Journal of
Sport Biomechanics

March 2019. Vol 4. Issue 4

Research Paper

Comparing the Balance of Male Athletes Aged 11-14 Years With and Without Genu Varum

*Reza Hosseini[1], Ali Asghar Norasteh[1], Nezam Nemati[1]

1. Department of Corrective Exercises and Sport Injuries, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation: Hosseini R, Norasteh A, Nemati N. [The Comparison of Balance Between 11-14 Years old Aathletes With and Without Genu Varum (Persian)]. Journal of Sport Biomechanics. 2019; 4(4):54-65. https://doi.org/10.32598/biomechanics.4.4.54

https://doi.org/10.32598/biomechanics.4.4.54

CC BY NC

Article Info:
Received: 10 Nov 2018
Accepted: 28 Jan 2019
Available Online: 01 Mar 2019

Keywords:
Genu varum, Dynamic balance, Static balance

ABSTRACT

Objective Maintaining balance is one of the most important functions of neuromuscular system in performing all simple and complex¬ sports activities. Musculoskeletal deformities especially, genu varum in the lower extremity, can negatively affect the body's biomechanics. The aim of this study was to the compare the balance of male athletes aged 11-14 years with and without genu varum.

Methods This study has a causal-comparative design. From a total of 580 amateur adolescent male athletes in basketball, handball and volleyball living in Marivan County, who had training three sessions per week, 21 with genu varum (Mean±SD of age=13.15±1.22 years; Mean±SD of height=1.68±2.32 cm; Mean±SD of weight=51.23±4.48 kg) and 21 with no genu varum (Mean±SD of age=12.95±1.17 years; Mean±SD of height=1.67±1.45 cm; Mean±SD of weight=49.49±3.48 kg) were recruited. Their genu varum deformity was assessed using a caliper. Static and dynamic balance was evaluated by Bass Stick test and Y Balance test, respectively. Data analysis was performed using independent samples t-test.

Results There was no significant difference in static balance between those with and without genu varum (P=0.61), while their dynamic balance was significantly different in posteromedial (P=0.003) and posterolateral (P=0.004) directions.

Conclusion Negative effect of knee deformity on balance are turned out over time. Preventive measures and appropriate exercises at an early age may reduce the negative effects of deformities on balance.

Extended Abstract

1. Introduction

Postural control is defined as the control of body position in space to maintain body stability and orientation. Postural orientation is the ability to maintain a proper connection between body segments as well as between the body and the environment to perform a task. In many functional tasks, body alignment is vertical.

Furthermore, to maintain this state, it applies various sensory stimuli, such as gravity (vestibular system), the base of support (somatosensory system), and the body's relationship to objects in the environment (visual system). The lower extremity, due to its significant role in enduring weight, absorbing and modifying the pressures and kicks during dynamic activities (e.g. walking, running, jumping),

* *Corresponding Author:*
Reza Hosseini, Msc.
Address: Department of Corrective Exercises and Sport Injuries, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
Tel: +98 (918) 8745003
E-Mail: rezahosseini1196aran@gmail.com

and maintaining the postural control in standing and moving positions, is of particular importance [2]. The knee joint plays a significant role in supporting the body and transmitting its weight during static and dynamic activities; however, since it has almost no bone component to stabilize it, it is one of the most vulnerable joints in the lower extremity [3].

Genu varum is among the knee deformities [4]. Such changes in the lower limb can disturb the center of gravity relative to the base of support; they might ultimately cause significant changes in individuals' balance. The mechanical axis of the knee usually passes through the center of the knee joint, i.e. from the tubercle between the tibial condyle, and when standing on two legs, the force is equally distributed between the inner and outer knee parts [5]. Genu varum deformity affects the mechanical axis deviation of the knee joint. Moreover, internal and external ankle rotation influences the mechanical axis deviation of the ankle joint. Therefore, the mechanical axis deviation of the lower extremity joints could significantly impact on the forces exerted by the ground as well as balance disturbance [6]. Researchers disregarded investigating the effects of genu varum deformity on the balance of athletes at younger ages. Thus, this study aimed to investigate the static and dynamic balance of adolescent athletes with and without genu varum deformity.

2. Participants and Methods

A total of 580 adolescent male athletes aged 11-14 years in Marivan County, Iran, were screened for genu varum deformity using a caliper. Of them, 42 with and without genu varum were purposively selected as the study samples. The study participants were divided into 2 groups of 21.

To detect genu varum, the subject stood bare feet on both legs without any contractions and abnormal tonicity in the thigh muscles. The knees were in full extension and the ankles stick together where the patella bones were facing forward. In this state, the distance between the two medial femoral condyles was measured by a caliper. A distance of >3 cm between the two condyles was considered as a genu varum [5]. The Bass Stick test was used to measure the static balance of the study subjects [14]. Besides, the Y Balance Test (YBT) was used to evaluate the dynamic balance [15, 16].

