Journal of
Biomechanics and technology in sport

Vol. 1, No. 1, Winter 2026

Research Paper

Comparison of Static and Dynamic Balance Performance between Obese and Non-Obese Girls

Fakhri Firoozi Ghahestani[*1], **Fatemeh Sabzevari**[2]

1. Department of Physical Education, Office of Education of Sirjan County, Sirjan, Iran
2. PhD in Motor Development, Department of Sport Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Citation Firoozi Ghahestani F, Sabzevari F. Comparison of Static and Dynamic Balance Performance between Obese and Non-Obese Girls (In Persian) Journal of Biomechanics and technology in sport. 2026;1(1):[41-55]. doi:10.22103/jbts.2026.26492.1009.

doi:10.22103/jbts.2026.26492.1009

Keywords

Static balance
Dynamic balance
Obesity
Girls

ABSTRACT

Introduction The increasing prevalence of childhood obesity has been associated with adverse effects on motor performance and postural control. The present study aimed to compare static and dynamic balance performance between obese and non-obese 10-year-old girls.

Methods The study sample consisted of 60 ten-year-old girls from elementary schools in Sirjan County, who were selected using purposive sampling (mean age: 10.47 ± 0.21 years; mean height: 141.68 ± 17.37 cm; mean body mass: 56.51 ± 17.70 kg). Static balance was assessed using the Stork test, while dynamic balance was evaluated using the Star Excursion Balance Test (SEBT). Data were analyzed using SPSS software. After confirming data normality and homogeneity of variances, independent samples t tests were applied to compare the two groups. The level of statistical significance was set at 0.05.

Results The findings indicated that obese girls demonstrated significantly poorer static balance compared with non-obese peers (45.94 ± 12.38 vs. 10.62 ± 12.78 s; $p < 0.001$). Dynamic balance performance was also significantly lower in the obese group (165.39 ± 26.01% vs. 159.68 ± 55.25% of lower limb length; $p < 0.05$). In the SEBT, significant differences were observed in all reach directions except for the anteromedial and medial directions, where no statistically significant differences were found between groups

Conclusion Increased body weight and obesity-related structural alterations, such as spinal kyphosis and reduced medial longitudinal arch of the foot, negatively affect both static and dynamic balance performance in obese girls. These findings highlight the importance of preventive strategies and balance-oriented exercise interventions for obese children to reduce the risk of falls and movement-related injuries.

Received: 2025/12/10

Accepted: 2026/01/28

Available Online:2026/03/07

**Corresponding Author*

Fakhri Firoozi Ghahestani
Address: **Department of Physical Education, Office of Education of Sirjan County, Sirjan, Iran**
Email: Fakhri.firozi@gmail.com

Journal of
Biomechanics and technology in sport

Extended Abstract

Introduction

The Obesity and overweight have become major public health concerns worldwide in recent decades. Social development, lifestyle changes, reduced physical activity, and increased sedentary behaviors are among the primary factors contributing to the growing prevalence of obesity. Obesity is generally defined as a condition in which body weight exceeds the ideal weight by at least 20 percent. Body Mass Index (BMI) is one of the most widely used indicators for assessing weight status and is interpreted in children according to age, sex, and height. In Iran, changes in dietary habits, reduced outdoor play and physical activities, and increased use of electronic devices have contributed significantly to the rise of obesity and overweight among children. Research has shown that childhood obesity is associated with numerous physical, psychological, and social consequences. In addition to negatively affecting physical health, obesity may impair academic performance, social interactions, and participation in sports and physical activities while increasing the risk of movement-related injuries. From a musculoskeletal perspective, excess body weight places additional stress on joints and soft tissues, increasing the likelihood of injuries and movement disorders. Obese children often experience greater difficulty performing fundamental movements such as bending, kneeling, lifting, and carrying objects. These limitations can reduce mobility, functional capacity, and participation in daily physical activities. Biomechanical studies have demonstrated that obesity alters movement patterns and affects the functioning of the musculoskeletal system. Such changes have been observed in activities including walking, running, and other basic movements and are often associated with reduced balance and postural stability. One of the most concerning consequences of childhood obesity is impaired balance control, which may increase the risk of falls and related injuries such as fractures. Balance is a fundamental component of motor performance and plays a critical role in the safe execution of daily activities. Poor balance may reduce children's willingness and ability to participate in physical activities, creating a cycle that further contributes to obesity. Moreover, balance is considered a prerequisite for the development of fundamental motor skills such as running, jumping, throwing, and catching. Since these skills form the basis for participation in active play, impairments in balance may negatively affect children's physical, social, cognitive, and emotional development. Balance can be classified into two categories: static and dynamic. Static balance refers to the ability to maintain body stability while remaining stationary, whereas dynamic balance refers to maintaining stability during movement. Numerous studies have reported that increased levels of obesity are associated with poorer static and dynamic balance in children. However, many of these investigations have relied primarily on questionnaires rather than objective functional and field-based assessments, which are generally considered more accurate for evaluating motor abilities. In Iran, only a limited number of studies have examined balance performance in obese children using practical assessment methods. Despite the recognized importance of balance for healthy growth and motor development, relatively few studies have specifically compared static and dynamic balance in obese and non-obese children, particularly within the Iranian population. Furthermore, some research has suggested that girls may demonstrate lower balance performance than boys, potentially increasing their risk of fall-related injuries. Therefore, investigating balance among girls is especially important. Considering the scarcity of field-based studies that simultaneously evaluate static and dynamic balance in obese and non-

obese children, the present study was conducted to compare these two aspects of balance in 10-year-old obese and non-obese girls.

