



The relationship of foot malformations by gross motor skills in children

Zahra Fathirezaie^{*1}

1- Department of Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran. & Brain & Movement research group, Research Center of Biosciences and Biotechnology (RCBB), University of Tabriz, Tabriz, Iran. zahra.fathirezaie@gmail.com

Received Date: 2024 January 16

Review Date: 2024 September 2

Accepted Date: 2024 October 1

Published Date: 2025 November 25

Abstract

Introduction: Changes in the physical and anatomical structure of the foot can affect motor abilities and may limit or alter the execution of motor skills. Therefore, this study aimed to investigate the ability to differentiate foot abnormalities through gross motor skills in children.

Method: This correlational research employed discriminant analysis within a relatively large population of boys and girls aged 7 to 12 years. A total of 456 participants were purposefully sampled from the children of employees at the Sangan Copper Company (from the cities of Tabriz, Ahar, and Varzeqan). The Bruninks-Oseretsky test (1978) was utilized to assess gross motor development, and the DSI foot scanning device was employed. For data analysis, discriminant analysis was conducted using SPSS software version 26 at a significance level of 0.05.

Findings: The results indicated that among the factors of motor development, agility, with a significance level of 0.005, was able to accurately predict 40.6% of the characteristics of different foot types. Factors such as balance ($p=0.502$), bilateral coordination ($p=0.252$), and strength ($p=0.653$) were not significant. Specifically, agility correctly predicted 37.5% of flat feet, 54.5% of Pes Cavus, and 43.8% of standard foot types.

Discussion and Conclusion: It can be concluded that agility, as a composite ability encompassing speed, balance, and strength, is highly capable of distinguishing various foot structures. Under specific conditions, it may serve as a predictive factor for foot structure, especially in cases of Pes Cavus (hollow foot).

Keywords: Agility, Motor Development, Flat Foot, Pes Cavus, Foot Deformities.



Extended Abstract

Introduction

Motor development in children involves the acquisition of various movement patterns and skills, influenced by factors such as age, gender, socioeconomic status, and physical activity levels (Zarezadeh et al., 2011), (Gallahue et al., 2011). Fundamental motor skills, particularly gross motor skills executed by large muscle groups, form the foundation for more complex movements, daily activities, sports participation, and specialized skills (Gallahue et al., 2011); (Ozonoff et al., 2008). These skills enable children to engage in walking, running, jumping, climbing, and object manipulation (e.g., catching, throwing, kicking). While genetic and maturational factors drive typical development, environmental elements like education, practice opportunities, and encouragement also play crucial roles (Sugden, 2013).

Theoretical frameworks, such as Newell's model, emphasize constraints on motor development: individual (structural and functional), environmental, and task-related (Gallahue et al., 2011). Individual structural constraints, including biomechanical features of the body, can impact motor patterns. Foot abnormalities, such as flat feet (*pes planus*) or high-arched feet (*pes cavus*), may disrupt proprioceptive inputs, postural control, and balance; (Proske & Gandevia, 2012), (Khalaghi et al., 2022). Flat feet, prevalent in 20-30% of young children (Smith et al., 2020), and high-arched feet, reported in up to 90% of pediatric foot clinic referrals (Sidarta & Afyora, 2024), can alter center of pressure displacement, sensory feedback, and overall biomechanics (Hajirezayi et al., 2019); (Jankowicz-Szymanska et al., 2018); (Abdoli et al., 2011); (Wozniacka et al., 2013).

Literature reveals mixed findings on the impact of foot arch types on motor performance. Some studies indicate flat feet reduce agility and alter gait in children aged 7-10 (Sidarta & Afyora, 2024), while others suggest no detrimental effects on sports skills or even advantages in vertical jumping for flat-footed children aged 9-15 (Tudor et al., 2009). Conversely, high-arched feet are associated with poorer balance and functional performance due to reduced surface contact and altered pronation (Wozniacka et al., 2013); (Hajirezayi et al., 2019). Skeletal-muscular abnormalities in the lower limbs, influenced by environmental factors, poverty of movement, or muscle imbalances, can affect biomechanics of walking, running, and displacement (Wozniacka et al., 2013); (Wilczyński, 2020). Pathological gait in children may lead to severe conditions like arthritis or scoliosis, underscoring the need for early monitoring.

Despite these insights, research on the link between foot structure and gross motor skills in children remains limited and inconsistent. This gap is critical, as motor abilities underpin learning and participation in physical activities (Aghdasi et al., 2021), (Fathirezaie et al., 2021). The present study addresses whether gross motor skills (agility, balance, bilateral coordination, strength) can discriminate and predict foot arch types (flat, high, normal) using discriminant analysis, potentially clarifying predictive relationships in a large pediatric sample.

Methods

This correlational, field-based study with applied objectives involved 456 children (234 boys, 222 girls) aged 7-12 years, purposively sampled from the offspring of employees at Sungun Copper Company in Tabriz, Ahar, and Varzeqan, Iran. Sample size was calculated using G*Power software (effect size = 0.01, power = 0.95, predictors = 4), yielding a minimum of 110 participants; however, 502 referrals resulted in 456 analyzable cases after exclusions. Participants were recruited via company announcements, with informed consent obtained from parents. Testing occurred individually in a motor development laboratory at the University of Tabriz between 9:00 AM and 12:00 PM.



Inclusion criteria excluded children with fractures, severe visual/hearing impairments, cognitive disorders, or BMI >30. Demographic data (height, weight, age, gender) were collected first. Gross motor skills were assessed using the Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency (BOTMP) (Bruininks & Bruininks, 2012), a norm-referenced tool for ages 4.5-14.5 years, comprising eight subtests (46 items) administered in 45-60 minutes. Focus was on four gross motor subtests: agility (running speed, jumping), balance (beam walking, stork stand), bilateral coordination (hand-foot tasks), and strength (push-ups, sit-ups). Reliability (test-retest: 0.78; validity: 0.84; overall: 90%) was established in prior standardizations.

Foot arch type was evaluated using the Foot Medicine Plus scanner (Danesh Salar Iranian Co.), measuring maximum pressure, center of pressure changes, arch type (normal, flat, high) and degree, pressure distribution, contact area, and Achilles tendon angles.

Data analysis used SPSS v23, including descriptive statistics (means, SD) and inferential statistics: one-way ANOVA for group differences and linear discriminant analysis (LDA) to predict foot type group membership from motor skills.

Results

Descriptive statistics (Table 1) revealed variations in gross motor scores across foot types: flat ($n=203$; agility: 8.68 ± 5.11 ; balance: 20.97 ± 5.29 ; coordination: 13.95 ± 4.29 ; strength: 19.99 ± 8.50), high-arched ($n=84$; agility: 7.73 ± 4.87 ; balance: 22.32 ± 4.36 ; coordination: 12.59 ± 4.57 ; strength: 18.55 ± 5.34), and normal ($n=169$; agility: 10.22 ± 5.49 ; balance: 21.23 ± 5.51 ; coordination: 14.17 ± 3.96 ; strength: 20.14 ± 6.29).

