حسی حرکتی که منجر به تسهیل سازگاری با زمینه‌های مختلف تکلیف می‌شود، پالایش می‌گردد و در طول عمر توسعه می‌یابد (۳). ناهنجاری‌های اندام تحتانی نظیر زانوی پرانتری^۵ و زانوی ضربدری^۶ موقعیت مرکز فشار و گواه تعادل را هنگام اجرای تکلیف تعادل یک‌طرفه تحت تأثیر قرار می‌دهد (۴). زانوی پرانتری از ناهنجاری‌های بسیار رایج اندام تحتانی است که در نهایت منجر به اختلال در شاخص تعادل می‌شود؛ در واقع این ناهنجاری می‌تواند با تغییر نیروی واکنش زمین، راهبرد کنترل قامت در هنگام ایستادن را به چالش بکشد و حتی محل مرکز فشار پا را تغییر دهد (۵). در حالت ایستادن معمولی، محور مکانیکی یا خط تحمل وزن اندام تحتانی از مرکز مفصل زانو عبور می‌کند؛ به‌طوری‌که وزن بین قسمت‌های داخلی و خارجی زانو توزیع می‌شود؛ اما در عارضه زانوی پرانتری، خط تحمل وزن به سمت قسمت داخلی انتقال می‌یابد و نیروهای فشاری روی قسمت داخلی زانو افزایش پیدا می‌کند (۶). زانوی پرانتری و زانوی ضربدری، توانایی عضلات چهارسر ران را برای ایجاد ثبات قامتی در هردو صفحه سهمی و عرضی^۷ کاهش می‌دهد و هم‌زمان با انجام حرکات جبرانی اندام تحتانی از طریق مفاصل مچ پا، سابتالار^۸ و میدتارسال^۹ با تغییر الگوی حرکت گروه عضلانی پلانتار فلوکسور مچ پا به گواه دینامیک قامت در مفصل زانو کمک می‌کند (۷).

تغییرات کنترل قامت در ناهنجاری‌های کف پا از جمله پای به داخل یا خارج چرخیده نیز رخ می‌دهد که این گروه از افراد درمقایسه با افراد دارای کف پای طبیعی کنترل قامت ضعیف‌تری دارند (۸، ۹). کف پای صاف^{۱۰}، وضعیتی است که ارتفاع قوس طولی داخلی کف پا از بین می‌رود یا دچار کاهش ارتفاع می‌شود (۱۰). اگر این تغییر در هردو حالت زنجیره کینتیکی بسته (حین تحمل وزن روی پاها) و زنجیره کینتیکی باز (حین تحمل نکردن وزن روی پاها) رخ دهد، فرد مبتلا به کف پای صاف ثابت یا پاتولوژیک است؛ اما اگر صرفاً در زنجیره کینتیکی بسته رخ دهد، فرد دارای کف پای صاف منعطف یا فیزیولوژیک است (۱۱). برخی شواهد نشان داد، همبستگی زیادی بین ناهنجاری کف پای صاف و ناهنجاری‌های مفاصل زانو و ران وجود دارد (۱۲)؛ به‌طور کلی، تحقیقات محدودی در ارتباط با اثر تکلیف دوگانه^{۱۱} بر کنترل قامت افراد دارای کف پای صاف و زانوی پرانتری انجام گرفته است؛ در این راستا هدایتی و همکاران، میزان نیازمندی به توجه در گواه تعادل افراد جوان مبتلا به صافی قوس کف پا را بررسی کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که نیازمندی به توجه در گواه تعادل

در افراد دارای کف پای صاف و افراد با کف پای طبیعی یکسان است و تفاوت معناداری بین دو گروه وجود ندارد (۹). کوت و همکاران، به ارزیابی اثرات پای چرخش‌یافته به سمت‌های داخل و خارج بر پایداری ایستا و پایداری پویا پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد، تفاوت‌هایی بین نوسانات قامتی افراد دارای ساختارهای پای متفاوت وجود دارد و شاخص ثبات در افراد با پای چرخش‌یافته به داخل درمقایسه با پای چرخش‌یافته به خارج بیشتر است؛ اما تفاوتی بین گروه‌ها و افراد دارای پای طبیعی مشاهده نمی‌شود (۱۳).

در حالت ایستاده، افراد همیشه در حال نوسان هستند و ویژگی‌های نوسان آن‌ها به قیود متعددی مانند تکلیف انجام‌شده بستگی دارد (۱۲). حفظ کنترل قامت در حالت ایستاده اغلب به‌منزله تکلیف خودکار در نظر گرفته می‌شود که نیازمند حداقل توجه و منابع شناختی است؛ اما زمانی که یک تکلیف خودکار هم‌زمان با یک تکلیف شناختی یا حرکتی به‌طور هم‌زمان اجرا می‌شود، تعادل و کنترل قامت از دست می‌رود (۱۴). براساس مدل ظرفیت توجه^{۱۱}، ظرفیت افراد برای انجام کار ذهنی محدود است و فعالیت‌های مختلف نیازهای متفاوتی را بر این ظرفیت محدود تحمیل می‌کند. هنگامی که نیاز توجه برای انجام یک تکلیف از سطحی معین فراتر رود، این موضوع ممکن است بر اجرای سایر تکالیف هم‌زمان تأثیر بگذارد (۱۵)؛ در این حال، بسیاری از فعالیت‌های روزانه نیاز به انجام تکلیفی اضافی با حفظ تعادل دارد که با عنوان تکلیف دوگانه (یعنی انجام دو یا چند تکلیف به‌طور هم‌زمان) در نظر گرفته می‌شود (۱۶). در زندگی روزمره، افراد به‌ندرت فعالیت‌هایی را با استفاده از تمام ظرفیت‌های توجه انجام می‌دهند و اغلب توجه آن‌ها متمرکز بر کاری است که اجرا می‌کنند. افراد تمایل دارند اعمال حرکتی روزانه خود را همراه با یک تکلیف شناختی انجام دهند. این تکالیف دوگانه، میزان توجه متمرکز بر کار اصلی حرکتی را کم می‌کند؛ بنابراین به‌طور بالقوه خطر سقوط را افزایش می‌دهد (۱۷). در افراد سالم که هیچ‌گونه اختلال اسکلتی-عضلانی ندارند، حفظ تعادل با حداقل مشارکت توجه انجام می‌گیرد؛ اما در افراد دارای اختلالات اسکلتی-عضلانی این موضوع متفاوت است (۹). تعادل به شدت تحت تأثیر ساختار پاها قرار دارد و افراد دارای کف پای صاف نیز در معرض خطر افتادن هستند (۱۸)؛ همچنین زانوی پرانتری بر انحراف محور مکانیکی مفصل زانو و همین‌طور چرخش داخلی و چرخش خارجی مچ پا بر انحراف محور مکانیکی مچ پا تأثیر دارد. انحرافات محور مکانیکی مفاصل اندام تحتانی می‌تواند تأثیر درخور توجهی بر نیروهای وارد شده از طرف زمین و برهم‌خوردن تعادل داشته باشد (۱۳)؛ لذا این احتمال وجود دارد که حفظ تعادل در افراد دارای کف پای صاف و زانوی پرانتری نیازمند مشارکت توجه بیشتری است؛ بر این اساس محققان در پژوهش حاضر به دنبال پاسخ به این سؤال بودند که آیا حفظ کنترل قامت در افراد دارای اختلالات اسکلتی-عضلانی نظیر کف پای صاف و زانوی پرانتری درمقایسه با