Method

This causal-comparative and applied study investigated the relationship between obesity and balance in 60 ten-year-old girls from Sirjan. Participants, with an average age of 10.47 years, height of 141.68 cm, and weight of 56.51 kg, having no recent lower limb injury history, were purposefully chosen. After obtaining consent, Body Mass Index (BMI) was calculated using a stadiometer and a digital scale. Obesity classification was performed based on CDC criteria (BMI ≥ 95th percentile for obese and 5th ≤ BMI ≤ 85th percentile for non-obese). Despite BMI's limitations in precisely determining body composition, it was employed due to its ease of use and comparability with prior research. Static balance was assessed via the "Stork Test" (one-leg standing). In this test, the participant endeavored to maintain balance on their dominant leg with eyes closed for the longest possible duration. The best recorded time from three trials was considered the final score. Dynamic balance was measured using the Star Excursion Balance Test (SEBT). This method involved the individual maintaining balance on one leg while reaching with the other leg in eight different directions to the maximum possible distance. The average reach distances in each direction were calculated and subsequently normalized by lower limb length to determine the final score for each direction. A statistical significance level of 0.05 was set for data analysis. For data analysis, the SPSS statistical software was utilized. Prior to conducting inferential analyses, the prerequisites for using parametric tests were examined. The normality of data distribution for all variables in both groups was confirmed using the Kolmogorov-Smirnov test ($p > 0.05$), and the equality of variances was also confirmed with Levene's test ($p > 0.05$). Consequently, an independent samples t-test was employed to compare the mean static and dynamic balance variables between the obese and non-obese groups. The significance level for the tests was set at 0.05.

Result

Non-obese children had better static balance compared to obese children ($p<0.001$). Furthermore, the non-obese group also exhibited better dynamic balance than the obese group ($p<0.05$), with obese children showing poorer performance in most directions of the SEBT.

Table 1: Mean and standard deviation of scores obtained in various balance indices during the Star Balance Test

Region	Obese (Mean ± SD)	Non-Obese (Mean ± SD)	p-value
Anterior	104.10 ± 18.77	114.71 ± 17.87	0.005*
Anteromedial	116.15 ± 25.69	123.75 ± 20.80	0.015
Medial	141.30 ± 33.58	143.35 ± 21.77	0.780
Posteromedial	120.13 ± 22.21	132.95 ± 19.77	0.007*
Posterior	116.84 ± 20.42	133.04 ± 22.81	0.001*
Posterolateral	102.77 ± 19.53	115.22 ± 21.15	0.002*
Lateral	80.01 ± 21.96	105.26 ± 16.06	0.001*
Anterolateral	68.71 ± 10.86	83.86 ± 20.67	0.001*

Discussion

This study shows that obesity negatively affects both static and dynamic balance in children, whereas normal-weight or underweight children demonstrate better balance abilities. These findings have important implications for childhood obesity interventions. Understanding the link between obesity and poor balance helps design holistic programs that address not only weight management but also motor function and balance. Children with balance issues often struggle in sports and group games, leading to reduced physical activity and a vicious cycle of inactivity and weight gain. Therefore, incorporating specialized balance exercises—such as standing on one leg, heel-to-toe walking, using balance boards, and performing complex movements while maintaining equilibrium—into therapeutic and educational programs is essential. These interventions aim to improve motor skills, boost self-confidence, and enhance overall quality of life. Additionally, parents and educators should assess and strengthen children's balance skills during developmental years. Early detection and appropriate intervention can prevent long-term complications associated with obesity and motor impairments, helping children achieve better physical and psychological well-being.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was conducted in accordance with ethical standards for research involving human participants. All participants were informed about the study procedures and objectives and provided written informed consent prior to participation.

Funding

This research did not receive any funding from any institution or organization.

Authors' contributions

All authors contributed to the study conception, writing, and final approval of the manuscript.

Conflict of interest

The authors declare that they have no competing interests.

مقاله پژوهشی

مقایسه عملکرد تعادلی ایستا و پویا در بین کودکان چاق و غیر چاق دختر

فخری فیروزی قهستانی[1]، فاطمه سبزواری شهرضا[1]

۱. گروه تربیت بدنی، اداره آموزش و پرورش شهرستان سیرجان، سیرجان، ایران

۲. دکتری رشد حرکتی، گروه مدیریت ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

Citation Firoozi Ghahestani F, Sabzevari F. Comparison of Static and Dynamic Balance Performance between Obese and Non-Obese Girls (In Persian) Journal of Biomechanics and technology in sport. 2026;1(1):[41-55]. doi:10.22103/jbts.2026.26492.1009.

doi:10.22103/jbts.2026.26492.1009

چکیده

مقدمه: افزایش چاقی و اضافه وزن در کودکان، با پیامدهای منفی بر عملکرد حرکتی و تعادل همراه است. پژوهش حاضر با هدف مقایسه تعادل ایستا و پویا در دختران ۱۰ ساله چاق و غیرچاق انجام شد.

روش پژوهش: جامعه آماری شامل ۶۰ نفر از دختران ۱۰ ساله دبستان‌های شهرستان سیرجان بود که به صورت هدفمند انتخاب شدند (میانگین سنی ۰/۲۱ ± ۱۰/۴۷ سال، میانگین قد ۱۷/۳۷ ± ۱۴۱/۶۸ سانتیمتر و میانگین وزن ۱۷/۷۰ ± ۵۶/۵۱ کیلوگرم). تعادل ایستا با آزمون لکلک و تعادل پویا با آزمون ستاره (SEBT) ارزیابی شد. تحلیل داده‌ها با نرمافزار SPSS انجام شد و آزمون t مستقل برای مقایسه گروه‌ها پس از تأیید نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها استفاده گردید. سطح معناداری ۰/۰۵در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که دختران چاق در مقایسه با غیرچاق‌ها کاهش معناداری در تعادل ایستا (۱۲/۳۸ ± ۴۵/۹۴ در مقابل ۱۰/۶۲ ± ۱۲/۷۸ثانیه، $p < ۰/۰۰۱$)و تعادل پویا (۲۶/۰۱ ± ۱۶۵/۳۹ درصد طول اندام تحتانی در مقابل ۵۵/۲۵ ± ۱۵۹/۶۸ درصد طول اندام تحتانی، $p <۰/۰۵$)دارند. در آزمون ستاره، تفاوت معناداری در تمامی شاخص‌ها مشاهده شد به جز شاخص‌های قدامی—داخلی و داخلی، که تفاوت آماری نداشتند.

نتیجه‌گیری: افزایش وزن و تغییرات ساختاری ناشی از چاقی مانند کیفوز ستون فقرات و کاهش قوس طولی داخلی کف پا، موجب کاهش عملکرد تعادلی ایستا و پویا در دختران چاق می‌شود. این یافته‌ها اهمیت برنامه‌های پیشگیری و تمرینات تعادلی برای کودکان چاق را به منظور کاهش خطر سقوط و آسیب‌های حرکتی نشان می‌دهند.