3. Results

Table 1 presents Mean±SD values of the study variables. The t-test results (Table 2) suggested no significant difference in static balance between the study subjects with and without genu varum. Moreover, the results dynamic balance test in anterior direction revealed no significant difference between the study groups; however, group differences were significant in posterolateral (t=3.15, P=0.004) and posteromedial (t=3.17, P=0.003) directions. In other words, the study subjects with genu varum had less dynamic balance in lateral posterior and medial posterior directions, compared to their healthy counterparts.

4. Discussion

In this study, no statistically significant difference was found in the static balance between the study subjects with genu varum and healthy controls. This could be because the sport has a dynamic nature, rather than a static one; thus, it did not affect the static balance of subjects. In dynamic balance, the difference between the two study groups was only significant in the anterior direction. In other words, athletes with genu varum had less dynamic balance than their healthy peers in lateral posterior and medial posterior directions. The obtained static balance test data was in line with some other studies. Shojaedin et al. [10] investigated the relationship between varus knee deformity and dynamic and static postural control in 10-12-year-old boys. Their results indicated that varus knee deformity did not affect the samples' static balance.

Table 1. Mean±SD scores of study variables

Variable	Mean±SD	
	Without Genu Varum	With Genu Varum
Static balance (s)	1.29±0.42	1.23±0.25
Dynamic balance (%)	81.76±12.63	79.64±6.42
Anterior direction (%)	69.98±11.19	72.58±9.18
Lateral posterior direction (%)	75.29±13.16	65.33±10.96
Medial posterior direction (%)	75.15±12.90	64.46±7.81

Table 2. Levene's test and t-test results for dynamic and static balance measurements

Variable	Levene's Test		t-test			Mean Difference P<0.01**
	F	Sig.	t	df	Sig.	
Static balance (s)	2.64	0.12	0.514	38	0.61	0.056
Anterior direction (%)	0.267	0.69	0.803	38	0.42	2.60
Lateral posterior direction (%)	0.855	0.36	3.15**	38	0.004	9.96
Medial posterior direction (%)	0.853	0.361	3.17**	38	0.003	10.68

Journal of
Sport Biomechanics

5. Conclusion

Varus knee deformity could affect the dynamic balance of athletes compared to their healthy counterparts. The adverse effects of such deformities on balance increases with aging. It is recommended that this study be conducted with a larger sample size as well as a more extensive age population range to be able to generalize the findings to different groups.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

Prior to the study, a brief explanation of the tests and methods were given to the participants. Then, a written informed consent was obtained from their parents and they were told that they were to leave the study at any time. Moreover, permissions were obtained from the Department of Youth Affairs and Sports in Marivan, Iran.

Funding

This research did not receive any financial support from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit organizations.

Authors' contributions

Investigation and draft preparation: Reza Hosseini; review and editing: Ali Asghar Norasteh and Nezam Nemati.

Conflicts of interest

The authors declare no conflict of interest.

مقایسه تعادل ورزشکاران ۱۱ تا ۱۴ سالِ با و بدون زانوی پرانتزی

*رضا حسینی[۱]، علی‌اصغر نورسته[۱]، نظام نعمتی[۱]

۱. گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

اطلاعات مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۹ آبان ۱۳۹۷
تاریخ پذیرش: ۸ بهمن ۱۳۹۷
تاریخ انتشار: ۱۰ اسفند ۱۳۹۷

کلیدواژه‌ها:
زانوی پرانتزی، تعادل پویا، تعادل ایستا

چکیده

هدف حفظ تعادل یکی از اساسی‌ترین عملکردهای سیستم عصبی‌عضلانی در انجام تمامی فعالیت‌های ساده و پیچیده ورزشی است. ناهنجاری‌های اسکلتی‌عضلانی به‌ویژه ناهنجاری‌های زانوی پرانتزی درانداام تحتانی می‌تواند بر بیومکانیک بدن تأثیر بگذارد. هدف از این تحقیق، مقایسه تعادل ورزشکاران ۱۱ تا ۱۴سال با و بدون زانوی پرانتزی بود.

روش‌ها این تحقیق کاربردی و از نظر روش، علّی‌مقایسه‌ای است. از ۵۸۰ ورزشکار نوجوان غیرحرفه‌ای پسر شهرستان مریوان در رشته‌های هندبال، والیبال و بسکتبال که در هفته سه جلسه تمرین داشتند، ۲۱ نفر با ناهنجاری زانوی پرانتزی با میانگین سنی ۱/۲۲±۱۳/۱۵ سال، قد ۲/۳۲±۱/۶۸ متر و وزن ۴/۴۸±۵۱/۲۳ کیلوگرم و ۲۱ نفر بدون ناهنجاری با میانگین سنی ۹۵/۱۷±۱۲/۱ سال، قد ۱/۴۵±۱/۶۷ متر و وزن ۳/۴۸±۴۹/۴۹ کیلوگرم برای بررسی نهایی انتخاب شدند. ناهنجاری زانو پرانتزی با کولیس اندازه‌گیری شد. از آزمون باس استیک جهت ارزیابی تعادل ایستا و از آزمون Y برای ارزیابی تعادل پویا استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون تی گروه‌های مستقل استفاده شد.