7. Sagittal and frontal

8. Subtalar joint

9. Midtarsal

10. Flatfoot

11. Dual task

12. Attentional capacity

1. Postural control

2. Center of mass

3. Balance

4. Constraints

5. Genu varum

6. Genu valgum

افراد سالم در شرایط تکلیف دوگانه متفاوت است یا خیر و آیا افراد با صافی قوس کف پا و زانوی پرانتری، کنترل قامت ضعیف‌تری درمقایسه با افراد سالم هنگام اجرای تکلیف دوگانه دارند یا خیر؛ بنابراین پژوهش حاضر باهدف تعیین اثر تکلیف دوگانه شناختی بر کنترل قامت کودکان دارای کف پای صاف و زانوی پرانتری انجام شد.

۲ روش بررسی

روش تحقیق حاضر از نوع نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون همراه با گروه گواه بود. جامعه آماری پژوهش را دانش‌آموزان مقطع ابتدایی شهرستان بندرانزلی تشکیل دادند. از بین آن‌ها ۸۸ نفر داوطلب واجد شرایط با دامنه سنی ۱۲ تا ۱۷ سال در سه گروه افراد با زانوی پرانتری (۲۴ نفر) و افراد با کف پای صاف (۴۰ نفر) و افراد سالم (گروه گواه) (۲۴ نفر) در تحقیق شرکت کردند. تعیین حجم نمونه به‌منظور مقایسه میانگین‌ها، با استفاده از نرم‌افزار G-Power نسخه ۱/۳، با ضریب اطمینان ۰/۹۵، اندازه اثر ۰/۲۰ و توان آزمون ۰/۹۵ صورت گرفت. با این شرایط، کل حجم نمونه حداقل ۶۶ نفر به‌دست آمد که با توجه به احتمال ریزش شرکت‌کنندگان این تعداد به مجموع ۸۸ نفر تغییر کرد.

شرکت‌کنندگان تحقیق با نمونه‌گیری خوشه‌ای انتخاب شدند؛ به‌طوری‌که اسامی مدارس نواحی شش‌گانه شهرستان بندرانزلی، جداگانه در داخل شش کیسه قرار گرفت. سپس به‌طور تصادفی یک مدرسه از بین مدارس هر ناحیه به‌عنوان مدرسه نمونه برای شرکت در تحقیق انتخاب شد. آزمودنی‌ها پس از غربالگری اولیه در سه گروه کف پای صاف و زانوی پرانتری و سالم قرار گرفتند.

در این تحقیق برای اندازه‌گیری زانوی پرانتری دانش‌آموزان، حداثا فصل بین دو اپی‌کندیل داخلی ران به‌کمک یک عدد کولیس دیجیتال (مدل ۱۱۰۸-۱۵۰ ساخت کشور چین) (۱۹) اندازه‌گیری شد. فرد با فاصله بین دو اپی‌کندیل داخلی ران بیش از سه سانتی‌متر در گروه زانوی پرانتری (۶) و کمتر از سه سانتی‌متر در گروه افراد سالم قرار گرفت. برای تعیین کف پای صاف، شاخص استاهلی^۱ (تقسیم باریک‌ترین قسمت پا بر عرض پاشنه) (۲۰) به‌کار رفت. فرد با میزان شاخص استاهلی کف پای بزرگ‌تر از ۱/۱۵، در گروه کف پای صاف قرار گرفت. معیارهای ورود آزمودنی‌ها به پژوهش عبارت بود از: محدوده سنی ۷ الی ۱۲ سال؛ حداثا فصل بین دو اپی‌کندیل داخلی هنگام ایستادن بیشتر از سه سانتی‌متر (۶)؛ شاخص استاهلی کف پای بزرگ‌تر از ۱/۱۵ (۲۰)؛ نداشتن جراحی اندام تحتانی در شش ماه گذشته (۲۱)؛ نداشتن هرگونه شکستگی (۶) یا اختلالات ذهنی در گذشته (۹). معیار خروج آزمودنی‌ها از تحقیق، تمایل نداشتن به اتمام جلسه آزمون بود. تحقیق حاضر دارای شناسه اخلاق تأییدشده (SSRI.REC-2211 (R1) 1939) ازسوی کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی است.