کلمات کلیدی

تعادل ایستا

تعادل پویا

چاقی

دختران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۱۶

نویسنده مسئول:

فخری فیروزی قهستانی

آدرس: گروه تربیت بدنی، اداره آموزش و پرورش شهرستان سیرجان، سیرجان، ایران

پست الکترونیکی: Fakhri.firozi@gmail.com

مقدمه

امروزه چاقی و اضافه‌وزن در جوامع مختلف به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. توسعه‌پذیری کشورها، تغییر سبک زندگی و کاهش فعالیت بدنی از جمله عواملی هستند که در نهایت منجر به افزایش مشکلات سلامتی ناشی از فقر حرکتی شده‌اند (۱). چاقی به حالتی اطلاق می‌شود که وزن بدن حداقل ۲۰ درصد بیش از وزن ایده‌آل باشد. شاخص توده بدنی (BMI) یکی از شاخص‌های رایج و معتبر برای تعیین وضعیت وزن محسوب می‌شود که در کودکان بر اساس قد، سن و جنس تفسیر می‌گردد (۲). در سال‌های اخیر، تغییر عادات غذایی، کاهش فعالیت‌های بدنی خارج از منزل و افزایش رفتارهای کم‌تحرک از مهمترین دلایل شیوع چاقی و اضافه‌وزن در کودکان ایرانی گزارش شده است (۳). پژوهش‌های متعدد نشان داده‌اند که چاقی و اضافه‌وزن در سنین مدرسه با پیامدهای نامطلوب سلامتی متعددی همراه است (۴،۵). این وضعیت نه تنها بر سلامت جسمانی اثر می‌گذارد، بلکه می‌تواند عملکرد تحصیلی، تعاملات اجتماعی و مشارکت در فعالیت‌های بدنی و ورزشی را نیز تحت تأثیر قرار دهد و احتمال آسیب‌دیدگی در حین فعالیت‌های حرکتی را افزایش دهد (۶،۷). مطالعات نشان داده‌اند که چاقی با ایجاد محدودیت‌های ساختاری و عملکردی در سیستم حرکتی همراه است. ویرینگ و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که افزایش وزن موجب وارد آمدن فشارهای بیش از حد بر بافت‌های نرم شده و افراد را مستعد بروز آسیب‌های عضلانی–اسکلتی می‌کند (۸). افراد چاق و دارای اضافه‌وزن معمولا در انجام حرکات پایه‌ای نظیر خم شدن، زانو زدن، بلند کردن و حمل اشیاء با محدودیت مواجه هستند (۹،۱۰). این محدودیت‌ها می‌توانند به کاهش تحرک‌پذیری، قدرت عملکردی و مشارکت در فعالیت‌های بدنی روزمره منجر شوند. از منظر بیومکانیکی، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که چاقی از طریق تغییرات کینماتیکی و کینتیکی موجب اختلال در الگوهای حرکتی نظیر راه رفتن، دویدن و سایر فعالیت‌های پایه می‌شود و به‌طور ویژه بر تعادل و پایداری بدن تأثیر منفی می‌گذارد (۱۱-۱۳). یکی از پیامدهای نگران‌کننده چاقی در کودکان، کاهش توانایی حفظ تعادل است که با افزایش میزان سقوط و آسیب‌های ناشی از آن، از جمله شکستگی‌های همراه گزارش شده است (۷،۱۸). تعادل یکی از مؤلفه‌های اساسی عملکرد حرکتی است که نقش مهمی در انجام ایمن فعالیت‌های روزمره ایفا می‌کند. اختلال در تعادل می‌تواند منجر به کاهش مشارکت در فعالیت‌های بدنی شود و این چرخه معیوب، خود به تشدید چاقی و اضافه‌وزن منجر گردد (۱۴). از دیدگاه نظریه‌های رشد حرکتی، تعادل و پایداری از پیش‌نیازهای اساسی رشد الگوهای حرکتی بنیادی جابه‌جایی و دستکاری محسوب می‌شوند و در اجرای مهارت‌هایی نظیر دویدن، پریدن، پرتاب و دریافت نقش تعیین‌کننده‌ای دارند (۱۵). از آنجا که این مهارت‌ها زیربنای مشارکت موفق در بازی‌های فعال هستند و بازی نقشی اساسی در رشد عاطفی، اجتماعی، شناختی و ادراکی کودکان دارد، ضعف در تعادل می‌تواند به‌طور غیرمستقیم بر سایر جنبه‌های رشد کودک اثر منفی بگذارد (۱۵). تعادل به توانایی حفظ مرکز توده بدن در محدوده سطح اتکا اطلاق می‌شود که مستلزم هماهنگی مداوم فعالیت عضلات و وضعیت مفاصل است (۱۶). تعادل به دو نوع ایستا و پویا تقسیم می‌شود؛ تعادل ایستا به حفظ وضعیت پایدار بدن در حالت سکون و تعادل پویا به حفظ پایداری بدن در حین حرکت اشاره دارد (۱۷). مطالعات متعددی گزارش کرده‌اند که با افزایش میزان چاقی، تعادل ایستا و پویا در کودکان کاهش می‌یابد (۱۹،۲۰). با این حال، در برخی از این پژوهش‌ها ارزیابی تعادل بر

اساس پرسشنامه‌ها انجام شده و کمتر از آزمون‌های عملکردی و میدانی استفاده شده است که دقت بالاتری در سنجش توانایی‌های حرکتی دارند. در تحقیقات داخلی، مطالعات محدودی به بررسی تعادل کودکان با استفاده از آزمون‌های کاربردی پرداخته‌اند (۲۱-۲۳). با وجود اهمیت بالای تعادل در سلامت و رشد حرکتی کودکان، پژوهش‌های اندکی به‌طور خاص به بررسی تعادل ایستا و پویا در کودکان چاق پرداخته‌اند، به‌ویژه در دامنه سنی کودکان و در جامعه ایرانی. از سوی دیگر، برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که دختران در مقایسه با پسران از تعادل کمتری برخوردارند و این موضوع می‌تواند خطر آسیب‌های ناشی از سقوط را افزایش دهد (۲۴). از این رو، بررسی تعادل در جامعه دختران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به فقدان پژوهش‌های میدانی که به‌صورت همزمان تعادل ایستا و پویا را در کودکان چاق و غیرچاق بررسی کرده باشند، به‌ویژه در ایران، پژوهش حاضر با هدف مقایسه تعادل ایستا و پویا در کودکان دختر ۱۰ ساله چاق و غیرچاق انجام شد.