یافته‌ها نتایج نشان داد بین تعادل ایستا در ورزشکاران با ناهنجاری زانوی پرانتزی و سالم تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (P=۰/۶۱) درحالی‌که بین تعادل پویا و ناهنجاری زانوی پرانتزی تفاوت معنی‌داری بین دو گروه در جهت‌های خلفی‌داخلی (P=۰/۰۰۳) و خلفی‌خارجی (P=۰/۰۰۴) مشاهده شد.

نتیجه‌گیری بروز اثرات منفی ناهنجاری بر تعادل نیازمند گذشت زمان است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که انجام اقدامات پیش‌گیرانه و تمرینات مناسب در سنین پایین ممکن است اثرات منفی ناهنجاری بر تعادل را کاهش دهد.

مقدمه

کنترل پاسچر به صورت کنترل وضعیت بدن در فضا به منظور حفظ ثبات و جهت‌گیری بدن تعریف می‌شود. جهت‌گیری پاسچرال را می‌توان به عنوان توانایی حفظ ارتباط مناسب بین سگمان‌های بدن و بین بدن و محیط جهت انجام یک وظیفه تعریف کرد. در بسیاری از وظایف عملکردی، راستای بدن عمودی است و برای حفظ این وضعیت، از محرک‌های حسی گوناگون همچون جاذبه (سیستم وستیبولار)، سطح اتکا (سیستم حسی‌پیکری) و ارتباط بدن با اشیای موجود در محیط (سیستم بینایی) استفاده می‌شود.

ثبات پاسچرال یا تعادل، توانایی بدن در حفظ توازن بین نیروها و گشتاورهای مؤثر روی مرکز جرم بدن است. زمانی یک سیستم پایدار است که حرکات آن با وجود اِعمال اغتشاش بر آن، خیلی از مسیر مطلوب خارج نشود و مرکز جرم آن درون تکیه‌گاه حفظ شود [۱]. اندام تحتانی به واسطه نقش عمده‌ای که در تحمل وزن، جذب و تعدیل فشارها و ضربات واردشده در هنگام فعالیت‌های دینامیکی چون راه‌رفتن، دویدن، پریدن و حفظ وضعیت بدن در حالت ایستاده و در حال حرکت بر عهده دارد، از اهمیت ویژه‌ای در بین تحقیقات برخوردار است [۲]. مفصل زانو نقش بسیار مهمی در حمایت بدن و انتقال وزن آنِ حین فعالیت‌های ایستا و پویا ایفا می‌کند، ولی ازآنجاکه تقریباً هیچ عامل استخوانی در ایجاد ثبات آن نقش ندارد، یکی از آسیب‌پذیرترین مفاصل بدن است [۳]. زانوی پرانتزی یکی از ناهنجاری‌های اندام تحتانی است [۴]. چنین تغییراتی در اندام تحتانی می‌تواند موجب برهم‌خوردن خط جاذبه نسبت به سطح اتکا و درنهایت موجب تغییرات قابل توجه در شاخص تعادل فرد شود. محور مکانیکی زانو در حالت طبیعی از مرکز مفصل زانو یعنی از توبرکل بین کوندیلی درشت‌نی می‌گذرد و در حالت ایستاده روی دو پا، نیروی وزن به صورت مساوی بین بخش‌های داخلی و خارجی زانو تقسیم می‌شود [۵]. با توجه به تأثیر زانوی پرانتزی بر انحراف محور

* نویسنده مسئول:
رضا حسینی
نشانی: رشت، دانشگاه گیلان، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی.
تلفن: ۸۷۴۵۰۰۳ (۹۱۸) ۹۸+
پست الکترونیکی: rezahosseini1196aran@gmail.com

مکانیکی مفصل زانو و همین‌طور تأثیر چرخش داخلی و خارجی مچ پا بر انحراف محور مکانیکی مچ پا، انحرافات محور مکانیکی مفاصل اندام تحتانی می‌تواند تأثیر بسزایی در نیروهای وارده از طرف زمین و برهم‌خوردن تعادل داشته باشد [۶].

در سال‌های اخیر در تحقیقات به بررسی تأثیر ناهنجاری زانوی پرانتزی بر پارامترهای بیومکانیکی اندام تحتانی در حین فعالیت‌های ایستا (ایستادن روی یک پا) و پویا (راه‌رفتن و دویدن) پرداخته شده است [۷]. نایلند و همکاران نشان دادندکه افراد دارای زانوی پرانتزی در مقایسه با افراد سالم هنگام ایستادن روی یک پا، در حالتی که زانو ۲۰ درجه فلکشن دارد، دارای تعادل ضعیف‌تری هستند [۸]. عنبریان و همکاران در پژوهش خود تحت عنوان «تأثیر ناهنجاری زانوی پرانتزی بر کنترل تعادل بدن متعاقب اعمال شتاب ناگهانی پاسچرال در دختران نوجوان» نشان دادند که کنترل پاسچر هنگام مواجهه با آشفتگی ناگهانی در دانش‌آموزان دختر دارای زانو پرانتزی در مقایسه با هم‌سالان سالم ضعیف‌تر است [۹].