ANOVA (Table 2) showed significant differences only in agility (Wilks' Lambda=0.977, $F=5.322$, $p=0.005$), with no significance for balance ($p=0.502$), coordination ($p=0.252$), or strength ($p=0.653$). LDA indicated a significant model (Box's M=59.08, $F=1.86$, $p=0.003$; Wilks' Lambda=0.95, $\chi^2=22.72$, $df=10$, $p=0.012$). Canonical discriminant function coefficients (Table 3) highlighted agility (0.176) as the primary discriminator, with minor contributions from others. Classification accuracy (Table 4) was 40.6% overall: 37.5% for flat, 54.5% for high-arched, and 43.8% for normal feet.

Discussion

Findings demonstrate that agility uniquely discriminates foot arch types, aligning with studies showing flat feet reduce agility (Samakosh & Hadadnezhad, 2021); (Sidarta & Afyora, 2024). and high-arched feet impair lower-limb performance (asl et al., 2020). Normal arches facilitate better shock absorption and sensory input, enhancing motor efficiency (Kumala et al., 2019); (Cobb et al., 2014). High-arched feet's higher prediction accuracy (54.5%) may stem from biomechanical issues like short Achilles tendons (23-63% shorter); (Burns & Crosbie, 2005), limiting dorsiflexion, causing instability, muscle imbalances (everter weakness, inverter dominance), and poor shock absorption (Wozniacka et al., 2013); (Sinclair et al., 2017). This affects agility tasks requiring explosive jumps, directional changes, and weight-bearing.

Non-significance for balance, coordination, and strength contrasts some prior work (Khodaveisi et al., 2009); (Hajirezayi et al., 2019); (Abdoli et al., 2011), possibly due to measurement methods (e.g., beam walking vs. dynamic tests) or statistical approaches. Agility's composite nature (encompassing speed, balance, power) likely amplified its discriminatory power in LDA. Age effects may diminish foot structure's influence (Musavi et al., 2012), with environmental factors like activity levels or lifestyle overriding (Bukowska et al., 2021); (Jordan et al., 2021); (Anida Kapo, 2020).

Limitations include urban sample bias; future research should compare rural/urban, climatic, or altitude variations. Recommendations: Annual school-based foot scans and motor assessments for early intervention.

Conclusion

This study reveals a significant association between agility and foot arch height, but not other gross motor skills (strength, bilateral coordination, balance). No universal positive/negative relationship exists between motor abilities and foot indices, influenced by age, gender, tools, and statistics. Agility's embedded elements (speed, balance, power) are collectively impacted by foot structure, though individually insufficient for discrimination except agility. Further in-depth studies are warranted to refine these insights.

Keywords: Agility, Motor Development, Flat Foot, Pes Cavus, Foot Deformities.





سال چهارم، شماره ۲

پاییز ۱۴۰۴، صفحات ۱۷۲-۱۵۸



DOI: 10.22034/mmbj.2025.60115.1076

رابطه ناهنجاری های کف پا با مهارت های حرکتی درشت در کودکان

زهرا فتحی رضایی^{۱*}

۱- گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز و عضو گروه پژوهشی مغز و حرکت، مرکز تحقیقات علوم و فناوری زیستی، دانشگاه تبریز، تبریز،

ایران. zahra.fathirezaie@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۶ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۰ تاریخ آنلاین: ۱۴۰۴/۰۹/۰۴

چکیده

مقدمه: تغییر در ساختار فیزیکی و آناتومیکی پا می تواند توانایی های حرکتی را تحت تأثیر قرار داده و اجرای مهارت های حرکتی را محدود کرده یا تغییر دهد. بدین منظور پژوهش حاضر با هدف بررسی قابلیت تفکیک ناهنجاری های کف پا توسط مهارت های حرکتی درشت در کودکان انجام گرفت. **روش:** تحقیق حاضر از نوع همبستگی است که به روش تحلیل تشخیص در یک جامعه نسبتاً بزرگ از دختران و پسران ۷ تا ۱۲ سال انجام گرفت. بدین منظور ۴۵۶ نفر به روش نمونه گیری هدفمند از فرزندان کارکنان شرکت مس سونگون (از شهرهای تبریز، اهر و ورزقان) انجام شد. آزمون برونیکس-اوزرتسکی (۱۹۷۸) برای بررسی رشد حرکتی و دستگاه اسکن کف پا مدل DSI مورد استفاده قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده ها از آزمون تحلیل تشخیص با نرم افزار اس.پی.اس.اس نسخه ۲۶ در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد. **یافته ها:** نتایج نشان داد که از بین عوامل رشد حرکتی، عامل چابکی با سطح معناداری ۰/۰۰۵ قادر بود ۴۰/۶ درصد از ویژگی های انواع کف پا را به درستی پیش بینی کند و عامل تعادل ($p = ۰/۵۰۲$)، هماهنگی دو سویه ($p = ۰/۲۵۲$) و قدرت ($p = ۰/۶۵۳$) معنادار نبود. درواقع عامل چابکی ۳۷/۵ درصد از کف پای صاف، ۵۴/۵ درصد از کف پای گود و ۴۳/۸ درصد از کف پاهای استاندارد به درستی پیش بینی شد. **بحث و نتیجه گیری:** می توان نتیجه گرفت که توانایی حرکتی چابکی بعنوان یک توانایی ترکیبی از سرعت حرکت، تعادل و قدرت توانمندی بالایی در متمایز ساختن انواع ساختارهای کف پا دارد و در شرایط خاص می تواند بعنوان عامل پیش بینی کننده ساختار کف پا و به ویژه کف پای گود مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه ها: چابکی، رشد حرکتی، کف پای صاف، کف پای گود، ناهنجاری های کف پا.

مقدمه

رشد حرکتی فرآیندی است که کودک طی آن الگوها و مهارت‌های حرکتی مختلف را فرا می‌گیرد (Gallahue et al., 2011)، (ZAREZADEH et al., 2011). در دوران کودکی عملکرد جسمانی وابسته به سن، جنسیت، وضعیت اجتماعی - اقتصادی و سطوح فعالیت‌های بدنی است (Fisher et al., 2005) که الگوی حرکات بنیادی ظاهر شده و مهارت‌های حرکتی بنیادی اساس رشد حرکات تخصصی است را تشکیل می‌دهند (Gallahue et al., 2011)، (Ozonoff et al., 2008).