روش‌شناسی پژوهش

شرکت‌کنندگان

آزمودنی‌های این پژوهش ۶۰ نفر از دختران ۱۰ ساله دبستان‌های شهرستان سیرجان با میانگین سنی ۰/۲۱ ± ۱۰/۴۷سال، میانگین قد ۱۷/۳۷± ۱۴۱/۶۸ سانتیمتر و میانگین جرم ۱۷/۷۰ ±۵۶/۵۱ کیلوگرم که به صورت هدفمند انتخاب شدند. آزمودنی‌ها بدون هیچ سابقه آسیب دیدگی اندام تحتانی در ۶ ماه گذشته در این پژوهش حاضر شدند. پس از جلب رضایت اولیای مدرسه، والدین و آزمودنی‌ها، ابتدا اهداف پژوهش برای آنان توضیح داده شد و والدین با تکمیل رضایتنامه کتبی، تمایل خود را برای شرکت فرزندانشان در این مطالعه نشان دادند.

ابزار

برای بدست آوردن شاخص توده بدنی، قد و وزن دانش آموزان ۱۰سال اندازه‌گیری و سپس شاخص توده بدنی آنها محاسبه شد. قد بدون کفش در حالت ایستاده با استفاده از قدسنج Seca و با دقت ۰/۵ سانتی‌متر و جرم فرد با لباس و بدون کفش با ترازوی دیجیتال با حساسیت ۰/۱ کیلوگرم اندازه‌گیری شد و شاخص توده بدنی از تقسیم جرم (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر مربع) محاسبه شد. اطلاعات این مرجع بر اساس روش آماری صدک‌های شاخص توده بدنی به تفکیک سن بر حسب سال و جنس برای کودکان و نوجوانان ۲-۱۸ ساله محاسبه گردید. طبقه‌بندی آزمودنی‌ها بر اساس صدک‌های شاخص توده بدنی متناسب با سن و جنس و مطابق با معیار مرکز کنترل و پیشگیری بیماری‌ها Prevention and Control Disease for (Centers: CDC) انجام گرفت. بر این اساس، دانش‌آموزانی که مقدار BMI آنها بزرگتر یا مساوی صدک ۹۵ بود، در گروه چاق و دانش‌آموزانی که BMI آنها در بازه صدک‌های ۵ تا ۸۵ قرار داشت، در گروه غیرچاق طبقه‌بندی شدند (اگرچه این بازه طیف وسیع‌تری از وضعیت وزن را نسبت به گروه چاق (صدک ≤ ۹۵) در بر میگیرد، اما بر اساس دسته‌بندی مرسوم در مطالعات اپیدمیولوژیک کودکان و مطابق با دستورالعملCDC، افراد در این محدوده به عنوان گروه مرجع طبیعی یا 'نه

چاق' در نظر گرفته می‌شوند. این رویکرد امکان مقایسه واضح‌تری را بین کودکان دارای چاقی آشکار و باقی جمعیت فراهم می‌آورد).

شایان ذکر است که اگرچه شاخص توده بدنی یکی از پرکاربردترین شاخص‌ها برای تعیین وضعیت وزن در مطالعات اپیدمیولوژیک کودکان است، اما این شاخص اطلاعات مستقیمی درباره ترکیب بدنی و توزیع چربی ارائه نمی‌دهد. با این حال، به دلیل سهولت اندازه‌گیری، قابلیت مقایسه با مطالعات پیشین و توصیه مراجع معتبر بین‌المللی، از BMI به‌عنوان شاخص عملیاتی وضعیت وزن در پژوهش حاضر استفاده شد. برای ارزیابی تعادل ایستا از آزمون لک لک (Test Stork)یا ایستادن روی یک پا استفاده شد. این آزمون که یکی از روش‌های رایج سنجش تعادل ایستا به شمار می‌رود، از روایی محتوایی و ظاهری قابل قبول برخوردار است و پایایی آن در گروه‌های سنی مشابه نیز گزارش شده است (۰/۸۱) (۲۵).

برای ارزیابی تعادل پویا از آزمون تعادل گردش ستاره (Test Balance Excursion Star; SEBT) استفاده شد. این آزمون دارای پایایی بسیار بالا است و ضرایب همبستگی درونکالسی (ICC) آن بسته به جهت بین ۰/۸۵ تا ۰/۹۸ گزارش شده است (۲۸). روش اجرای آزمون به این صورت بود: فرد باید تعادل خود را روی یک پا حفظ می‌کرد، بدون آنکه سطح اتکا را درگیر کرده یا تعادلش برهم بخورد، در حالی که با پای دیگر عمل دستیابی را برای کسب بیشترین فاصله در هشت جهت مختلف انجام می‌داد. هدف از این حرکت، سنجش توانایی فرد در حفظ تعادل هنگام ایجاد بیشترین اختلال در موازنه بدن و توانایی بازگشت به حالت پایدار بود. هر آزمودنی در هر جهت سه بار تلاش می‌کرد و بین هر دو کوشش، ۱۵ ثانیه استراحت در نظر گرفته می‌شد. سپس میانگین فاصله دستیابی در هر جهت محاسبه و ثبت شد. در نهایت مجموع فاصله دستیابی در هشت جهت بر طول اندام تحتانی آزمودنی تقسیم و در عدد ۱۰۰ ضرب گردید تا امتیاز هر جهت مشخص شود (۲۶-۲۷).

روند اجرای پژوهش

مطالعه حاضر از نوع علی مقایسه‌ای و کاربردی بود.

روش اجرای آزمون به این صورت بود: ورزشکار روی پای برتر خود می‌ایستاد و کف پای غیر برتر را بر کناره داخلی زانوی پای اتکا قرار می‌داد، به‌گونه‌ای که انگشتان پا کاملاً رو به پایین باشند. برای تعیین پای برتر هر فرد، از دو روش ساده و رایج استفاده شد: ابتدا از آزمودنی پرسیده می‌شد که برای ضربه زدن به توپ از کدام پا استفاده می‌کند. سپس از او خواسته می‌شد تا به‌طور طبیعی از یک پله کوتاه بالا رود. در صورتی که هر دو آزمون به یک پای مشخص اشاره داشتند، همان پا به عنوان پای برتر در تمامی مراحل آزمون در نظر گرفته می‌شد. پس از آن، با فرمان پژوهشگر، آزمودنی چشمان خود را میبست و پای غیر برتر را از زمین بلند می‌کرد و تلاش می‌نمود تا حد امکان تعادل خود را حفظ کند. هرگاه تعادل فرد برهم می‌خورد یا خطایی رخ می‌داد، زمان متوقف و رکورد ثبت می‌شد. هر آزمودنی این عمل را سه بار انجام می‌داد و بهترین زمان به عنوان رکورد نهایی (بر حسب ثانیه) در نظر گرفته می‌شد. برای ایجاد شرایط مطلوب، بین هر تکرار، زمان استراحت کافی لحاظ می‌گردید (۲۶،۲۷). برای ارزیابی تعادل ایستا از آزمون لک لک (Test Stork)یا ایستادن روی یک پا استفاده شد.