بختیاری و همکاران در تحقیق خود تحت عنوان «اثر ناهنجاری زانوی پرانتزی بر افزایش نوسانات پاسچر و افزایش خطر افتادن» نشان دادند، اختلال مکانیکی ناشی از ناهنجاری زانوی پرانتزی می‌تواند منجر به برهم‌خوردن شاخص‌های تعادل طرفی در وضعیت‌های ایستا و پویا شود [۵]. تاجدینی کاکاوندی و همکاران تأثیر ناهنجاری زانوی پرانتزی بر کنترل پاسچر بدن حین راه‌رفتن و دویدن در مردان فعال را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که تغییرات مرکز جرم به فشار در جهت قدامی‌خلفی بین گروه‌های آزمایشی حین راه‌رفتن و دویدن در اندام برتر و دویدن در اندام غیربرتر معنادار بود، اما در جهت داخلی‌خارجی اختلاف معناداری در هیچ‌کدام از متغیرها مشاهده نشد [۲].

شجاع‌الدین و همکاران برخلاف یافته‌های تحقیقات قبلی نشان دادند که وجود ناهنجاری زانوی پرانتزی بر کنترل پاسچر پسران ۱۰ تا ۱۲ سال مؤثر نبوده است. علت آن را می‌توان عدم توانایی رشد جسمانی و عضلانی مناسب آزمودنی‌ها دانست،که باعث شده است گروه کنترل نتواند خود را از جهت کنترل پاسچر نسبت به گروه زانوی پرانتزی، متفاوت نشان بدهد [۱۰]. فعالیت بدنی می‌تواند در بهبود برخی از سیستم‌های حسی‌حرکتی که در حفظ تعادل افراد مشارکت دارند، ایفای نقش کند که این کار احتمالاً از طریق بهبود کنترل عصبی‌عضلانی مانند کاهش تغییرپذیری در به‌کارگیری واحدهای حرکتی و بهبود همزمانی واحدهای حرکتی باشد [۱۱].

با تأکید بر تئوری سیستم‌ها مشخص می‌شود که سیستم‌های مختلفی در کنترل پاسچر نقش دارند. به نظر می‌رسد ماهیت ورزش و فعالیت بدنی به گونه‌ای است که می‌تواند روی هریک از سیستم‌ها اثرگذار باشد [۱۲]. منابع و اسناد بسیار محدودی در ارتباط با نقش ناهنجاری‌های زانو مخصوصاً در میان نوجوانان ورزشکار بر روی کنترل تعادل بدن وجود دارد. زانو یکی از مفاصل مهم اندام تحتانی است و پژوهش‌های بسیاری تأثیر منفی بروز ناهنجاری در این مفصل بر تعادل را نشان داده‌اند. با وجود این، سن شروع این اثرات منفی بر تعادل و سازوکارهای زیرساختی آن با ابهاماتی روبه‌روست. با توجه به اینکه پژوهشی درزمینه اثرات ناهنجاری زانوی پرانتزی بر تعادل در ورزشکاران در سنین پایین یافت نشد، پژوهش حاضر با هدف بررسی تعادل پویا و ایستای ورزشکاران نوجوان با ناهنجاری زانوی پرانتزی و نوجوانان سالم طراحی شده است.

روش‌شناسی

با توجه به اهداف و محتوای تحقیق حاضر،این تحقیق کاربردی و از نظر روش از نوع علّی‌مقایسه‌ای است. نمونه‌های تحقیق به صورت هدفمند از بین ورزشکاران نوجوان پسر شهرستان مریوان انتخاب شدند. این افراد ورزشکاران غیرحرفه‌ای بودند که حداقل هفته‌ای سه جلسه به طور منظم به ورزش می‌پرداختند، اما سابقه قهرمانی یا عضویت در تیم‌هایی فراتر از سطح شهرستان را نداشتند. در تحقیق حاضر برای همگنی بیشتر افراد، آزمودنی‌ها از میان ورزشکاران رشته‌های والیبال، بسکتبال و هندبال انتخاب شدند. میزان و مدت فعالیت ورزشی برای افراد در هر سه گروه در سطح یکسانی بود [۱۳].

به منظور انتخاب آزمودنی‌های این تحقیق در یک روند غربالگری و با استفاده از کولیس برای شناسایی ناهنجاری زانوی پرانتزی، ۵۸۰ نفر ورزشکاران نوجوان ۱۱ تا ۱۴ سال مورد بررسی قرار گرفتند. سپس از بین این افراد ۴۲ نفر با و بدون ناهنجاری زانوی پرانتزی در قالب دو گروه ۲۱نفره با ویژگی‌های عمومی برای ارزیابی پایانی انتخاب شدند. معیارهای خروج از این تحقیق شامل داشتن سابقه اسپرین مچ پا، شکستگی و یا جراحی در اندام تحتانی، ستون فقرات و لگن در یک سال گذشته، ابتلا به عفونت گوش داخلی، وجود اختلالات بینایی اصلاح‌نشده توسط عینک و یا سابقه صدمات مغزی، پرداختن به ورزش حرفه‌ای، سابقه قهرمانی، ناهنجاری زانوی ضربدری، زانوی عقب‌رفته در وضعیت ایستاده طبیعی، عدم تقارن لگنی و یا تفاوت بیشتر از یک سانتی‌متر در طول پاها بود.