پس از ارائه توضیحات لازم درباره آزمون و اهمیت همکاری در این زمینه، برای اجرای پیش‌آزمون، هر فرد با پای برهنه درحالی‌که دستان

خود را در کنار بدن خود آویزان نگه داشت، به‌مدت پانزده ثانیه به‌طور ثابت و بدون‌اینکه صحبت کند، روی دستگاه تعادل‌سنج ایستا قرار گرفت و جابه‌جایی مرکز فشار توسط دستگاه ثبت شد. در ادامه پس از سه دقیقه استراحت، هر فرد دوباره برای اجرای تکلیف دوگانه شناختی (پس‌آزمون) روی دستگاه ایستاد. برای اجرای پس‌آزمون از شمارش معکوس اعداد به‌طور تصادفی (۲۲، ۲۳) استفاده شد که دارای دو مرحله با دو سطح دشواری متفاوت براساس سطح توانایی کودکان بود؛ سطح یک پس‌آزمون شامل شمارش معکوس از عدد ۳۵ یا کمتر الی پایان زمان پانزده ثانیه و سطح دوم پس‌آزمون شامل شمارش معکوس به‌صورت دو عدد درمیان از عدد ۲۸ یا کمتر الی پایان زمان آزمون بود. لازم به‌ذکر است، برای هر شرکت‌کننده سه دقیقه استراحت در فاصله بین سطح یک و سطح دو لحاظ شد.

رویکرد رایج برای ارزیابی کنترل قامت، محاسبه مسیر مرکز فشار و تخمین اندازه‌گیری‌های آن است (۲۴). در تحقیق حاضر برای اندازه‌گیری کنترل قامت حین اجرای تکلیف دوگانه شناختی از یک دستگاه استاتیک استابیلومتر^۲ (۴۰×۴۰ سانتی‌متر) ساخت شرکت دانش‌سار ایرانیان (تهران، ایران) استفاده شد؛ دراین‌راستا، ارزیابی متغیرهای کنترل قامت نظیر شاخص نوسان مرکز فشار به سانتی‌متر (مقدار عددی انحراف معیار از مرکز تعادل)، جابه‌جایی داخلی خارجی مرکز فشار به سانتی‌متر، جابه‌جایی قدامی خلفی مرکز فشار به سانتی‌متر و سرعت جابه‌جایی مرکز فشار (سانتی‌متر بر ثانیه) با استفاده از دستگاه استابیلومتر انجام گرفت. در تحقیقات پیشین، اندازه‌گیری کنترل قامت توسط این دستگاه معتبر و مطمئن گزارش شد (۲۵، ۲۶) و در پژوهش حاضر پایایی درون‌آزمودنی و بین‌آزمودنی ۰/۸۱ به‌دست آمد.

همه شرکت‌کنندگان آزمون را به‌طور کامل اجرا کردند و تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۸ انجام گرفت. آزمون لیلی‌فورس (۲۷) برای بررسی نرمال‌بودن توزیع داده‌ها و آزمون لون برای بررسی همگنی واریانس‌ها به‌کار رفت. از آمار توصیفی برای محاسبه میانگین و انحراف معیار شاخص‌های کنترل قامت استفاده شد. از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای مقایسه اثر اصلی تکلیف شناختی با دشواری متفاوت بر شاخص نوسان مرکز فشار، جابه‌جایی داخلی خارجی مرکز فشار، جابه‌جایی قدامی خلفی مرکز فشار و سرعت جابه‌جایی مرکز فشار در سه گروه افراد دارای کف پای صاف و افراد دارای زانوی پرانتری و افراد سالم در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد؛ همچنین آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه جفت‌میانگین‌ها به‌کار رفت.

۳ یافته‌ها

اطلاعات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان شامل سن، قد، وزن، شاخص توده بدن، فاصله بین دو اپی‌کندیل داخلی و شاخص استاهلی در جدول ۱ آورده شده است. میانگین و انحراف معیار شاخص‌های کنترل قامت برای سه گروه کف پای صاف و زانوی پرانتری و گواه (سالم) در سطوح مختلف تکلیف شناختی در جدول ۲ نشان داده شده

². Static Stabilometer³. Focused attention

¹. Staheli index

است.

جدول ۱. داده‌های جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان (۸۸ نفر) شامل ۲۴ نفر با زانوی پرانتری و ۴۰ نفر با کف پای صاف و ۲۴ نفر در گروه گواه

گواه	کف پای صاف	زانوی پرانتری	
(انحراف معیار± میانگین)	(انحراف معیار± میانگین)	(انحراف معیار± میانگین)	
۱۰/۶۷±۰/۹۱	۱۰/۵۳±۱/۶۰	۱۰/۷۱±۱/۶۵	سن (سال)
۱۳۷/۶۸±۶/۹۳	۱۴۱/۳۲±۹/۱۶	۱۴۲/۱۶±۹/۲۹	قد (سانتی‌متر)
۴۱/۱۰±۷/۳۲	۴۴/۵۹±۱۴/۴۳	۳۷/۷۲±۹/۶۵	وزن (کیلوگرم)
۲۱/۵۸±۳/۲۵	۲۴/۰۴±۳/۱۴	۲۲/۲۶±۲/۵۰	شاخص توده بدن
۱/۷۲±۰/۳۳	۱/۹۶±۰/۲۴	۴/۱۰±۰/۶۲	فاصله دو اپی‌کندیل داخلی
۰/۶۸±۰/۱۴	۱/۳۹±۰/۴۴	۰/۵۴±۰/۲۰	شاخص استاهلی

گواه (سالم) قرار داشت؛ همچنین فرد با میزان شاخص استاهلی کف پای بزرگ‌تر از ۱/۱۵، در گروه کف پای صاف قرار گرفت؛ از این رو، میانگین فاصله دو اپی‌کندیل داخلی در گروه زانوی پرانتری در مقایسه با گروه کف پای صاف و گروه گواه و نیز میانگین شاخص استاهلی در گروه کف پای صاف در مقایسه با گروه زانوی پرانتری و گروه گواه بیشتر بود.