با توجه به ماهیت علی–مقایسه‌ای پژوهش و طبقه‌بندی آزمودنی‌ها بر اساس وضعیت وزن پس از نمونه‌گیری، کفایت حجم نمونه بر مبنای شواهد مطالعات پیشین در زمینه بررسی تعادل ایستا و پویا در کودکان با وضعیت‌های وزنی متفاوت و همچنین نوع آزمون آماری مورد استفاده ارزیابی شد (۲۹،۳۰). بر این اساس، حجم نمونه کل ۶۰ نفر برای شناسایی تفاوت‌های معنادار بین گروه‌ها با اندازه اثر متوسط و سطح خطای ۰/۰۵ مناسب تشخیص داده شد. علاوه بر این، محدودیت‌های میدانی و دسترسی به جامعه هدف نیزدر تعیین حجم نمونه لحاظ گردید.

روش آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS استفاده شد. پیش از انجام تحلیل‌های استنباطی، پیشفرض‌های استفاده از آزمون پارامتریک بررسی شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها برای تمامی متغیرها در هر دو گروه با استفاده از آزمون کولموگروف–اسمیرنوف تأیید شد (p > ۰/۰۵) و برابری واریانس‌ها با آزمون لوین نیز تأیید گردید .(p> ۰/۰۵)بنابراین، برای مقایسه میانگین متغیرهای تعادل ایستا و پویا بین دو گروه چاق و غیرچاق، از آزمون t مستقل استفاده شد. سطح معناداری آزمون‌ها برابر با ۰/۰۵در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

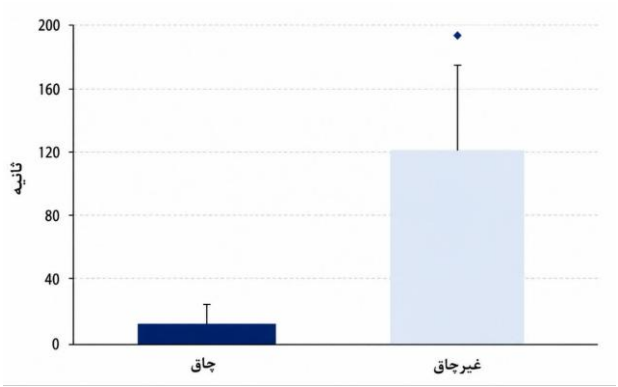
همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، آزمودنی‌های غیرچاق (۴۵/۹۴ ± ۱۲۲/۳۸ ثانیه)، افزایش معنادارای را در تعادل ایستا نسبت به آزمودنی‌های چاق (۱۰/۶۲ ± ۱۲/۷۸ ثانیه) از خود نشان دادند (p< ۰/۰۰۱) .شکل ۲ نشان‌دهنده این موضوع است که اختلاف معنادارای در تعادل پویا بین گروه غیرچاق (۲۶/۰۱ ± ۱۶۵/۳۹ درصد طول اندام پایین تنه) در مقابل گروه چاق (۵۵/۲۵ ± ۱۵۹/۶۸درصد طول اندام پایین تنه) وجود دارد (p< ۰/۰۵). قابل ذکر است که کودکان چاق تعادل پویای کمتری را بصورت معناداری در شاخص‌های قدامی، خلفی داخلی، خلفی، خلفی خارجی، خارجی و قدامی خارجی به غیر از شاخص‌های قدامی داخلی و داخلی در طول اجرای آزمون ستاره نسبت به آزمودنی‌های غیرچاق از خود نشان دادند (جدول ۲).

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار خصوصیات فردی آزمودنی‌های چاق و غیر چاق

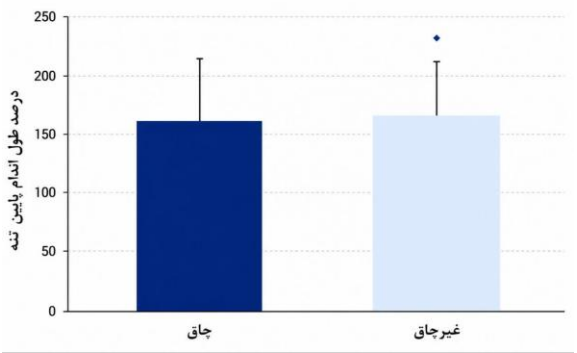
گروه	سن (Mean± SD)	قد (Mean± SD)	جرم (Mean± SD)	شاخص توده بدنی (Mean± SD)
چاق	۱۰/۴۶ ± ۰/۲۱	۱۴۳/۵ ± ۱۷/۵۹.	۶۷/۰۶ ± ۹/۷۹	۳۳/۱۲ ± ۵/۲۶
غیر چاق	۱۰/۴۸ ± ۰/۲۱	۱۳۹/۸۶ ± ۱۷/۲۵	۳۶/۰۶ ± ۶/۶۷	۱۹/۱۱ ± ۵/۵۳

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار نمرات کسب شده در شاخص‌های تعادلی مختلف در طول آزمون تعادل ستاره