روش اندازه‌گیری زانوی پرانتزی با استفاده از کولیس

برای اندازه‌گیری این ناهنجاری، فرد بدون کفش و جوراب درحالی‌که زانوها و ران‌های وی دیده می‌شود، بدون هیچ‌گونه انقباضی و تونوس غیرطبیعی در عضلات ناحیه ران می‌ایستد. زانوها باید در حالت اکستنشن کامل قرار گرفته و قوزک‌های دو پا به‌گونه‌ای به هم بچسبند که استخوان‌های کشکک به روبه‌رو باشند. در این حالت فاصله بین دو کندیل داخلی ران‌ها (فوق لقمه داخلی ران) با کولیس اندازه‌گیری می‌شود. اگر فاصله بین

مجله بیومکانیک ورزشی

تصویر ۱. نحوی ارزیابی تعادل ایستا

دو کندیل بیشتر از سه سانتی‌متر باشد، زانو، پرانتزی محسوب می‌شود [۵].

روش ارزیابی تعادل ایستا

برای سنجش تعادل ایستای آزمودنی‌ها از آزمون باس استیک[1] استفاده شد [۱۴]. این آزمون به این صورت انجام شد که مدت‌زمانی که فرد می‌توانست بر روی پنجه پا بر روی یک قطعه الوار با عرض یک اینچ (۲/۵ سانتی‌متر) بدون لمس زمین بایستد ثبت می‌شد. جهت آشنایی آزمودنی با آزمون، افراد سه مرتبه و با فاصله ۱۵ ثانیه استراحت، آزمون را انجام دادند و بعد از یک دقیقه آزمون اصلی انجام گرفت. این آزمون سه‌بار برای هر پا انجام شد و زمان‌های هر شش کوشش با هم جمع شد و به عنوان امتیاز کلی در نظر گرفته شد (تصویر شماره ۱).

روش ارزیابی تعادل پویا

از آزمون تعادل Y[2] برای ارزیابی تعادل پویا استفاده شد [۱۶]

1. Bass stick
2. Y Balance Test

[۱۵]. پایایی درون آزمونگر ۰/۹۱ تا ۰/۸۵ و پایایی بین آزمونگر ۰/۹۹ و همچنین پایایی امتیاز ترکیبی درون آزمونگر این آزمون به ترتیب ۰/۹۹ و ۰/۹۱ گزارش شده است [۱۶]. در این آزمون فرد باید تعادل خود را روی یک پا بدون درگیرشدن سطح اتکا و به‌هم‌خوردن تعادل حفظ کند، در حالی که با پای دیگر عمل رسش را با کسب حداکثر فاصله در سه جهت انجام می‌دهد (تصویر شماره ۲). هدف از انجام عمل رسش در این آزمون حفظ تعادل هنگام ایجاد حداکثر اختلال در موازنه بدن و توانایی برگشت به حالت تعادل است. سه کوشش در هر جهت با ۱۵ ثانیه استراحت میان هر اجرا توسط هر آزمودنی صورت می‌گرفت. نمره کلی با استفاده از فرمول شماره ۱ محاسبه شد. مقدار رکورد به دست آمده برحسب سانتی‌متر به طول پای آزمودنی بر حسب سانتی‌متر نرمالایز شد.

.۱

$$\text{امتیاز ترکیبی} = \frac{\text{۱۰۰} \times (\text{مسافت پیموده شده در جهت جلو} + \text{خلفی داخلی} + \text{خلفی خارجی})}{\text{۳} \times \text{طول پا}}$$

برای تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. جهت تشخیص طبیعی‌بودن داده‌ها، آزمون کلموگروف‌اسمیرنوف (جدول شماره ۱) و برای مقایسه بین گروه‌ها از آزمون تی گروه‌های مستقل در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد ($\alpha \leq ۰/۰۵$) و از نسخه ۲۳ نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

نتایج

جدول شماره ۱ نتایج آزمون کلموموگروف‌اسمیرنوف برای طبیعی‌بودن داده‌ها در تعادل ایستا و پویا، جدول شماره ۲ میانگین و انحراف استاندارد ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها و جدول شماره ۳ میانگین و انحراف معیار متغیرهای تحقیق را نشان می‌دهند.

نتایج آزمون تی گروه‌های مستقل (جدول شماره ۴) نشان داد که بین تعادل ایستا در افراد با و بدون زانوی پرانتزی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و همچنین نتایج آزمون در مسیر قدامی در تعادل پویا نیز تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. اما در مسیرهای

مجله بیومکانیک ورزشی

تصویر ۲. نحوی ارزیابی تعادل پویا در مسیرهای قدامی، خلفی‌خارجی وخلفی‌داخلی

جدول ۱. آزمون کلوموگروف اسمیرنوف برای طبیعی بودن دادهها در تعادل ایستا و پویا

تعادل	سطح معنیداری	تعداد	مقدار آزمون آماری
ایستا	۰/۰۵۷	۴۲	۰/۱۴۹
پویا	۰/۰۹۹	۴۲	۰/۱۲۸
قدامی	۰/۰۵۷	۴۲	۰/۱۴۱
خلفی- خارجی	۰/۲۰۰	۴۲	۰/۱۰۳
خلفی-داخلی	۰/۰۵۰	۴۲	۰/۱۴۷