باتوجه به اینکه بین کنترل قامت و شاخص‌هایی نظیر قد و وزن و شاخص توده بدن ارتباط وجود دارد (۲۸) در جدول ۱ میانگین و انحراف معیار سن، قد، شاخص توده بدن، فاصله دو اپی‌کندیل داخلی و شاخص استاهلی در سه گروه زانوی پرانتری و کف پای صاف و گواه ارائه شده است. فرد با فاصله بین دو اپی‌کندیل داخلی ران بیش از سه سانتی‌متر در گروه زانوی پرانتری و کمتر از سه سانتی‌متر در گروه افراد

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار شاخص‌های کنترل قامت به سانتی‌متر در سطوح مختلف تکلیف شناختی

سطوح تکلیف شناختی								
متغیر	پیش‌آزمون			سطح یک			سطح دو	
	زانوی پرانتری	کف پای صاف (SD)	گواه (SD)	زانوی پرانتری	کف پای صاف (SD)	گواه (SD)	زانوی پرانتری	کف پای صاف (SD)
	M (SD)	M	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M	M (SD)	M (SD)
سرعت جابه‌جایی مرکز فشار	۰/۳ (۰/۱)	۰/۲ (۰/۱)	۰/۳ (۰/۱)	۰/۴ (۰/۲)	۰/۳ (۰/۱)	۰/۳ (۰/۱)	۰/۴ (۰/۲)	۰/۹ (۰/۳۲)
جابه‌جایی قدامی خلفی مرکز فشار	۰/۴۳ (۰/۴۳)	۰/۴۷ (۰/۳۹)	۰/۵۳ (۰/۵۳)	۰/۶۵ (۱/۰۱)	۰/۵۲ (۰/۵۱)	۰/۴۸ (۰/۴۶)	۱/۴۶ (۱/۷۶)	۰/۸۱ (۰/۸۵)
جابه‌جایی داخلی خارجی مرکز فشار	۰/۴۸ (۰/۵۵)	۰/۴۶ (۰/۳۹)	۰/۶۹ (۰/۶۰)	۱/۳۲ (۲/۰۳)	۱/۲۶ (۲/۵۳)	۰/۹۹ (۱/۳۸)	۱/۷۷ (۲/۸۲)	۱/۰۲ (۱/۷۷)
شاخص نوسان مرکز فشار	۱/۱۳ (۰/۴۵)	۰/۹۶ (۰/۳۵)	۱/۱۵۵ (۰/۳۶)	۱/۴۹ (۱/۱۵)	۱/۲۴۹ (۰/۷۱)	۱/۱۵۹ (۰/۶۵)	۱/۵۳۰ (۰/۸۳)	۱/۳۵۶ (۰/۶۳)

جدول ۲، میانگین و انحراف معیار سرعت جابه‌جایی مرکز فشار، جابه‌جایی قدامی خلفی مرکز فشار، جابه‌جایی داخلی خارجی مرکز فشار و شاخص نوسان مرکز فشار را در سه گروه زانوی پرانتری و کف پای صاف و گواه در سه شرایط پیش‌آزمون و سطح یک تکلیف شناختی و سطح دو تکلیف شناختی نشان می‌دهد. در پس‌آزمون، تکلیف دوگانه شناختی در سه گروه منجر به افزایش میزان جابه‌جایی مرکز فشار در شاخص‌های کنترل قامت در مقایسه با پیش‌آزمون شد؛ این افزایش با افزایش سطح دشواری تکلیف شناختی از سطح یک به سطح دو، درخور توجه بود. برای بررسی معناداری اثر اصلی تکلیف شناختی با دشواری متفاوت بر شاخص نوسان مرکز فشار، جابه‌جایی داخلی خارجی مرکز فشار،

جابه‌جایی قدامی خلفی مرکز فشار و سرعت جابه‌جایی مرکز فشار در سه گروه زانوی پرانتری و کف پای صاف و گواه (سالم) از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد. ارزیابی فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها از طریق آزمون لیلی فورس صورت گرفت و نتایج به‌دست‌آمده از آزمون، نرمال بودن متغیرهای وابسته را تأیید کرد ($p > 0/05$). برای ماتریس واریانس‌ها از طریق آزمون ام‌باکس ($p > 0/05$) و برای واریانس متغیرهای وابسته در گروه‌های مستقل سرعت جابه‌جایی مرکز فشار، جابه‌جایی قدامی خلفی، جابه‌جایی داخلی خارجی مرکز فشار و شاخص نوسان مرکز فشار توسط آزمون لون به‌تأیید رسید ($p > 0/05$). بر مبنای نتایج به‌دست‌آمده، آزمون کرویت موجلی تأیید نشد ($p < 0/05$) و مقادیر اصلاح‌شده

گرمین هاوس گیزر برای گزارش نتایج آزمون به کار رفت.

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر برای بررسی اثرات درون آزمودنی و بین آزمودنی

منبع اثر	شاخص کنترل قامت	مقدار F	مقدار p	مجذوراتا
تکلیف شناختی (درون آزمودنی)	سرعت جابه جایی مرکز فشار	۰/۸۷۷	۰/۳۵۳	۰/۰۱۰
	جابه جایی قدامی خلفی مرکز فشار	۷/۲۰۵	*۰/۰۰۳	۰/۰۷۸
	جابه جایی داخلی خارجی مرکز فشار	۳/۹۹۲	*۰/۰۲۸	۰/۰۴۵
	شاخص نوسان مرکز فشار	۶/۲۷۷	*۰/۰۰۳	۰/۰۶۹
گروه (بین آزمودنی)	سرعت جابه جایی مرکز فشار	۰/۹۳۸	۰/۳۳۷	۰/۰۱۶
	جابه جایی قدامی خلفی مرکز فشار	۳/۳۱۳	۰/۰۷۴	۰/۰۵۴
	جابه جایی داخلی خارجی مرکز فشار	۰/۹۵۴	۰/۳۳۳	۰/۰۱۶
	شاخص نوسان مرکز فشار	۲/۳۶۲	۰/۱۳۰	۰/۰۳۹
گروه* تکلیف شناختی	سرعت جابه جایی مرکز فشار	۰/۷۸۹	۰/۴۵۷	۰/۰۱۳
	جابه جایی قدامی خلفی مرکز فشار	۲/۱۹۴	۰/۱۳۰	۰/۰۳۶
	جابه جایی داخلی خارجی مرکز فشار	۰/۶۱۹	۰/۵۰۲	۰/۰۱۱
	شاخص نوسان مرکز فشار	۰/۰۸۰	۰/۹۲۳	۰/۰۰۱