شاخص / گروه	چاق (Mean± SD)	غیرچاق (Mean± SD)	P
قدامی	۱۰۴/۱۰ ±۱۸/۷۷	۱۱۴/۷۱ ± ۱۷/۸۷	*۰/۰۰۵
قدامی‌داخلی	۱۱۶/۱۵ ± ۲۵/۶۹	۱۲۳/۷۵ ± ۲۰/۸۰	۰/۰۱۵
داخلی	۱۴۱/۳۰ ± ۳۳/۵۸	۱۴۳/۳۵ ± ۲۱/۷۷	۰/۷۸
خلفی‌داخلی	۱۲۰/۱۳ ± ۲۲/۲۱	۱۳۲/۹۵ ± ۱۹/۷۷	*۰/۰۰۷
خلفی	۱۱۶/۸۴ ± ۲۰/۴۲	۱۳۳/۰۴ ± ۲۲/۸۱	*۰/۰۰۱
خلفی‌خارجی	۱۰۲/۷۷ ± ۱۹/۵۳	۱۱۵/۲۲ ± ۲۱/۱۵	*۰/۰۰۲
خارجی	۸۰/۰۱ ± ۲۱/۹۶	۱۰۵/۲۶ ± ۱۶/۰۶	*۰/۰۰۱
قدامی‌خارجی	۶۸/۷۱ ±۱۰/۸۶	۸۳/۸۶ ± ۲۰/۶۷	*۰/۰۰۱



نمودار ۱.تعادل ایستای آزمودنی‌های چاق و غیر چاق



نمودار ۲. تعادل پویای آزمودنی‌های چاق و غیر چاق

بحث

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، آزمودنی‌های چاق کاهش معناداری در تعادل ایستا و پویا نسبت به آزمودنی‌های غیرچاق نشان دادند (شکل ۱). اگرچه مطالعه‌ای کاملا مشابه با تحقیق حاضر یافت نشد، اما نتایج به دست آمده با شواهد موجود در سایر پژوهش‌های مرتبط با عملکردهای جسمانی افراد چاق همسو بوده و دور از انتظار نبود. از نزدیک‌ترین مطالعات می‌توان به تحقیقات دِلپولسن و همکاران (۲۰۱۱) و گولدینگ و همکاران (۲۰۰۳) اشاره کرد. هرچند روش سنجش تعادل در این پژوهش‌ها با روش حاضر متفاوت بود، اما نتایج همگی بر کاهش تعادل در کودکان چاق نسبت به همسالان غیرچاق تأکید داشتند. یکی از عوامل احتمالی کاهش تعادل در افراد چاق، تغییرات قامتی ستون فقرات و کاهش قوس طولی داخلی کف پا است (۷). مطالعات پیشین نشان داده‌اند که افراد دارای کیفوز ستون فقرات از تعادل کمتری برخوردارند و برای حفظ ثبات بیشتر از مفاصل ران و مچ پا استفاده می‌کنند؛ این امر بیانگر ارتباط بی‌ثباتی با تغییرات انحنای ستون فقرات است (۳۳، ۳۰، ۲۷). از سوی دیگر، چاقی موجب محدودیت دامنه حرکتی ستون فقرات و کاهش حرکات تنه و کمر می‌شود (۳۴-۳۶) و همچنین بدشکلی‌های قامتی را تشدید می‌کند که خود عاملی خطرزا برای بی‌ثباتی و سقوط است (۴۰-۴۲). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات ساختاری ستون فقرات ناشی از چاقی، نقش مهمی در کاهش تعادل ایستا و پویا دارد. علاوه بر این، گزارش‌های ویتنی و ریستلی (۲۰۰۴) و کُت و همکاران (۲۰۰۵) نشان داده‌اند که تغییرات بیومکانیکی مرتبط با چاقی در کنترل قامت و فعالیت‌های حرکتی، تفاوت آشکاری میان افراد چاق و غیرچاق ایجاد می‌کند. این تغییرات اغلب با مشکلات عضلانی-اسکلتی در ران‌ها، زانوها و پاها همراه است (۴۰، ۴۱). به نظر می‌رسد درصد بالای چربی بدن، افزایش بافت آدیپوز و کاهش سلول‌های عضلانی در افراد چاق، منجر به ضعف و کاهش قدرت عضلانی به‌ویژه در اندام‌های تحتانی و ستون فقرات می‌شود. این ضعف عضلانی خود یک عامل مکانیکی محدودکننده تعادل است، به‌ویژه در شرایط پویا که نیازمند استفاده بیشتر از قدرت عضلانی برای حفظ ثبات می‌باشد (۷). تغییرات ساختاری پا و تغییر گشتاور تاندون آشیل نیز می‌تواند از دیگر دلایل کاهش تعادل باشد. این تغییرات موجب اختلال در امتداد اندام تحتانی و تأثیر بر مفصل ران می‌شوند که مسئول حفظ تعادل در نوسانات طرفی است (۷). هیلتون و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که تغییرات حسی کف پا و انعطاف‌پذیری مفصل مچ پا نقش مهمی در کنترل تعادل دارند (۴۲). از آنجا که افراد چاق دچار تغییرات بارز در ساختار پا می‌شوند، می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت‌های ساختاری ناشی از چاقی در پاها نیز بر تعادل اثرگذار است. یافته‌های ویالرویا و همکاران (۲۰۰۹) و هیلز و همکاران (۲۰۰۲) نیز نشان داد که قوس طولی داخلی پای افراد چاق به دلیل نیروهای اضافی دائمی کاهش یافته و فشارهای کف پایی آنان نسبت به افراد غیرچاق بیشتر است (۳۷، ۴۳). این تغییرات ساختاری موجب افزایش عرض پا، سطح تماس با

زمین و فشارهای کفی در نواحی استخوان‌های کف پایی، پاشنه و میانه کف پا می‌شود (۴۳، ۴۰، ۲۷). با توجه به اینکه پا پایین‌ترین بخش اندام تحتانی است و نقش اصلی در تحمل وزن و انتقال نیرو به زمین دارد (۳۹)، تغییرات ساختاری ناشی از افزایش وزن امری قابل انتظار است (۴۴). از نکات قابل توجه در نتایج آزمون ستاره برای ارزیابی تعادل پویا، وجود تفاوت معنادار بین آزمودنی‌های چاق و غیرچاق در تمامی شاخص‌های تعادلی به جز شاخص قدامی-داخلی و شاخص داخلی بود. این یافته نشان می‌دهد که دختران چاق ۱۰ ساله توانستند تنها در این دو جهت تعادل پویای خود را حفظ کرده و دستیابی بیشتری نسبت به همسالان غیرچاق داشته باشند. احتمالا دلیل این امر به درجه آزادی محدود حرکت اندام تحتانی در این جهات و کاهش دامنه حرکتی ناشی از تغییرات ساختاری بدن مرتبط با چاقی بازمی‌گردد. همانطور که پیشتر بحث شد، افزایش وزن موجب تغییرات عضلانی-اسکلتی در ستون فقرات، ران‌ها، زانوها، مچ‌ها و به‌ویژه کف پا می‌شود (۲۷–۴۱). به نظر می‌رسد که این تغییرات تنها در برخی جهات امکان دستیابی بیشتر را برای افراد چاق فراهم می‌کنند، هرچند میزان دستیابی آنان نسبت به افراد غیرچاق کمتر بوده و تفاوت معناداری مشاهده نشد. در مجموع، نتایج حاضر به‌روشنی نشان می‌دهد که افراد چاق به دلیل تغییرات ساختاری ناشی از چاقی در کل بدن، عملکرد تعادلی ایستا و پویای ضعیف‌تری نسبت به افراد غیرچاق دارند. با توجه به اهمیت تعادل به‌عنوان یکی از پیش‌نیازهای اساسی حرکت ایمن و مستقل در انسان، این کاهش عملکرد تعادلی میتواند خطر سقوط و آسیب‌های جسمانی بیشتری را برای این گروه به همراه داشته باشد.

از محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به عدم استفاده از دستگاه‌های آزمایشگاهی پیشرفته مانند Biodex و اتکا به آزمون‌های میدانی تعادل اشاره کرد. آزمون‌های Stork و SEBT اگرچه ابزارهایی معتبر و پرکاربرد هستند، اما ممکن است تحت تأثیر عواملی همچون انگیزه آزمودنی، اثر یادگیری حرکتی و خطای مشاهده‌گر قرار گیرند. برای کاهش این محدودیت‌ها، شرایط اجرا استانداردسازی شد و از آزمونگر ثابت استفاده گردید. یکی دیگر از محدودیت‌های روش‌شناختی مطالعه حاضر، عدم محاسبه و گزارش اندازه اثر (Size Effect) برای تفاوت‌های مشاهده شده بود. اگرچه نتایج از نظر آماری معنادار بودند، ارائه شاخصی مانندd کوهن (d s'Cohen) می‌توانست برآورد دقیق‌تری از اهمیت عملی و بالینی این تفاوت‌ها فراهم سازد.

برای مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود ارزیابی‌های تعادل که تاکنون با آزمون‌های میدانی انجام شده‌اند، با استفاده از دستگاه Biodex مورد تحلیل قرار گیرند. همچنین، انجام پژوهش‌هایی درباره اثر تمرینات تعادلی بر افراد چاق در سنین مختلف توصیه می‌شود تا ماهیت رشد و ارتقاء توانایی‌های تعادلی در این گروه روشن‌تر گردد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که کودکان چاق نسبت به کودکان غیرچاق از تعادل ایستا و پویا کمتری برخوردارند. به نظر می‌رسد چاقی با ایجاد تغییرات ساختاری در قامت و کف پا، توانایی حفظ تعادل را کاهش می‌دهد. از آنجا که ضعف در تعادل یکی از عوامل خطر آسیب محسوب می‌شود و وقوع آسیب می‌تواند به بی‌تحرکی و انزوای بیشتر منجر شود، مقابله با چاقی و اجرای برنامه‌های کاهش وزن باید از منظر پیشگیری از آسیب‌های آتی مورد توجه جدی قرار گیرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاقی

این پژوهش مطابق با اصول اخلاقی پژوهش‌های مرتبط با شرکت‌کنندگان انسانی انجام شد. تمامی شرکت‌کنندگان پیش از ورود به مطالعه، از اهداف و روش‌های پژوهش آگاه شده و رضایت‌نامه آگاهانه کتبی را تکمیل کردند.

حامی مالی

این مقاله توسط هیچ نهاد یا سازمانی حمایت مالی نشده است

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در نگارش این مقاله مشارکت داشتند

تعارض منافع

نویسندگان مقاله اظهار دارند تعارض در منافع بین آن‌ها وجود ندارد.

منابع

1. Kopelman P. Health risks associated with overweight and obesity. Obes Rev 2007; 8(11): 7-13.
2. Kliegman RM, Behrman RE, Jenson HB, Marcdante KJ. Nelson essentials of pediatrics 5 th. Translated by Arjomand M and et al. Tehran: Arjomand Press. 2006; pp: 206-209. [Persian]
3. Rashidi A, Mohammadpour-Ahranjani B, Vafa MR, Karandish M. Prevalence of obesity in Iran. Obes Rev 2005; 6(3): 191-2.
4. Krebs NF, Jacobson MS. American Academy of Pediatrics Committee on Nutrition: Prevention of pediatric overweight and obesity. Pediatr 2003; 112(2): 424-30.
5. Mulvaney SA, Kaemingk KL, Goodwin JL, Quan SF. Parent rated behavior problems associated with overweight before and after controlling for sleep disordered breathing. BMC Pediatr 2006; 6: 34.
6. Datar A, Sturm R. Childhood overweight and elementary school outcomes. Int J Obes (Lond) 2006; 30(9): 1449-60.
7. Rahimi R, Ghadirian F, RezaSoltani A, Khalkhali Zavieh M. Relationship between the medial longitudinal arch and the thoracic and lumbar curvatures with the static and dynamic stability in obese females. Scie J Rehab Med 2012; 1(2): 18-22 [In Persian].
8. Wearing C, Hennig EM, Byrne NM, Hills AP. Musculoskeletal disorders associated with obesity. A biomechanical perspective proobesity reviews. Obes Rev 2006; 7(3): 239-50.
9. Han TS, Tijhuis MR, Lean MJ, Seidell JC. Quality of life in relation to overweight and body fat distribution. Am J Public Health 1998; 88(12): 1814-20.