این دسته از مهارت‌ها لازمه یادگیری مهارت‌های حرکتی پیچیده هستند و به عنوان عاملی که می‌تواند هم باعث عدم توسعه و هم پالایش مهارت‌ها شوند، ممکن است در یادگیری مهارت‌های تخصصی‌تر و مشارکت‌های حرکتی در آینده، ایجاد مشکل نمایند (Gallahue et al., 2011). رشد طبیعی کودکان به صورت مرحله‌ای و بر اساس ویژگی‌های ژنتیکی و بالیدگی صورت می‌گیرد، اما برای توسعه توانایی‌های حرکتی بنیادی علاوه بر وراثت، ویژگی‌های محیطی مثل آموزش، فرصت‌های تمرینی، تشویق و غیره نیز اثرگذار است (Sugden, 2013). مهارت‌های حرکتی درشت که به وسیله عضلات بزرگ بدن انجام می‌شوند، بواسطه آنکه کودکان را برای انجام فعالیت‌های روزمره راه رفتن، دویدن، پریدن، مهارت‌های زمین بازی (مثل بالا رفتن)، و مهارت‌های ورزشی (مثل گرفتن، پرتاب کردن، و زدن توپ) آماده می‌کنند، مهم تلقی می‌شوند (Gallahue et al., 2011).

بر اساس مبانی نظری موجود عوامل دورن فردی و زیستی - بیولوژیکی یکی از عواملی است که علاوه بر متغیرهای محیطی می‌تواند رشد مهارت‌های پایه کودکان را تحت تاثیر قرار دهد. در این راستا یکی از مدل‌های مشهور در این زمینه مربوط به مدل نیوول می‌باشد؛ او محدودیت‌ها را به سه دسته تقسیم می‌کند: الف) محدودیت‌های فردی (ساختاری و عملکردی)، محدودیت‌های محیطی و محدودیت‌های تکلیف. بنابراین تغییر در هر کدام از این سه محدودیت، موجب شکل گرفتن حرکتی می‌شود که از تعامل آنها حاصل شده است (Gallahue et al., 2011). براساس مدل نیوول، یکی از عوامل اثرگذار بر رشد مهارت‌های حرکتی کودکان محدودیت‌های فردی - ساختاری می‌باشد که ویژگی‌های فیزیکی و بدنی کودکان که حاصل تعامل عوامل ارثی و محیطی می‌باشد را دربرمی‌گیرد. به نظر می‌رسد که هرگونه ناهماهنگی و عدم تعادل در رشد طبیعی بدنی و اسکلتی کودکان می‌تواند الگوهای حرکتی کودکان را تحت تاثیر قرار دهد (Proske & Gandevia, 2012).

تحقیقات نشان داده تغییرات جزئی بیومکانیکی در محدوده سطح اتکا بر استراژی کنترل قامت و تعادل تأثیرگذار باشد (Khalaghi et al., 2022). بنابراین ناهنجاری‌های کف پا ممکن است ورودی‌های محیطی ارسال شده از طریق حس‌های عمقی را دچار اختلال نماید. محققین در بررسی اثر ناهنجاری‌های ساختاری کف پا بر تعادل ایستا و پویا دریافتند افراد مبتلا به ناهنجاری کف پای صاف و گود در مقایسه با افراد سالم، عملکرد تعادلی ضعیف‌تری دارند. عوامل کنترل قامت از جمله جابجایی‌های مرکز فشار در جهات مختلف و سرعت جابجایی نیز به عنوان متغیرهایی در جهت پیش‌بینی تعادل معرفی شده است (Hajirezayi et al., 2019).

درواقع هر نوع ناهنجاری در پا می‌تواند منجر به عدم هماهنگی حرکات بدنی شود. اندام تحتانی متحمل وزن بدن و محل حرکت آدمی هستند (Jankowicz-Szymanska et al., 2018). بنابراین بروز هر گونه اختلال در وضعیت و راستای طبیعی آن می‌تواند روی وضعیت‌های بدنی ایستا یا پویا مؤثر باشد. یکی از شایع‌ترین آنها، ناهنجاری کف پای صاف است. با توجه به ساختار آناتومیکی پا و موقعیت قرارگیری آن در پایین‌ترین بخش زنجیره حرکتی اندام تحتانی و سطح اتکای به نسبت کوچکی که بدن تعادل خود را روی آن حفظ می‌کند، منطقی به نظر می‌رسد که کوچکترین تغییرات بیومکانیکی در سطح اتکا بر کنترل وضعیت بدنی انسان اثرگذار

باشد (Abdoli et al., 2011). در تحقیقاتی کف پای گود در یک جامعه بزرگ ۱۱۱۵ نفری از کودکان ۳ تا ۱۳ سال بیشترین شیوع را داشته است (Wozniacka et al., 2013). همچنین تخمین‌ها حاکی از آن است که حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد از کودکان ممکن است درجاتی از کف پای صاف را در سال‌های اولیه خود نشان دهند (Smith et al., 2020). گفته شد ۹۰ درصد مراجعات به کلینیک‌ها برای مشکلات پا مربوط به صافی کف پا بوده است (Sidarta & Afyora, 2024).

از طرفی در پای گود، سطوح کف پا به اندازه کافی با سطوح زیرین خود تعامل ندارد و افزایش جابجایی مرکز فشار در افراد با پای گود ممکن است به دلیل کمتر بودن ناحیه تماس بین سطح کف پا و سطح زمین در مقایسه با افراد با ساختار پای نرمال باشد. داشتن ناحیه سطح تماس کمتر ممکن است به دو روش در کنترل پاسچر ایجاد اختلال کند: اول اینکه ساختار پای گود، مرکز فشار را در طی پرونیشن (چرخش داخلی مچ پا) به سمت داخل انتقال می‌دهد، و دوم این که گودی کف پا موجب کاهش اطلاعات حسی عمقی دریافتی از ساختار کف پا نسبت به افراد با کف پای نرمال می‌شود. این امر موجب سازوکار ضعیف‌تر کنترل پاسچر در افراد با ساختار پای گود می‌شود (Wozniacka et al., 2013). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که فعالیت‌های سیستم‌های آوران حسی کف پای برای نظام کنترل قامت مهم هستند. پای گود ممکن است نیروی عکس‌العمل زمین در صفحه فرونتال و موقعیت مرکز فشار را تغییر دهد (Hajirezayi et al., 2019).

طبق نظر متخصصان رفتار حرکتی، مهارت‌های حرکتی کودکان پیش‌نیاز تجربه موفقیت‌آمیز و عامل لذت بردن از فعالیت‌های حرکتی سازمان یافته و غیر سازمان یافته می‌باشد (Fathirezai et al., 2021). در واقع عوامل فردی و محیطی متفاوت و برتری کودکان در این ابعاد در اجرای مهارت‌های حرکتی اهمیت زیادی در شرکت آن‌ها در بازی‌ها و فعالیت‌های ورزشی و دیگر فعالیت‌های جسمانی دارد (Aghdasi et al., 2021). ناهنجاری‌های اسکلتی-عضلانی به ویژه در اندام تحتانی که بر اثر عوامل محیطی، فقر حرکتی، کارکرد نامناسب عضلات و مفاصل به وجود می‌آیند، از جمله فاکتورهای مؤثر در برتری کودکان است که می‌توانند بیومکانیک بدن انسان به ویژه بیومکانیک راه رفتن، دویدن و به طور کلی جابه‌جایی انسان را تحت تأثیر قرار دهند (Wilczyński, 2020). (Wozniacka et al., 2013).