* $p < ۰/۰۵$

باتوجه به نتایج جدول ۳، اثر تکلیف شناختی بر شاخص نوسانات قدامی خلفی ($p = ۰/۰۰۳$) و شاخص نوسانات داخلی خارجی ($p = ۰/۰۲۸$) و شاخص نوسان ($p = ۰/۰۰۳$) معنادار بود؛ اما تکلیف شناختی اثر معناداری بر سرعت نوسانات نشان نداد ($p = ۰/۳۵۳$). همچنین نتایج مشخص کرد، اثر گروه و اثر تعاملی گروه و تکلیف شناختی بر هیچ کدام از شاخص های کنترل قامت معنادار نبود؛ به عبارتی بین گروه های زانوی پرانتری و کف پای صاف و گواه تفاوت معناداری وجود نداشت ($p > ۰/۰۵$). برای مقایسه زوجی اثر سطوح مختلف تکلیف شناختی بر شاخص های کنترل قامت بین پیش آزمون و سطوح مختلف تکلیف دوگانه شناختی در سه گروه کف پای صاف و زانوی پرانتری و گواه از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد.

جدول ۴. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای بررسی اثر سطوح مختلف تکلیف شناختی بر شاخص های کنترل قامت

متغیر	مقایسه سطوح	تفاوت میانگین	خطای معیار	مقدار p
سرعت جابه جایی مرکز فشار	پیش آزمون	سطح یک	۰/۰۰۱	< ۰/۰۰۱
		سطح دو	۰/۰۰۱	< ۰/۰۰۱
	سطح یک	سطح دو	۵/۴۰۵	۱/۰۰۰
جابه جایی قدامی خلفی مرکز فشار	پیش آزمون	سطح یک	۰/۱۳۱	۰/۸۰۶
		سطح دو	۰/۴۴۱	۰/۰۰۵
	سطح یک	سطح دو	۰/۴۰۰	۰/۰۳۰
جابه جایی داخلی خارجی مرکز فشار	پیش آزمون	سطح یک	۰/۶۴۶	۰/۰۲۵
		سطح دو	۰/۶۴۴	۰/۰۱۴
	سطح یک	سطح دو	۰/۱۱۳	۱/۰۰۰
شاخص نوسان مرکز فشار	پیش آزمون	سطح یک	۰/۳۴۱	۰/۰۲۳
		سطح دو	۰/۲۷۵	۰/۰۰۳
	سطح یک	سطح دو	۰/۰۷۷	۱/۰۰۰

در جدول ۴، اثر سطوح مختلف تکلیف شناختی بر شاخص های کنترل قامت ارائه شده است. نتایج به دست آمده از آزمون تعقیبی بونفرونی تفاوت معناداری را بین پیش آزمون و برخی سطوح تکلیف دوگانه شناختی در شاخص های مختلف کنترل قامت در سه گروه کف پای صاف و زانوی پرانتری و گواه نشان داد ($p < ۰/۰۵$). جدول ۵، مقایسه زوجی بین سه گروه کف پای صاف و زانوی پرانتری و گواه را در متغیرهای کنترل قامت نشان می دهد. مقایسه زوجی بین گروه های زانوی پرانتری و کف پای صاف و گواه (جدول ۵)، تفاوت معناداری بین گروه های مختلف نشان نداد؛ به عبارتی هیچ تفاوت معناداری بین سه گروه کف پای صاف و زانوی پرانتری و گواه در شاخص های مختلف کنترل قامت وجود نداشت ($p > ۰/۰۵$).

جدول ۵. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی مبنی بر مقایسه گروه‌ها در شاخص‌های کنترل قامت

متغیر	مقایسه گروه‌ها	تفاوت میانگین	خطای معیار	مقدار p
سرعت جابه‌جایی	زانوی پرانتزی	کف پای صاف	۰/۰۰۰	۰/۳۳۷
مرکز فشار	کف پای صاف	گواه	۰/۲۱۴	۰/۰۹۲
جابه‌جایی قدامی خلفی	زانوی پرانتزی	کف پای صاف	۰/۳۲۳	۰/۱۲۴
مرکز فشار	کف پای صاف	گواه	-۰/۲۵۳	۰/۰۷۴
جابه‌جایی	زانوی پرانتزی	کف پای صاف	۰/۲۳۰	۰/۱۴۶
داخلی خارجی مرکز	کف پای صاف	گواه	-۰/۲۸۴	۰/۱۴۳
فشار	زانوی پرانتزی	کف پای صاف	-۰/۲۸۷	۰/۳۳۳
شاخص نوسان مرکز	کف پای صاف	گواه	-۰/۲۱۳	۰/۰۹۴
فشار	کف پای صاف	گواه	-۰/۱۷۶	۰/۱۱۳
شاخص نوسان مرکز	زانوی پرانتزی	کف پای صاف	-۰/۲۲۰	۰/۱۳۰
فشار	کف پای صاف	گواه	-۰/۲۸۵	۰/۰۹۶
	کف پای صاف	گواه	-۰/۳۴۲	۰/۱۶۲