مجله بیومکانیک ورزشی

جدول ۲. مربوط به ویژگیهای عمومی شرکتکنندگان

رشته ورزشی (تعداد نفرات)	گروه	میانگین±انحراف معیار			
		قد (متر)	سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	بین دو کندیال استخوان ران (سانتی متر)
والیبال (n=۱۴۰)	زانو پرانتزی	۱/۶۸±۲/۳۲	۱۳/۱۵±۱/۲۲	۵۱/۲۳±۴/۴۸	۵/۱۰±۰/۷۸
	سالم	۱/۶۳±۲/۰۲	۱۳/۱۲±۱/۱۸	۴۸/۱۸±۳/۴۵	۰/۶۵±۰/۲۳
بسکتبال (n=۱۴)	زانو پرانتزی	۱/۶۶±۱/۲۱	۱۲/۸۰±۱/۳۲	۵۳/۲±۴/۹۸	۵/۴۷± ۰ /۶۹
	سالم	۱/۶۹±۱/۱۳	۱۳/۴۸±۱/۱۸	۵۰/۱۲±۴/۵۷	۱/۰۵±۰/۵۶
هندبال (n=۱۴)	زانو پرانتزی	۱/۶۹±۲/۳۲	۱۳/۲۵±۱/۱۱	۴۹/۲۲±۲/۳۲	۵/۵۵±۱/۰۷
	سالم	۱/۷۰±۱/۲۲	۱۲/۲۷±۱/۱۵	۵۰/۱۸±۲/۴۲	۰/۸۷±۰/۴۹

مجله بیومکانیک ورزشی

خلفیخارجی و خلفیداخلی به ترتیب تی گروههای مستقل ۳/۱۵ و ۳/۱۷ و سطح معنیداری (P=۰/۰۰۴) و (P=۰/۰۰۳) بود که از لحاظ آماری معنیدار بود. به عبارت دیگر افراد با ناهنجاری زانوی پرانتزی نسبت به همتایان سالم خود از تعادل پویایی کمتری در مسیرهای خلفیخارجی و خلفیداخلی برخوردار بودند.

بحث

در این پژوهش تفاوتی در تعادل ایستا بین گروه افراد دارای زانوی پرانتزی و گروه افراد سالم مشاهده نشد. در مورد تعادل پویا نیز در جهت قدامی هیچگونه تفاوتی بین دو گروه مشاهده نشد. اما در جهتهای خلفیداخلی و خلفیخارجی تفاوت معنیداری بین دو گروه مشاهده شد. به عبارت دیگر افراد ورزشکار با ناهنجاری زانوی پرانتزی نسبت به افراد ورزشکار سالم در این جهتها از تعادل کمتری داشتند. تعادل که

جدول ۳. میانگین و انحراف معیار متغیرهای تحقیق

متغیر	میانگین±انحراف معیار	
	سالم	دارای ناهنجاری زانوپرانتزی
تعادل ایستا(ثانیه)	۱/۲۹±۰/۴۲	۱/۲۳±۰/۲۵
تعادل پویا (درصدکلی)	۸۱/۷۶±۱۲/۶۳	۷۹/۶۴±۶/۴۲
قدامی(درصد)	۶۹/۹۸±۱۱/۱۹	۷۲/۵۸±۹/۱۸
خلفی - خارجی(درصد)	۷۵/۲۹±۱۳/۱۶	۶۵/۳۳±۱۰/۹۶
خلفی- داخلی(درصد)	۷۵/۱۵ ±۱۲/۹۰	۶۴/۴۶±۷/۸۱

مجله بیومکانیک ورزشی

جدول ۴. نتایج آزمون لون و تی گروه‌های مستقل برای متغیر ایستا و پویا

	آزمون لون برای برابری واریانس‌ها		آزمون معنی‌داری تی گروه‌های مستقل			اختلاف میانگین
	F	Sig.	t	DF	Sig.	P<۰/۰۱**
تعادل ایستا	۲/۶۴	۰/۱۲	۰/۵۱۴	۳۸	۰/۶۱	۰/۰۵۶
قدامی	۰/۲۶۷	۰/۶۹	۰/۸۰۳	۳۸	۰/۴۲	۲/۶۰
خلفی‌خارجی	۰/۸۵۵	۰/۳۶	۳/۱۵**	۳۸	۰/۰۰۴	۹/۹۶
خلفی داخلی	۰/۸۵۳	۰/۳۶۱	۳/۱۷**	۳۸	۰/۰۰۳	۱۰/۶۸

** سطح معنی‌داری در این پژوهش یک درصد است.

مجله بیومکانیک ورزشی

روند حفظ مرکز ثقل[3] در محدوده سطح اتکای[4] بدن تعریف می‌شود، اغلب به عنوان یکی از شاخص‌های ارزیابی عملکرد اندام تحتانی به کار برده می‌شود [۱۷]. دارابودن سیستم کنترل تعادل سالم، موضوعی ضروری و حیاتی برای جلوگیری از آسیب هنگام فعالیت‌های روزمره است [۱۸].