با اینحال، تودور^۱ و همکارانش (۲۰۰۹) عقیده دارند که کف پای صاف برای اجرای مهارت‌های ورزشی کودکان ۱۵-۱۱ ساله نمی‌تواند مضر باشد. همچنین دومی و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقات گسترده خود روی کودکان ۱۲-۹ ساله بیان کردند که کف پای صاف نه تنها به این معنی نیست که فرد نباید به زمین ورزش نزدیک شود، بلکه می‌تواند یک مزیت برای اجرای برخی فعالیت‌های بدنی باشد. برای مثال آنها نشان دادند کودکان با کف پای صاف، پرش عمودی بهتری دارند. این در حالی است که (Cubukcu et al., 2005) گزارش کردند که میانگین قدرت عضلانی در میان افراد با کف پای طبیعی در مقایسه با افراد با کف پای صاف در سرعت‌های بالا بیشتر است. در کنار این عوامل (Yu et al., 2024) نیز دریافتند که افراد دارای قوس طولی طبیعی در کف پا، در سرعت‌های بالا در زمینه پرش عمودی از افراد با کف پای صاف بهتر عمل می‌کنند. اما آنها در زمینه تعادل بین کودکان با کف پای صاف و کودکان با کف پای طبیعی تفاوتی مشاهده نکردند. بر این اساس نمی‌توان به این ناهنجاری‌ها به عنوان عامل تعیین کننده در افت اجرای مهارت‌های حرکتی نگریست. همچنین تحقیقات نشان می‌دهد که رابطه معنی‌داری بین صافی کف پا و تغییر الگوی راه رفتن در کودکان وجود دارد (Galli et al., 2014). تحقیقاتی دیگر نشان داده کف پای صاف با کاهش چابکی در کودکان ۷-۱۰ ساله همراه است (Sidarta & Afyora, 2024).

¹ Tudor

تاکنون مطالعات اندکی به بررسی ساختار و عملکرد پا و ارتباط اختلالات این بخش از بدن با اجرای مهارت‌های حرکتی پرداخته‌اند و این کمبود تحقیقات در جامعه کودکان با توجه به این که آینده‌سازان جامعه محسوب می‌شوند به طور واضح به چشم می‌خورد. همچنین با توجه به این که توانایی‌های حرکتی مبنا و اساس اجرا و یادگیری مهارت‌های حرکتی هستند و با توجه به رابطه احتمالی بین این توانایی‌ها و ناهنجاری‌های کف پا، انجام مطالعاتی جهت بررسی این ارتباط ضرورت دارد. راه رفتن پاتولوژیک کودکان ممکن است منجر به بیماری‌های وحشتناکی مانند آرتروز یا اسکولیوز شود. با نظارت بر الگوی راه رفتن کودک، می‌توان اقدامات درمانی مناسب را برای جلوگیری از عواقب وحشتناک توصیه کرد.

با توجه به این که مطالعات انجام شده نتایج متناقضی را شامل می‌شوند، لذا انجام روشی که بتواند در یک جامعه نسبتاً بزرگ از کودکان بتواند ساختارهای مذکور را مطالعه کند، مورد نیاز است. همچنین انجام روش‌های مختلف آماری شامل بررسی همبستگی، پیش‌بینی از طریق رگرسیون و یا بررسی تفاوت‌های گروهی که در مطالعات گذشته صورت گرفته است، می‌تواند نتایج به دست آمده را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین در پژوهش حاضر مسئله این بود که آیا می‌توان با استفاده از روش تحلیل تشخیص که یک روش پیش‌بینی برای عضویت گروهی است، انواع کف پا را از روی مهارت‌های حرکتی درشت پیش‌بینی کرد و بعبارتی آیا رشد حرکتی و ابعاد آن قابلیت متمایز ساختن انواع ساختارهای کف پا را دارند؟

روش تحقیق

روش اجرای تحقیق حاضر از نوع همبستگی بود که بصورت میدانی و با هدف کاربردی انجام شد. جامعه آماری تحقیق شامل دانش‌آموزان دختر و پسر ۷ تا ۱۲ سال بودند که به روش نمونه‌گیری هدفمند از فرزندان کارمندان شرکت مس سونگون از سه شهر تبریز، اهر و ورزقان شرکت کردند. شرکت کنندگان برای انجام آزمون‌ها به آزمایشگاه رشد و تکامل ادراکی-حرکتی دانشگاه تبریز مراجعه کردند. براساس محاسبات نرم‌افزار جی پاور حداقل مقدار مورد نیاز نمونه آماری ۱۱۰ نفر محاسبه شد (اندازه اثر = ۰/۰۱، توان آزمون = ۰/۹۵ و تعداد متغیرهای پیش‌بینی کننده = ۴). با توجه به فراخوان انجام گرفته برای طرح پژوهشی ۵۰۲ نفر مراجعه کردند که از بین آنها داده‌های ۴۵۶ نفر شامل ۲۳۴ نفر پسر و ۲۲۲ نفر دختر مورد تحلیل قرار گرفت. شایان ذکر است فراخوان با هماهنگی امور پژوهشی و روابط عمومی شرکت مس سونگون و بصورت ارسال فراخوان از طریق کارتابل به کارمندان و کارکنان شرکت مس سونگون انجام شد. طبق هماهنگی‌های انجام شده و در اختیار داشتن لیست همه کودکان شرکت مس سونگون، تماس‌هایی با خانواده‌های آنها برقرار شد، سپس رضایت‌نامه آگاهانه جهت امضا در اختیار آنها قرار داده شد و همچنین توضیحات لازم در مورد پروژه در حال اجرا جهت مشارکت کودکان آنها در تحقیق انجام شد. بدین منظور بعد از هماهنگی‌های انجام شده داده‌های مورد نیاز در آزمایشگاه جمع‌آوری شدند. هر آزمودنی به صورت انفرادی در ساعت مشخصی بین ساعت ۹ تا ۱۲ ظهر در محل انجام تست‌گیری آماده شده و آزمون‌های مورد نیاز توسط متخصصان مربوطه مورد سنجش قرار گرفتند. معیار ورود آزمودنی‌ها به تحقیق، عدم شکستگی‌ها در اندام‌ها، ضعف شدید بینایی و شنوایی، عدم اختلال شدید شناختی و کودکان دارای شاخص توده بدنی بالای ۳۰ در نظر گرفته شد. آزمودنی‌ها در ورود به آزمون ابتدا ویژگی‌های دموگرافیکی شامل قد، وزن، سن، جنسیت و ... مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. سپس آزمون تبحر حرکتی برونینکس-اوزرتسکی برای سنجش مهارت‌های حرکتی درشت شامل چابکی، تعادل، هماهنگی دوسویه و قدرت انجام گرفت و در نهایت وضعیت کف پا با دستگاه فوت اسکن بررسی شد. با توجه به وسعت پروژه مورد تحقیق، تعداد ده نفر متخصص رفتار حرکتی به صورت هماهنگ شده جهت سنجش آزمون‌ها در آزمایشگاه بصورت متوالی سنجش‌های مورد نظر را انجام می‌دادند.