۴ بحث

تحقیق حاضر باهدف بررسی اثر تکلیف دوگانه شناختی در شرایط دشواری مختلف بر کنترل قامت کودکان دارای کف پای صاف و زانوی پرانتزی انجام شد. پژوهش حاضر به‌طور خاص بر اثرات ناهنجاری‌های کف پای صاف و زانوی پرانتزی بر توانایی اجرای تکلیف دوگانه شناختی تمرکز داشت و انتظار بر آن بود که در شرایط تکلیف دوگانه، عملکرد افراد دارای کف پای صاف و زانوی پرانتزی با افزایش دشواری تکلیف تغییر کند و تفاوت معناداری بین سه گروه وجود داشته باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد، تکلیف دوگانه شناختی اثر معناداری بر کنترل قامت سه گروه گواه (سالم) و کف پای صاف و زانوی پرانتزی دارد و به‌نظر می‌رسد تکلیف ثانویه شناختی موجب ایجاد چالش و تداخل در پردازش اطلاعات شده است؛ اما برخلاف انتظار محققان، تفاوت معناداری بین سه گروه مشاهده نشد. بخشی از نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق با پژوهش‌های هدایتی و همکاران (۹) و کوت و همکاران (۱۳) همسوست. هدایتی و همکاران دریافتند، نیازمندی به توجه در گواه تعادل در افراد دارای کف پای صاف و افراد با کف پای طبیعی یکسان است و تفاوت معناداری بین دو گروه وجود ندارد (۹). تحقیق کوت و همکاران مشخص کرد، تفاوتی بین کنترل قامت گروه‌های مختلف و افراد دارای پای طبیعی مشاهده نمی‌شود (۱۳). با توجه به عامل مهم نیازهای عصبی-عضلانی اندام تحتانی در هنگام انجام تکالیف عملکردی، عوامل محدودیت‌کننده پایداری ممکن است بر عملکرد اثرگذار باشد یا نیازهای واردشده به مفاصل را در طول حرکات مختلف تغییر دهد؛ برای مثال، تفاوت‌های خاص به‌هنگام حفظ تعادل براساس ساختار کف پا نشان داد، ناهنجاری‌های ساختاری قسمت میانی پا ممکن است مکانیک مفصل را به‌اندازه کافی تحت‌تأثیر قرار دهد (۱۳). این یافته با نتایج تحقیق حاضر درباره افراد دارای کف پای صاف همسوست. تکالیف شناختی و قامتی نیازمند سازوکارهای مشترک هستند که هنگام

اجرای هم‌زمان دو تکلیف با یکدیگر دچار تعارض می‌شوند (۲۹). با توجه به اینکه عملکرد حرکتی نتیجه تعامل بین سازوکارهای شناختی، ادراکی، مکانیکی و عصب‌شناختی است (۲۹)، انتظار بر این بود که ناهنجاری‌هایی نظیر کف پای صاف و زانوی پرانتزی فرایندهای هماهنگی مرکزی لازم برای اجرای تکالیف دوگانه را دچار اختلال کند و در نتیجه هزینه‌های تکلیف دوگانه را در گروه کف پای صاف و گروه زانوی پرانتزی درمقایسه با گروه سالم افزایش دهد؛ اما این موضوع در پژوهش حاضر مشاهده نشد و با اجرای تکلیف ثانویه تفاوت معناداری بین سه گروه وجود نداشت.

تمامی اعمال ذهنی نیازمند توجه است که تحت عنوان ظرفیت پردازش اطلاعات تعریف می‌شود. توجه دارای عناصر مختلفی نظیر توجه متمرکز^۱ و توجه انتخابی^۱ و توجه تقسیم‌شده^۲ است. توجه تقسیم‌شده به اجرای بیش از یک عمل در یک زمان اشاره دارد که عملکرد تکلیف چندگانه یا تکلیف دوگانه نیز خوانده می‌شود و به‌طور ویژه به کنترل قامت و راه‌رفتن مربوط است (۳۰). زمانی که توجه فرد تقسیم می‌شود یا وقتی فرد با اطلاعات حسی بسیار زیادی مواجه است، نیازهای اضافی بر پردازش اطلاعات حسی و گواه پاسخ‌های حرکتی اثر می‌گذارد. این موضوع از طریق ناتوانی در استخراج اطلاعات مربوط به محیط مشخص می‌شود؛ همچنین بیانگر اثر رشد ناکارآمد مغز است که تأخیر پاسخ‌های حرکتی و پردازش آهسته اطلاعات و عملکرد ضعیف عضله را در پی دارد (۳۱)؛ در این راستا، به‌نظر می‌رسد تکلیف دوگانه شناختی در آزمون بلندشدن و راه‌رفتن که به ارزیابی تعادل می‌پردازد (۱۷)، به‌طور همسو با تحقیق حاضر، چالش‌های بیشتری را برای متغیر تعادل ایجاد می‌کند؛ زیرا پژوهش حاضر نیز باوجود تکلیف دوگانه، نتایج متفاوتی را درمقایسه با شرایط حضورنداشتن تکلیف دوگانه ارائه کرد.

هنگامی که تکالیف شناختی و حرکتی با یکدیگر به‌طور هم‌زمان اجرا شوند، تغییراتی در طی اجرای عملکرد رخ می‌دهد و با عنوان هزینه

². Divided attention

¹. Focused attention
¹. Selective attention

تکلیف دوگانه^۱ مطرح می‌شود. هزینه تکلیف دوگانه نشان‌دهنده میزان تداخل بین دو تکلیف هم‌زمان است و اغلب براساس میزان تغییرات نتایج اندازه‌گیری شده محاسبه خواهد شد. پلامر به‌طور کلی تغییراتی را در طی اجرای هم‌زمان تکالیف شناختی و حرکتی مطرح کرد که شامل اجرای آسان تکلیف حرکتی، تداخل تکلیف حرکتی، اجرای آسان تکلیف شناختی، تداخل تکلیف شناختی یا ترکیبی از آن‌ها یا بدون هیچ تغییری در همه موارد است (۳۲). در پژوهش حاضر هزینه تکلیف دوگانه، افزایش جابه‌جایی مرکز فشار بود. همچنین، کنترل شناختی و توجه آگاهانه بیش‌ازحد به سمت تکلیف می‌تواند تأثیر مخربی بر کنترل وضعیتی داشته باشد و به‌طور بالقوه منجر به اختلالات وضعیتی شود (۳۳)؛ بنابراین، میزان توجه و کنترل حرکتی باید در حد مطلوب باشد. اجرای هم‌زمان دو تکلیف که نیازمند توجه هستند، نه تنها سبب ایجاد رقابت برای به‌دست‌آوردن توجه می‌شود، بلکه زمانی که هیچ دستورعمل ویژه‌ای به شرکت‌کنندگان درباره اولویت قراردادن تکلیف خاصی داده نشده باشد، چالشی برای مغز به دلیل تصمیم‌گیری درباره اولویت قراردادن یکی از تکالیف است (۳۴). دو منطقه از مغز که به‌طور معمول در ارتباط با اولویت‌بندی ذکر می‌شود، مناطق قشر پری‌فرونتال^۲ و قشر سینگولیت قدامی^۳ مغز است که هنگام اجرای تکلیف دوگانه هردو منطقه به‌صورت فعال درمی‌آید. ویلیامز^۴ پیشنهاد داد، اهمیت اطلاعات هم‌زمان از طریق انگیزه درونی برای به‌حداقل رساندن خطر و حداکثر لذت تعیین می‌شود (به نقل از ۳۵) که در پژوهش حاضر نیز به نظر می‌رسد لذت برای اجرای صحیح تکلیف شناختی سبب افزایش جابه‌جایی مرکز فشار شد. به‌طور کلی دو نظریه اصلی درباره توضیح اثر تکلیف دوگانه وجود دارد که یکی نظریه گردن بطری^۵ و دیگری مدل ظرفیت محدود توجه^۶ است (۳۶). مدل گردن بطری پیشنهاد می‌کند، اگر دو تکلیف در قالب الگوی دوگانه از طریق شبکه‌های عصبی یکسان پردازش شود، اجرا در یک یا هر دو تکلیف دچار مشکل خواهد شد؛ بنابراین، منطقی به نظر می‌رسد که شبکه عصبی لازم برای تکلیف دوگانه با کنترل قامت یکسان باشد و تکلیف دوگانه شناختی به‌طور کامل مسیر عصبی بخش‌های مختلف مغز را پوشش دهد و نوسانات