توانایی کنترل تعادل و ایجاد تغییرات در راستای بدن در واکنش به نیروهای وارده به بدن هنگام فعالیت‌های بدنی سنگین نظیر فعالیت‌های ورزشی برای جلوگیری از آسیب‌دیدگی بدن ضروری است [۱۹]. در مورد تعادل ایستا نتایج تحقیق حاضر با نتایج برخی تحقیقات انجام شده در این زمینه هم‌سو بود. شجاع‌الدین و همکاران ارتباط بین ناهنجاری زانوی پرانتزی با کنترل پاسچر پویا و ایستا در پسران نوجوان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که وجود ناهنجاری زانوی پرانتزی بر کنترل پاسچر ایستا بر پسران ۱۰ تا ۱۲ سال مؤثر نبوده است [۱۰]. افراد شرکت کننده در پژوهش شجاع‌الدین و همکاران میانگین سنی ۱۱/۲ داشتند و هیچ‌گونه سابقه تمرین ورزشی منظم و فعالیت در رشته ورزشی خاص را نداشتند.

عنبریان و همکاران در تحقیق خود تحت عنوان «تأثیر ناهنجاری زانوی پرانتزی برکنترل تعادل بدن متعاقب اعمال شتاب ناگهانی پاسچرال در دختران نوجوان» به این نتیجه رسیدند که هر دو گروه در وضعیت چشم باز نسبت به چشم بسته از تعادل بهتری برخوردار هستند، هرچند این تفاوت معنی‌دار نبود [۹]. در این پژوهش افراد شرکت کننده دختران غیرورزشکار با میانگین سنی ۱۳/۵ سال بودند و برای سنجش تعادل ایستا از دستگاه توزیع فشار کف پا استفاده کردند. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که در ناهنجاری‌های وضعیتی مانند زانوی پرانتزی، به علت به‌هم‌خوردن تعادل عضلانی و تغییر نسبت قدرت عضلات، ممکن است تغییر در ترتیب فعال‌شدن عضلات و کاهش کنترل عصبی‌عضلانی رخ دهد که این امر می‌تواند باعث افت عملکرد تعادلی در این افراد شود [۲۰]. با وجود این، نتایج پژوهش حاضر تفاوتی در عملکرد تعادل ایستا این گروه از نوجوانان را نشان نداد.

نگاه دقیق‌تر به ادبیات پژوهش و همچنین شرایط اجرای پژوهش حاضر می‌تواند در تبیین نتایج این پژوهش سودمند باشد. شواهدی بسیار قوی وجود دارد که نشان می‌دهد تعادل افراد تا سنین ۱۲ سالگی به عملکرد تعادلی در بزرگ‌سالی نزدیک نمی‌شود و سازوکار کنترل پاسچر در کودکان با بلوغ تغییر می‌کند [۲۱]. به عنوان مثال در کودکان تا سن ۶، ۷ سالگی نقش درون‌دادهای بینایی و تعادلی در کنترل پاسچر، غالب به نظر می‌رسد، ولی در دوران بلوغ نقش گیرنده‌های حس عمقی پررنگ‌تر می‌شود [۲۲]. دیوپسیکور و همکاران نشان دادند، اوج ثبات پاسچر در ۲۵ سالگی است [۲۳]. حال، با توجه به این که آزمودنی‌های این پژوهش از لحاظ سنی به عملکرد تعادلی بزرگسالی نرسیده‌اند، می‌توان این‌گونه بیان کرد که به دلیل سن پایین و به خاطر عدم تکمیل رشد جسمانی آزمودنی‌های این تحقیق، گروه کنترل نتوانسته‌اند اختلاف محسوسی را نسبت به گروه آزمایش در سنجش تعادل ایستا از خود نشان دهند. همچنین به دلایل مذکور، به نظر می‌رسد اثرات منفی ناهنجاری بر کنترل پاسچر هنوز در گروه زانوی پرانتزی نهادینه نشده است. به عبارت دیگر گروه کنترل هنوز به اوج عملکرد تعادلی خود نرسیده و از سوی دیگر ناهنجاری زانوی پرانتزی نیز به دلیل سن کم آزمودنی‌ها اثرات منفی کمی داشته است.

صادقی و همکاران به این نتیجه رسیدند که نوسان پاسچر در وضعیت‌های دوپا چشم باز و وضعیت تک‌پا چشم باز بین دو گروه دارای زانوی پرانتزی و گروه سالم تفاوت معناداری داشت [۲۴]. البته عدم هم‌سوبودن این پژوهش با پژوهش صادقی و همکاران را می‌توان این‌گونه بیان کرد که افراد شرکت کننده در تحقیق صادقی و همکاران را دانشجویان مرد تشکیل می‌دادند و برای ثبت تغییرات مرکز فشار از صفحه نیروسنج استفاده کردند. بختیاری و همکاران در پژوهشی تحت عنوان «اثر ناهنجاری زانوی پرانتزی بر افزایش نوسانات پاسچر و افزایش خطر افتادن» نشان دادند که اختلال مکانیکی ناشی از ناهنجاری زانوی پرانتزی می‌تواند منجر به برهم‌خوردن شاخص‌های تعادل طرفی در