ابزارهای اندازه‌گیری متغیرهای تحقیق

آزمون برونینکس-اوزرتسکی

آزمون تبجر حرکتی برونینکس-اوزرتسکی یک مجموعه آزمون هنجار-مرجع است که برای ارزیابی رشد حرکتی کودکان ۴/۵ تا ۱۴/۵ ساله به کار می‌رود. فرم کامل این آزمون شامل هشت خرده آزمون می‌باشد که ۴۶ بخش جداگانه دارد. اجرای آزمون به صورت انفرادی است و ۴۵-۶۰ دقیقه زمان لازم دارد. در آزمون تبجر حرکتی برونینکس اوزرتسکی چهار خرده آزمون جهت ارزیابی مهارت‌های حرکتی درشت (شامل قدرت، تعادل، چالاکی و سرعت دوییدن و هماهنگی دوطرفه بدن) سه خرده آزمون برای سنجش مهارت‌های حرکتی ظریف (شامل زمان پاسخ، کنترل بینایی حرکتی و چالاکی و سرعت اندام فوقانی) و یک خرده آزمون برای ارزیابی هر دو مهارت حرکتی درشت و ظریف تشکیل شده است. استانداردسازی این آزمون از طریق اجرای آن بر روی نمونه‌ای که شامل ۷۵۶ کودک که براساس سن، جنسیت، نژاد، حجم جامعه و منطقه جغرافیایی انتخاب شده بودند، و توسط شخص برونینکس صورت گرفت و ضریب پایایی بازآزمایی آن ۰/۷۸ و روایی آن ۰/۸۴ گزارش شده است. همچنین ضریب اعتبار نمره‌های آزمون برونینکس-اوزرتسکی در بررسی مهارت‌های حرکتی برابر ۹۰٪ بوده است.

دستگاه اسکن کف پا

اطلاعات آزمون شامل حداکثر فشار وارده بر مناطق پا و تغییرات مرکز فشارپا، نوع ساختار پا (طبیعی، صاف، گود و میزان آن)، درصد فشار در هر پا، میزان سطح درگیر در هر پا، و همچنین زوایای تاندون آشیل توسط دستگاه فوت مدیسن پلاس شرکت دانش سالار ایرانیان جمع‌آوری شد.

تحلیل داده‌ها

نتایج به دست آمده با استفاده از روش‌های آماری توصیفی شامل میانگین و انحراف استاندارد و همچنین تحلیل‌های آماری استنباطی شامل تحلیل تشخیص برای پیش‌بینی عضویت در گروه در نرم افزار اس پی اس نسخه ۲۳ انجام شد.

یافته‌ها

در جدول ۱ آماره‌های توصیفی مربوط به عوامل مهارت حرکتی درشت در سه گروه کف پای صاف، کف پای گود و کف پای معمولی نشان داده شده است.

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای مورد بررسی در سه گروه مورد مطالعه

تعداد	چابکی	تعادل	هماهنگی دوسویه	قدرت
۲۰۳	۸/۶۸ ± ۵/۱۱	۲۰/۹۷ ± ۵/۲۹	۱۳/۹۵ ± ۴/۲۹	۱۹/۹۹ ± ۸/۵۰
۸۴	۷/۷۳ ± ۴/۸۷	۲۲/۳۲ ± ۴/۳۶	۱۲/۵۹ ± ۴/۵۷	۱۸/۵۵ ± ۵/۳۴
۱۶۹	۱۰/۲۲ ± ۵/۴۹	۲۱/۲۳ ± ۵/۵۱	۱۴/۱۷ ± ۳/۹۶	۲۰/۱۴ ± ۶/۲۹

آزمون برابری میانگین‌ها در گروه‌ها نشان داد که سه گروه مجزا از هم از لحاظ کف پا در متغیر چابکی تفاوت معناداری با هم دارند و در هیچکدام از عوامل دیگر تفاوت معنادار نبود (جدول ۲).

جدول ۲. آزمون برابری میانگین گروه‌ها در متغیرهای مورد بررسی

متغیر	Wilks' Lambda	F	df1	df2	p
-------	---------------	---	-----	-----	---

چابکی	۰/۹۷۷	۵/۳۲۲	۲	۴۵۳	۰/۰۰۵
تعادل	۰/۹۷۷	۰/۶۹۱	۲	۴۵۳	۰/۵۰۲
هماهنگی دوسویه	۰/۹۹۴	۱/۳۸۳	۲	۴۵۳	۰/۲۵۲
قدرت	۰/۹۹۸	۰/۴۲۶	۲	۴۵۳	۰/۶۵۳

نتایج آزمون نشان داد که مدل معنادار است و تفاوت احتمالی بین گروه ها در ترکیب متغیرها وجود دارد (ام باکس = $۵۹/۰۸$ ، $۱/۸۶$ = F، سطح معناداری = $۰/۰۰۳$). همچنین نتایج آزمون ویکلز لامبدا نیز نشان داد که یکی از مدل ها (مدل شماره ۱) معنادار است. بطوری که مقادیر ویکلز لامبدا = $۰/۹۵$ ، مجذور خی دو = $۲۲/۷۲$ ، درجات آزادی = ۱۰ و سطح معناداری = $۰/۰۱۲$ بدست آمده است. در ادامه به بررسی ضرایب متمایز عملکرد کانونیکال در چهار مهارت های حرکتی درشت در جدول ۳ پرداخته شد.

جدول ۳. ضرایب تمایز عملکرد کانونیکال

متغیر	عملکرد	
	۱	۲
چابکی	۰/۱۷۶	-۰/۰۳۲
تعادل	-۰/۰۱۲	۰/۱۰۳
هماهنگی دوسویه	۰/۰۷۴	-۰/۱۱۷
قدرت	-۰/۰۱۵	۰/۰۰۴
(ثابت)	-۴/۴۴۸	-۱/۷۴۴

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می شود ضرایب مدل تمایز عملکرد در این تحقیق به این شرح خواهد بود:
 (چابکی) $۰/۱۷۶ + ۴/۴۴ =$ نمره تشخیصی

جدول ۴. نتایج طبقه بندی گروه ها براساس متغیرها

آماره	کف پا	عضویت گروهی پیش بینی شده		
		کف پای صاف	کف پای گود	کف پای معمولی
میزان	کف پای صاف	۱۰۲	۹۳	۷۷
	کف پای گود	۴	۱۲	۶
	کف پای معمولی	۳۶	۵۹	۷۴
درصد	کف پای صاف	۳۷/۵	۳۴/۲	۲۸/۳
	کف پای گود	۱۸/۲	۵۴/۵	۲۷/۳
	کف پای معمولی	۲۱/۳	۳۴/۹	۴۳/۸

در نهایت نتایج طبقه بندی گروه ها در جدول ۴ نشان داد که عامل چابکی قادر است $۴۰/۶$ درصد از ویژگی های انواع کف پا را به درستی پیش بینی کند. عامل چابکی قادر است $۳۷/۵$ درصد از کف پای صاف، $۵۴/۵$ درصد از کف پای گود و $۴۳/۸$ درصد از کف پاهای استاندارد را به درستی پیش بینی کند.