قامتی افزایش یابد. مدل ظرفیت محدود توجه بیان می‌کند، ظرفیت منابع توجه محدود است و اجرای هم‌زمان دو تکلیف که نیازمند توجه هستند، منجر به افت یکی از دو تکالیف می‌شود (۳۵، ۳۷). براساس این مدل هردو تکلیف بررسی شده در پژوهش حاضر نیازمند توجه بود؛ لذا جابه‌جایی مرکز فشار دچار افزایش شد.

۵ نتیجه‌گیری

به‌طور کلی یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد، جابه‌جایی مرکز فشار در سه گروه هنگام اجرای هم‌زمان تکلیف شناختی درمقایسه با اجرای منفرد تکلیف افزایش یافته است؛ اما تفاوت معناداری بین سه گروه مشاهده نمی‌شود؛ بنابراین، کنترل قامت در سه گروه خودکار نیست و نیازمند توجه است و تفاوت معناداری بین سه گروه وجود ندارد.

۶ تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از طرح ارتباط با صنعت نویسنده مسئول در اداره ورزش و جوانان شهرستان بندرانزلی است. از تمامی شرکت‌کنندگان و عزیزانی که ما را در پژوهش حاضر یاری کردند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

۷ بیانیها

تأییدیه اخلاقی و رضایت‌نامه از شرکت‌کنندگان
تحقیق حاضر دارای شناسه اخلاق تأییدشده ازسوی کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی است.

رضایت برای انتشار

این امر غیرقابل اجرا است.

تضاد منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تضاد منافع ندارد.

منابع مالی

کار تحقیقاتی حاضر فاقد حمایت مالی بود.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت یکسان داشتند.

References

- Bonke EM, Southard J, Buckley TA, Reinsberger C, Koerte IK, Howell DR. The effects of repetitive head impacts on postural control: a systematic review. J Sci Med Sport. 2021;24(3):247–57.. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.09.003>
- Jo D, Bilodeau M. Rating of perceived exertion (RPE) in studies of fatigue-induced postural control alterations in healthy adults: scoping review of quantitative evidence. Gait Posture. 2021;90:167–78.. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.08.015>
- Kiefer AW, Armitano-Lago CN, Cone BL, Bonnette S, Rhea CK, Cummins-Sebree S, et al. Postural control development from late childhood through young adulthood. Gait Posture. 2021;86:169–73. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.02.030>
- Van Gheluwe B, Kirby KA, Hagman F. Effects of simulated genu valgum and genu varum on ground reaction forces and subtalar joint function during gait. J Am Podiatr Med Assoc. 2005;95(6):531–41. <https://doi.org/10.7547/0950531>