10. Jenkins KR. Obesity's effects on the onset of functional impairment among older adults. Gerontologist 2004; 44(2): 206-16.
11. Bergland A, Pettersen A, Laake K. Functional status among elderly Norwegian fallers living at home. Physiotherapy Rese Int 2000; 5(1): 33-45.
12. Guelich M. Prevention of falls in the elderly: A literature review. Top Geriatr Rehabil 1999; 15(1): 15-25.
13. Zecevic A, Salmoni A, Speechley M, Vandervoort A. Defining a fall and reasons for falling: Comparisons among the views of seniors, health care providers, and the research literature. Gerontologist 2006; 46(3): 367-76.
14. KooroshFard N, Alizadeh MH, Kahrizi S. Comparison of dynamic balance at in female Futsal with Patellofemoral pain syndrome and normal female futsal. Med Sport 2009; 1: 55-68 [In Persian].
15. Croix MDS, Korff T. Paediatric Biomechanics and Motor Control: Theory and Application. 1st ed. Routledge; 2012.
16. O'Connell M, George K, Stock D. Postural sway and balance testing: a comparison of normal and anterior cruciate ligament deficient. Gait & Postur 1998; 8(2): 136.
17. Azimzadeh E, gholamali M, nourshahi M. Relationship between elderly body composition indices and static and dynamic balance in relation to their rate of falling. Elderly 2013; (7) 27: 67-74 [InPersian].
18. Petti S, Cariella G, Tarsitani G. Childhood obesity: A risk factor for traumatic injuries to anterior teeth. Endodontics and Dental Traumatology. Endod Dent Traumatol 1997; 13(6): 285-8.
19. Goulding A, Jones I. E, Taylor RW. Dynamic and static tests of balance and postural sway in boys: effects of previous wrist bone fractures and high adiposity: Gait & Posture 2003; 17(2):136-41.
20. Del Porto HC, Pechak CM, Smith DR, Reed-Jones RJ. Biomechanical Effects of Obesity on Balance. Int J Exerc Sci 2012; 5(4): 301-20.
21. Ebrahimi Atri A, HashemiJavaheri AA, Asghari L. Comparison of Two Exercise Methods on Motor Performance and Balance in Children with Spastic Cerebral Palsy. Rehabilitation 2012; 13(1): 79-87 [In Persian].
22. Saleh V, Sadeghi R. Comparison current evaluating balance tests in novice and professional 6 to 8 years old gymnasts with emphasis on some anthropometric characteristics. Research Biosci Phys Activity 2012; 1(1): 63-74 [In Persian].
23. Jafari Z, Malayeri S, Rezazadeh N, HajiHeydari F. Static and dynamic balance in congenital severe to profound hearing-impaired children. Audiology 2011; 20(2): 102-12 [In Persian].
24. Jannati S, Sohrabi M, Attarzadeh Hoseini R. The effect of selective Hata yoga training on balance of elderly women. Iranian journal of ageing 2011; 18(5): 46-52. [In Persian].
25. Geldhof, E., Cardon, G., De Bourdeaudhuij, I., Danneels, L., Coorevits, P., Vanderstraeten, G., & De Clercq, D. Static and dynamic standing balance: test-retest reliability and reference values in 9 to 10 year old children. European journal of pediatrics, 2006: 165(11), 779-786.
26. Reiman MP, Manske RC. Functional testing in human performance. Human Kinetics 10% 2009.
27. Rajabi R. Samadi H. Corrective Exercise Laboratory Book for Post Graduated Student. 1st ed. Tehran University; 2009. [In Persian].
28. Messier SP, Davies AB, Moore DT, Davis SE, Pack RJ, Kazmar SC. Severe obesity: effects on foot mechanics during walking. Foot Ankle Int 1994; 15(1): 29-34.
29. Shaikh, A. A., & Walunjkar, R. N. Reliability of the star excursion balance test (SEBT) in healthy children of 12-16 Years. Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy, 2014: 8(2), 29.
30. Cardoso, L. D. P., Pereira, K., Bertoncello, D., Castro, S. S. D., Fonseca, L. L. M., & Walsh, I. A. P. D. Excesso de peso e equilíbrio de escolares: estudo de caso controle. 2017.
31. Steinberg, N., Nemet, D., Pantanowitz, M., & Eliakim, A. (2018). Gait pattern, impact to the skeleton and postural balance in overweight and obese children: a review. Sports, 2018, 6.3: 75.
32. Lynn S, Sinaki M. Balance characteristics of persons with osteoporosis. Arch Phys Med Rehabil 1997; 78(3): 273-7.
33. Dowling AM, Steele JR, Bau L A. What are the effects of obesity in children on plantar pressure distribution? Int J Obes Relat Metab Disord 2004; 28(11):1514-9.
34. Murat B, Hakan T. The evaluation of plantar pressure distribution in obese and non-obese adults. Clin Biomech 2004; 19(10): 1055-9.
35. Vismara L, Menegoni F, Zaina F Capodaglio. Effect of obesity and low back pain on spinal mobility: a cross sectional study in women. J Neuroeng Rehabil 2010; 7(1): 3.
36. Fanuele JC, Abdu WA, Hanscom B, Weinstein JN. Association between obesity and functional status in patients with spine disease. Spine (Phila Pa 1976) 2002; 27(3): 306-12.
37. Hangai M, Kaneoka K, Kuno S, Hinotsu S. Factors associated with lumbar intervertebral disc degeneration in the elderly. Spine J 2008; 8(5): 732-40

38. Villarroya MA, Esquivel JM, Tomas C. Assessment of the medial longitudinal arch in children and adolescents with obesity: footprints and radiographic study. Eur J Pediatr 2009; 168(5): 559-67.
39. Ishikawa Y, Miyakoshi N, Kasukawa Y. Spinal curvature and postural balance in patients with osteoporosis. Osteoporos Int 2009; 20(12): 2049-53.
40. Ostrowska B, Giemza C, Wojna D, Skrzek A. Postural stability and body posture in older women: comparison between fallers and non-fallers. Ortop Traumatol Rehabil 2008; 10(5): 486-95.
41. Whitney S, Wrisley D. The influence of footwear on timed balance scores of the modified clinical test of sensory interaction and balance. Arch Phys Med Rehabil 2004; 85(3): 439-43.
42. Cote KP, Brunt ME, Gansneder BM. Effects of pronated and supinated foot posture on static and dynamic postural stability. J Athl Train 2005; 40(1): 41-6.
43. Hylton BM, Meg EM, Stephen R. Foot and Ankle Characteristics Associated With Impaired Balance and Functional Ability in Older People. J Geronol A Biol Sci Med Sci 2005; 60(12): 1546-52.
44. Hills AP, Hennig EM, Byrne NM Steele JR. The biomechanics of adiposity – structural and functional limitations of obesity and implications for movement. Obes Rev 2002; 3(1): 35-43.
45. Colnea P, Peres F, Thoumie P. Postural control in obese adolescents assessed by limits of stability and gait initiation. Gait Posture 2008; 28(1): 164-9.