بحث

نتایج تحقیق نشان داد که از بین متغیرهای تبحر حرکتی بررسی شده شامل چابکی، تعادل، هماهنگی دوسویه و قدرت، تنها عامل چابکی توانایی پیش‌بینی گروه‌های متمایز از هم را در نوع کف پا دارد. این نتایج با یافته‌های (Samakosh & Hadadnezhad, 2021) و (Sidarta & Afyora, 2024) همخوانی دارد. همانطور می‌دانیم انحنای کف پا در جذب نیروهای وارده از زمین بسیار مهم است و افرادی که انحنای کف پای طبیعی دارند، قادر هستند تا بیشتر از افرادی که کف پای غیرطبیعی دارند، روی پای خود بایستند، عملکرد حرکتی بهتری داشته باشند و کمتر خسته شوند. ناهنجاری‌های کف پا می‌تواند در ورودی‌های حسی کف پا از حس عمقی نیز تأثیرگذار باشد (Kumala et al., 2019). کف پای صاف می‌تواند با پرونیشن بیش از اندازه مفصل ساب تالار همراه باشد - که پرونیشن جبرانی غیرطبیعی می‌تواند حرکات مفصلی بیش از اندازه در پا و ناپایداری را ایجاد کند. نابراین کف پای صاف می‌تواند هنگام تحمل وزن و کنترل قامت منجر به ناپایداری شود (Cobb et al., 2014).

در تحقیق حاضر نشان داده شد که چابکی بیشتر از عوامل دیگر حساسیت را برای تفکیک انواع کف پا دارد به طوری که در پیش‌بینی کف پای گود با ۵۴/۵ درصد بیشترین قابلیت را دارد و سپس کف پای معمولی را با ۴۳/۸ درصد پیش‌بینی می‌کند. در واقع نشان داده می‌شود که ویژگی چابکی با دقت بیشتر با کف پای گود همراه است.

نتایج تحقیق تقوی اصل و همکاران (۲۰۲۰) نیز همراستا با نتایج تحقیق حاضر بود. آنها نیز نشان دادند که افراد دارای کف پای گود نسبت به افراد کف پای طبیعی نمرات ضعیف‌تری در آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی (شامل انواع پرش‌ها و لی‌لی کردن‌ها که نیازمند چابکی است) دارند. کف پای گود یک واژه توصیفی است که طیفی وسیع از ناهنجاری‌های پا را نشان می‌دهد که ارائه‌های بالینی و انواع مختلفی دارد. در این وضعیت قوس طولی داخلی پا افزایش یافته و باعث توزیع نامتقارن وزن می‌شود. به طور معمولی این عارضه در ۱۵ درصد افراد وجود دارد و در ۶۰ درصد موارد با احساس درد در ناحیه پا و میچ همراه است. کف پای گود معمولاً همراه با تاندونیت، بی‌ثباتی و اسپرین خارجی میچ، آرتريت میچ و شکستگی استخوان‌های متاتارسال و به صورت زنجیروار بر زانو، هیپ و کمر تأثیر می‌گذارد. از سوی دیگر ناهنجاری کف پای گود با عدم تعادل عضلانی در اطراف میچ و پا همراه است. تحقیقات نشان داده اند که در کف پای گود عضلات اورتور ضعیف مغلوب عضلات اینورتور قوی می‌شوند که نهایتاً موجب اداکشن قسمت قدامی پا و اینورژن قسمت خلفی پا می‌شود. همچنین دورسی فلکسورهای ضعیف مغلوب پلانتر فلکسورهای قوی‌تر می‌شوند؛ که منجر به پلانتر فلکشن لوین استخوان کف پای می‌شود (Wozniacka et al., 2013).

به نظر می‌رسد یکی از عوامل تأثیرگذار در ضعف عملکرد گروه کف پای گود در عامل چابکی، کوتاهی تاندون آشیل می‌تواند باشد. چراکه انجام حرکات چابکی پا در آزمون مذکور نیازمند دورسی فلکشن‌های قوی است که به دلیل کوتاهی تاندون آشیل می‌تواند منجر به اختلال در عملکرد دورسی فلکشن و پلانتر فلکشن‌های متوالی شود و احساس خستگی زودرس و درد ناحیه میچ پا شود. همچنین حرکات چابکی نیازمند پرش‌های انفجاری، اجرای دورسی فلکشن انقباضی برون‌گرا و پلانتر فلکشن‌های قوی درون‌گراست که موضوع کوتاهی تاندون آشیل مانع اجرای آن می‌شود. برونس و کروسبی^۱ (۲۰۰۵) در پژوهش خود نشان دادند که افراد دارای کف پای گود در مقایسه با افراد دارای کف پای صاف و طبیعی تاندون آشیل کوتاه‌تری به میزان ۲۳ تا ۶۳ درصد هستند که این کوتاهی منجر به اختلال در مفصل تیبیاتالار، نهایتاً

¹ Burns & Crosbie



محدودیت دامنه دورسی فکشن میج پا می‌شود. همچنین سینکلیل^۱ و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که در کف پای گود ۴۵ دقیقه باعث افزایش اینورژن مفصل ساب تالار می‌شود.

ویژگی‌های بارز کف پای گود شامل افزایش طول و واروس قسمت خلفی پا، پلانتر فلکشن قسمت میانی پا و افزایش ارتفاع قوس که با افتادگی استخوان ناوی همراه است و همچنین واروس و اداکشن قسمت قدامی پا می‌شود. کف پای گود نسبت به کف پای طبیعی، انعطاف‌پذیری کمتر و عدم تعادل عضلانی بیشتری است. این موضوع در خصوص عملکرد ضعیف چابکی در کف پای گود قابل توجه است. باتوجه به اینکه حرکات چابکی نیازمند جهش، پرش و تغییر جهت حرکت است و در اندام تحتانی فرودهایی همراه با تحمل وزن را به دنبال دارد، باعث وارد آمدن ضربات و فشار زیادی به کف پا می‌شود که باید توسط قوس‌ها و ساختار کف پا جذب شود. اما در افراد دارای کف پای گود به دلیل افزایش ارتفاع قوس، مکانیزم کف پا دچار ناهمگونی است و جذب ضربات و شوک‌های وارده به خوبی صورت نمی‌گیرد که همین عامل می‌تواند یکی از دلایل مهم ضعف عملکرد چابکی در کف پای گود باشد. می‌توان از دلایل افزایش تعداد کف پای گود، سبک زندگی کودکان در سال‌های اخیر و استفاده از کفش‌هایی با ساختارهای متفاوت بجای پا برهنه راه رفتن و ... نام برد.