⁴. Williams

⁵. Bottleneck Theory

⁶. Attentional limited capacity

¹. Dual task cost

². Prefrontal cortex

³. Anterior cingulate cortex

5. Letafatkar A, Mantashloo Z, Moradi M. Comparison the time to stabilization and activity of the lower extremity muscles during jump-landing in subjects with and without genu varum. *Gait Posture*. 2018;65:256–61. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.08.001>
6. Samaei A, Bakhtiary A, Elham F, Rezasoltani A. Effects of genu varum deformity on postural stability. *Int J Sports Med*. 2012;33(06):469–73. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1301331>
7. Nyland J, Smith S, Beickman K, Armsey T, Caborn DNM. Frontal plane knee angle affects dynamic postural control strategy during unilateral stance. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(7):1150–7. <https://doi.org/10.1097/00005768-200207000-00016>
8. Tsai LC, Yu B, Mercer VS, Gross MT. Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006;36(12):942–53. <https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2336>
9. Hedayati R, Fatemi E, Hajihassani A, Ehsani F, Ramezanzpour S. The attention needed for balance controlling in young patients with flatfoot. *Koomesh*. 2016;18(1):25–34. [Persian] <http://koomeshjournal.semums.ac.ir/article-1-3094-en.html>
10. Evans AM. The paediatric flat foot and general anthropometry in 140 Australian school children aged 7–10 years. *J Foot Ankle Res*. 2011;4(1):12. <https://doi.org/10.1186/1757-1146-4-12>
11. Napolitano C, Walsh S, Mahoney L, McCrea J. Risk factors that may adversely modify the natural history of the pediatric pronated foot. *Clin Podiatr Med Surg*. 2000;17(3):397–417.
12. Sonia J, Nadia L, Manel A, Samia F, Mohamed BR, Walid O, et al. Children flat foot and lower limb rotational profile: a cross-sectional descriptive study. *Open J Orthop*. 2015;5(10):326–35. <https://doi.org/10.4236/ojo.2015.510044>
13. Cote KP, Brunet ME, Gansneder BM, Shultz SJ. Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. *J Athl Train*. 2005;40(1):41–6.
14. Liparoti M. Effects of motor and cognitive loads on postural stability in healthy children. In: *Journal of Human Sport and Exercise - 2021 - Winter Conferences of Sports Science* [Internet]. Universidad de Alicante; 2021. <https://doi.org/10.14198/jhse.2021.16.Proc3.08>
15. Dai B, Cook RF, Meyer EA, Sciascia Y, Hinshaw TJ, Wang C, et al. The effect of a secondary cognitive task on landing mechanics and jump performance. *Sports Biomech*. 2018;17(2):192–205. <https://doi.org/10.1080/14763141.2016.1265579>
16. Yang YR, Chen YC, Lee CS, Cheng SJ, Wang RY. Dual-task-related gait changes in individuals with stroke. *Gait Posture*. 2007;25(2):185–90. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.03.007>
17. Tomas-Carus P, Biehl-Printes C, Pereira C, Veiga G, Costa A, Collado-Mateo D. Dual task performance and history of falls in community-dwelling older adults. *Exp Gerontol*. 2019;120:35–9. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2019.02.015>
18. Helal OF, El Fiky AAR. Early adult detection is a good protector from balance disturbance in elderly. *J Phys Ther Health Promot*. 2015;3(4):47–51. <https://doi.org/10.18005/PTHP0304001>
19. Ghorbanlou F, Jafarnejadgero A, Fakhri Mirzanag E. The effect of training with elastic band on electromyography of lower limb muscles in genu valgum male students during running: a clinical trial study. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*. 2022;21(3):327–42. [Persian] <https://doi.org/10.52547/jrums.21.3.327>
20. Hernandez AJ, Kimura LK, Laraya MHF, Fávoro E. Calculation of staheli's plantar arch index and prevalence of flat feet: a study with 100 children aged 5-9 years. *Acta Ortop Bras*. 2007;15(2):68–71. <https://doi.org/10.1590/S1413-78522007000200001>
21. Heydari M, Mousavi Sadati SK, Daneshjoo A. Short-term effects of using arch supporting insoles on balance and symptoms of flexible flat foot in children. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2022;1244–57. [Persian] <https://doi.org/10.32598/SJRM.10.6.11>
22. Kirmizi M, Yalcinkaya G, Sengul YS, Kalemci O, Angin S. Investigation of balance performance under different sensory and dual-task conditions in patients with chronic neck pain. *Musculoskelet Sci Pract* 2021;56:102449. <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2021.102449>
23. Moghadam M, Ashayeri H, Salavati M, Sarafzadeh J, Taghipoor KD, Saeedi A, et al. Reliability of center of pressure measures of postural stability in healthy older adults: Effects of postural task difficulty and cognitive load. *Gait Posture*. 2011;33(4):651–5. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.02.016>
24. Gursoy ZG, Yilmaz U, Celik H, Arpinar-Avsar P, Kirazci S. Effect of individualized cognitive and postural task difficulty levels on postural control during dual task condition. *Gait Posture*. 2022;96:1–8. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2022.05.001>
25. Allahverdipour H, Dianat I, Mameh G, Asghari Jafarabadi M. Effects of cognitive and physical loads on dynamic and static balance performance of healthy older adults under single-, dual-, and multi-task conditions. *Hum Factors*. 2021;63(7):1133–40. <https://doi.org/10.1177/0018720820924626>
26. Panahi M, Babakhani F, Seidi F. Comparison of static and dynamic balance of physically active college women with different foot arch heights. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*. 2016;12(2):88–96. [Persian] https://jrrs.mui.ac.ir/article_16956.html?lang=en

27. Razali NM, Wah YB. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling Tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*. 2011;2(1):21–33.
28. Greve JMD, Cuğ M, Dülgeroğlu D, Brech GC, Alonso AC. Relationship between anthropometric factors, gender, and balance under unstable conditions in young adults. *Biomed Res Int*. 2013;2013:1–5. <https://doi.org/10.1155/2013/850424>
29. Pena GM, Pavão SL, Oliveira MFP, Godoi D, De Campos AC, Rocha NACF. Dual-task effects on postural sway during sit-to-stand movement in children with Down syndrome. *J Intellect Disabil Res*. 2019;63(6):576–86. <https://doi.org/10.1111/jir.12599>
30. Pettersson AF, Olsson E, Wahlund LO. Effect of divided attention on gait in subjects with and without cognitive impairment. *J Geriatr Psychiatry Neurol*. 2007;20(1):58–62. <https://doi.org/10.1177/0891988706293528>
31. Horvat M, Croce R, Fallaize A. Information processing and motor control in Down syndrome. *J Down Syndr Chr Abnorm*. 2016;2(1):1–5. <https://doi.org/10.4172/2472-1115.1000107>
32. Plummer P, Eskes G, Wallace S, Giuffrida C, Fraas M, Campbell G, et al. Cognitive-motor interference during functional mobility after stroke: state of the science and implications for future research. *Arch Phys Med Rehabil*. 2013;94(12):2565–74. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.08.002>
33. Chow VWK, Ellmers TJ, Young WR, Mak TCT, Wong TWL. Revisiting the relationship between internal focus and balance control in young and older adults. *Front Neurol*. 2019;9:1131. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.01131>
34. Amboni M, Barone P, Hausdorff JM. Cognitive contributions to gait and falls: evidence and implications. *Movement Disorders*. 2013;28(11):1520–33. <https://doi.org/10.1002/mds.25674>
35. Yogev-Seligmann G, Hausdorff JM, Giladi N. The role of executive function and attention in gait. *Movement Disorders*. 2008;23(3):329–42. <https://doi.org/10.1002/mds.21720>
36. Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait Posture*. 2002;16(1):1–14. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(01\)00156-4](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(01)00156-4)
37. Ruthruff E, Pashler HE, Klaassen A. Processing bottlenecks in dual-task performance: Structural limitation or strategic postponement? *Psychon Bull Rev*. 2001;8(1):73–80. <https://doi.org/10.3758/BF03196141>