اگرچه نتایج به دست آمده از تحقیقات گذشته مانند (Khodaveisi et al., 2009)، (Hajirezayi et al., 2019) و (Abdoli et al., 2011) در مورد تفاوت مؤلفه تعادل در ساختارهای مختلف کف پا با تحقیق حاضر همخوانی ندارد، با اینحال باید توجه داشت که عدم معنی‌داری مؤلفه تعادل در پیش‌بینی ساختارهای کف پا در تحقیق حاضر می‌تواند ناشی از روش‌های اندازه‌گیری تعادل و مؤلفه‌های آن و یا روش‌های آماری مورد استفاده نیز باشد. و در تحقیق حاضر آزمون تعادل به صورت راه رفتن روی چوب موازنه و حفظ تعادل به حالت لک با چشم بسته بود. همچنین موسوی و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که تفاوت آماری معنادار بین گروه‌های مختلف ساختار کف پا در مؤلفه چابکی در بین پسران گروه سنی ۱۲ تا ۱۴ سال وجود ندارد. به نظر می‌رسد با افزایش سن کودکی تأثیر ساختار کف پا در عامل مذکور کاهش می‌یابد. احتمالاً عوامل محیطی دیگری مانند سبک زندگی و میزان قدرت و استقامت بدنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. علاوه براین، استفاده از روش‌های آماری مختلف قابلیت‌های توانایی‌های متفاوتی را مورد سنجش قرار می‌دهد. به نظر می‌رسد با توجه به ماهیت رگرسیونی تحلیل تشخیص و با توجه به اینکه عامل چابکی از لحاظ مفهومی شامل سرعت دویدن، پریدن، حفظ تعادل، هماهنگی دست و پا و حتی قدرت بدنی است، لذا شناسایی مهمترین عامل (چابکی) از بین عوامل مذکور بعلا استفاده از روش آماری تحلیل تشخیص بوده است.

همچنین علاوه بر عوامل ساختاری و بیومکانیکی در اجرای مهارت‌های حرکتی، عواملی مانند تجربه فعالیت بدنی و ورزش (Jordan et al., 2021)، (Bukowska et al., 2021) و تفاوت‌های فرهنگی اجتماعی به ویژه در خصوص دختران و پسران (Anida Kapo, 2020) می‌تواند در اجرای مهارت‌های حرکتی تأثیرگذار بوده و برای بررسی به عنوان یک عامل تعدیل کننده در تحقیقاتی نیاز به بررسی دارد. همچنین پیشنهاد می‌شود باتوجه به تحقیقات گذشته در مورد احتمال تأثیر محیط و سبک زندگی تحقیقاتی در گروه کودکان روستایی و شهری و همچنین اقلیم‌های مختلف مانند مناطق سرد و خشک، گرم و مرطوب و همچنین مناطق با ارتفاع‌های متفاوت بر متغیرهای تبحر حرکتی و ساختار اسکلتی عضلانی کودکان مورد نیاز است. در نهایت به منظور کاربرد نتایج تحقیق پیشنهاد می‌شود سنجش مربوط به اسکن کف پا به منظور شناسایی ناهنجاری‌های مربوطه به ویژه کف پای گود به همراه اندازه‌گیری‌های تبحر حرکتی به منظور تشخیص دقیق عوامل اثرگذار به صورت سالانه در مدارس و کودکانها بررسی شود.

نتیجه‌گیری

¹ Sinclair



نتایج این مطالعه بر وجود یک رابطه معنی‌دار بین متغیر چابکی و عدم وجود رابطه معنی‌دار بین متغیرهای دیگر توانایی‌های حرکتی درشت شامل قدرت، هماهنگی دوسویه و تعادل با میزان قوس طولی کف پا دلالت داشت. نتایج این تحقیق در کنار تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که یک نتیجه‌گیری کلی در مورد رابطه مثبت یا منفی بین توانایی‌های حرکتی و شاخصه‌های کف پا نمی‌تواند صادق باشد و این موضوع تحت تأثیر عوامل دیگری مانند سن، جنسیت، ابزار اندازه‌گیری و حتی روش‌های آماری است که نیازمند تحقیقات بیشتر و عمیق خواهد بود. با توجه به نتایج پژوهش مبنی بر وجود رابطه معنادار بین چابکی و ویژگی‌های کف پا می‌توان عنوان کرد که ترکیبی از عوامل سرعت حرکت، تعادل و حتی قدرت که همگی در چابکی نهفته هستند، تحت تأثیر ویژگی‌های کف پا قرار گرفته‌اند با اینحال هر کدام به تنهایی قادر به تمییز ویژگی‌های کف پا بجز چابکی نبودند.

تشکر و قدردانی

تحقیق حاضر برگرفته از طرح پژوهش مصوب معاونت پژوهشی دانشگاه تبریز و شرکت مس سونگون ورزش‌ان بود که با همکاری مسئولین محترم شرکت، کارکنان و فرزندان آنها صورت گرفت. بدین وسیله کمال تشکر و قدردانی را از آن عزیزان داریم.

References

- Abdoli, B., Teymoori, M., Sani, S. H. Z., Zeraatkar, M., & Hovanloo, F. (2011). Relationship between plantar longitudinal arches with some selected motor parameters in children 11 to 14 years. *Research in Rehabilitation Sciences*, 381-390.
- Aghdasi, M. T., Fathirezaie, Z., & Abbaspour, K. (2021). The Effect of Environmental Contexts from Ecological Perspective on Motor Development and Creativity of Children. 17(2). <https://doi.org/10.22051/jontoe.2021.31695.3063>
- Anida Kapo, S. K., Indira Mahmutović and Amir Sofić. (2020). FACTORS WHICH AFFECT THE OCCURRENCE AND PREVALENCE OF FLAT FEET IN PRESCHOOL CHILDREN: A SYSTEMATIC REVIEW.
- asl, A. T., Shojaedin, S. S., Torabi, A., & Khezri, A. (2020). Comparison of the Functional Lower Extremity Evaluation Scores in Active and Inactive Male Teenagers with Normal and Pes Cavus Foot. (9), 152-162. <https://doi.org/10.22037/jrm.2020.111928.2129>
- Bruininks, R. H., & Bruininks, B. D. (2012). <https://doi.org/10.1037/t14991-000>
- Bukowska, J. M., Jekielek, M., Kruczkowski, D., Ambrozy, T., & Jaszczur-Nowicki, J. (2021, May 10). Biomechanical Aspects of the Foot Arch, Body Balance and Body Weight Composition of Boys Training Football. *Int J Environ Res Public Health*, 18(9). <https://doi.org/10.3390/ijerph18095017>
- Burns, J., & Crosbie, J. (2005). Weight bearing ankle dorsiflexion range of motion in idiopathic pes cavus compared to normal and pes planus feet. *The Foot*, 15(2), 91-94. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2005.03.003>
- Cobb, S. C., Bazett-Jones, D. M., Joshi, M. N., Earl-Boehm, J. E., & James, C. R. (2014, Mar-Apr). The relationship among foot posture, core and lower extremity muscle function, and postural stability. *J Athl Train*, 49(2), 173-180. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.2.02>
- Cubukcu, S., Alimoglu, M. K., Balci, N., & Beyazova, M. (2005). Plantar arch type and strength profile of the major ankle muscle groups: A morphometric-isokinetic study. *Isokinetics and Exercise Science*, 13(3), 217-222. <https://doi.org/10.3233/ies-2005-0209>
- Fathirezaie, Z., Abbaspour, K., Badicu, G., Zamani Sani, S. H., & Nobari, H. (2021, Feb 19). The Effect of Environmental Contexts on Motor Proficiency and Social Maturity of Children: An Ecological Perspective. *Children (Basel)*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/children8020157>
- Fisher, A., Reilly, J. J., Kelly, L. A., Montgomery, C., Williamson, A., Paton, J. Y., & Grant, S. (2005, Apr). Fundamental movement skills and habitual physical activity in young children. *Med Sci Sports Exerc*, 37(4), 684-688. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000159138.48107.7d>
- Gallahue, D. L., Ozmun, J. C., & Goodway, J. D. (2011). *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults*. McGraw-Hill Education. <https://books.google.com/books?id=P-ohvgAACAJ>
- Galli, M., Cimolin, V., Pau, M., Costici, P., & Albertini, G. (2014, Mar). Relationship between flat foot condition and gait pattern alterations in children with Down syndrome. *J Intellect Disabil Res*, 58(3), 269-276. <https://doi.org/10.1111/jir.12007>
- Hajirezayi, Ghasemi, Arghavani, & Sadeghi. (2019). Comparison of Postural Control Factors, Static and Dynamic Balance in Students with
- Different Foot Arches. *Mashhad Journal of Paramedical Sciences and Rehabilitation*, 8(2), 69-76.
- Iordan, D.-A., Mocanu, M.-D., MereuȚĂ, C., Stan, Z., Mocanu, G.-D., & Onu, I. (2021). Quantifying the functional diagnosis in the rehabilitation of postural problems of biomechanical junior female players in table tennis. *Balneo and PRM Research Journal*, 12(Vol.12, no.1), 53-60. <https://doi.org/10.12680/balneo.2021.419>
- Jankowicz-Szymanska, A., Wodka, K., Kolpa, M., & Mikolajczyk, E. (2018, Mar). Foot longitudinal arches in obese, overweight and normal weight females who differ in age. *Homo*, 69(1-2), 37-42. <https://doi.org/10.1016/j.jchb.2018.03.001>
- Khalaghi, K., Rajabi, R., Minoonejad, H., & Shojaei, M. (2022). Relationship Between Posture and Balance in 7 to 10 Year Old Students. *Paramedical Sciences and Rehabilitation*, 39-53.
- Khodaveisi, Anbarian, Farahpour, Sazvar, & Jalalvand. (2009). The effect of structural foot abnormalities, including flat feet (pes planus) and high-arched feet (pes cavus), on dynamic balance in adolescent girls. 23(3), 99-112.



- Kumala, M. S., Tinduh, D., & Poerwandari, D. (2019). Comparison of Lower Extremities Physical Performance on Male Young Adult Athletes with normal foot and flatfoot.
- Musavi, Ghasemi, & Davudi. (2012). The relationship between the medial longitudinal arch height of the foot and cardiorespiratory endurance and agility in male students aged 12 to 14. 49-65.
- Ozonoff, S., Young, G. S., Goldring, S., Greiss-Hess, L., Herrera, A. M., Steele, J., Macari, S., Hepburn, S., & Rogers, S. J. (2008, Apr). Gross motor development, movement abnormalities, and early identification of autism. *J Autism Dev Disord*, 38(4), 644-656. <https://doi.org/10.1007/s10803-007-0430-0>
- Proske, U., & Gandevia, S. C. (2012, Oct). The proprioceptive senses: their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force. *Physiol Rev*, 92(4), 1651-1697. <https://doi.org/10.1152/physrev.00048.2011>
- Samakosh, H. M. N., & Hadadnezhad, M. (2021). COMPARISON OF THE BALANCE AND THE AGILITY IN THE STUDENTS 11-14-YEAR-OLD WITH ABNORMALITIES OF THE LOWER EXTREMITY AND NORMAL POSTURE. 4(2), 511-523.
- Sidarta, N., & Afyora, R. (2024). The Relationship of Flat Foot to Agility in Children Aged 7-10 Years. *Jurnal Biomedika dan Kesehatan*, 7(1), 52-60. <https://doi.org/10.18051/JBiomedKes.2024.v7.52-60>
- Sinclair, C., Svantesson, U., Sjostrom, R., & Alricsson, M. (2017, Apr). Differences in Pes Planus and Pes Cavus subtalar eversion/inversion before and after prolonged running, using a two-dimensional digital analysis. *J Exerc Rehabil*, 13(2), 232-239. <https://doi.org/10.12965/jer.1734902.451>
- Smith, K. A., Gehricke, J. G., Iadarola, S., Wolfe, A., & Kuhlthau, K. A. (2020, Apr). Disparities in Service Use Among Children With Autism: A Systematic Review. *Pediatrics*, 145(Suppl 1), S35-S46. <https://doi.org/10.1542/peds.2019-1895G>
- Sugden, D. A., Wade, M. G., & Hart, H. (2013). Typical and atypical motor development [book]. 348. https://openlibrary.org/books/OL30664165M/Typical_and_atypical_motor_development?utm_source=chatgpt.com
- Tudor, A., Ruzic, L., Sestan, B., Sirola, L., & Prpic, T. (2009, Mar). Flat-footedness is not a disadvantage for athletic performance in children aged 11 to 15 years. *Pediatrics*, 123(3), e386-392. <https://doi.org/10.1542/peds.2008-2262>
- Wilczyński, J. P., Michał. (2020). Correlations between foot defects and balance reactions among young school-children. *Medical Studies* 36(4), 264. <https://doi.org/10.5114/ms.2020.102320>
- Wozniacka, R., Bac, A., Matusik, S., Szczygiel, E., & Cizek, E. (2013, May). Body weight and the medial longitudinal foot arch: high-arched foot, a hidden problem? *Eur J Pediatr*, 172(5), 683-691. <https://doi.org/10.1007/s00431-013-1943-5>
- Yu, H., Wu, W., Tai, W., Li, J., & Zhang, R. (2024, Nov 28). The arch myth: investigating the impact of flat foot on vertical jump height: a systematic review and meta-analysis. *BMC Sports Sci Med Rehabil*, 16(1), 236. <https://doi.org/10.1186/s13102-024-01018-w>
- ZAREZADEH, M., FAROKHI, A., & KAZEM NEZHAD, A. (2011). DETERMINING RELIABILITY AND VALIDITY OF TEST OF GROSS MOTOR DEVELOPMENT (ULRICH, 2000) IN 3-11 AGED CHILDREN OF TEHRAN CITY. *OLYMPIC*, 18(4 (SERIAL 52)), 85-98. SID. <https://sid.ir/paper/37779/en>.