3. Center of gravity
4. Base of support

وضعیت‌های ایستا و پویا شود [۵]. این اختلاف در نتایج بین این دو پژوهش را می‌توان به اختلاف سنی آزمودنی‌های پژوهش حاضر با پژوهش بختیاری و همکاران نسبت داد. آزمودنی‌های بختیاری و همکاران، دانشجویان با میانگین سنی ۲۲ سال بودند، ولی در تحقیق حاضر، میانگین سنی آزمودنی‌ها ۱۳سال است. علاوه بر این پژوهش بختیاری و همکاران، روی دختران صورت گرفته است، در حالی که آزمودنی‌های پژوهش حاضر پسر بودند. به نظر می‌رسد به دلیل سن پایین‌تر، آزمودنی‌های پژوهش حاضر کمتر تحت تأثیر آثار منفی ناهنجاری قرار گرفته‌اند.

در مورد تعادل پویا، نتایج در مسیر قدامی معنی‌دار نبود به عبارت دیگر هیچ‌گونه تفاوتی بین دو گروه در مسیر قدامی مشاهده نشد. اما در مسیرهای خلفی‌داخلی و خلفی‌خارجی تفاوت معنی‌داری بین دو گروه مشاهده شد. به عبارت دیگر افراد با ناهنجاری زانوی پرانتزی نسبت به افراد ورزشکاران سالم در این مسیرها تعادل کمتری داشتند. در مورد تعادل پویا نتایج این تحقیق با تحقیق عنبریان و همکاران، بختیاری و همکاران هم‌سو بود. آن‌ها در پژوهش‌های خود به این نتیجه رسیدند که در هنگام مواجه با آشفتگی ناگهانی، افراد با ناهنجاری زانوی پرانتزی نسبت به افراد سالم تعادل ضعیف‌تری داشتند [۹، ۵]. اما یافته‌های ما در مورد تعادل پویا با یافته‌های شجاع‌الدین و همکاران هم‌سو نبود.

بر اساس نظریه سیستم‌ها، حفظ تعادل و متعاقب آن ایجاد حرکت، مستلزم تلفیق داده‌های حسی و توانایی سیستم عضلانی‌اسکلتی برای اعمال نیروی مناسب است. با توجه به اینکه تعادل در زنجیره حرکتی بسته حفظ می‌شود و بر هماهنگی بازخورد و راهبردهای حرکتی بین ران، زانو و مچ پا متکی است، تعادل می‌تواند با نقص در بازخورد آوران (دستگاه بینایی، دهلیزی و حسی‌پیکری) یا نقص در قدرت و پایداری مکانیکی هر مفصل دچار اختلال شود [۲۵]. انحراف مکانیکی زانو می‌تواند راهبرد کنترل پاسچر را هنگام ایستادن به چالش بکشد [۲۶].

نورسته و همکاران نشان دادند که اگر تقارن عضلات و موقعیت مفاصل نسبت به حالت اولیه تغییر کند، سیستم حس عمقی دچار اختلال می‌شود و احتمالاً این سیستم نیز اطلاعات درستی را در مورد موقعیت عضلات و مفاصل به سیستم عصب مرکزی مخابره نمی‌کند [۲۷]. اگر مرکز ثقل بدن از حالت تعادل خارج شود، برای برگرداندن بدن به حالت عادی و طبیعی خود، فعالیت عضلانی زیادی لازم دارد [۲۸].

زمانی که تعادل پویای بدن در اثر حرکات انتقالی یا رسشی مورد بررسی قرار می‌گیرد، فرد برای بازیابی تعادل بدن از راهبرد ران استفاده می‌کند. در این راهبرد، برای بازیابی تعادل به طور عمده از فعالیت عضلانی ناحیه نزدیک به تنه و ران استفاده می‌شود. عملکرد عضلات ران به طور طبیعی بر روی مفصل زانو اثرگذار هستند. به همین دلیل شاید بتوان به این نکته اشاره کرد که آزمون‌های ایستا برای ارزیابی تعادل بدن، آزمون‌های مناسبی برای افراد بیمار و مسن باشند، اما برای ارزیابی عملکرد تعادلی در موقعیت‌های دینامیکی نسبتاً آسان باشند [۹].

استیف و همکاران در تحقیقی بر روی تجزیه و تحلیل راه‌رفتن نوجوانان و جوانان دارای زانوی پرانتزی نشان دادند با وجود اینکه ناهنجاری زانوی پرانتزی در صفحه فرونتال است، اما علاوه بر صفحه فرونتال، این ناهنجاری باعث ایجاد تغییرات متعددی در متغیرهای کینماتیکی و کینتیکی در صفحه ساجیتال و افقی نیز می‌شود. این ناهنجاری در صفحه ساجیتال باعث کاهش معنادار حداکثر گشتاور اکستنشن زانو و حداکثر دامنه اکستنشن زانو در مرحله نهایی استانس می‌شود [۲۹]. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تغییرات راستای مفصل زانو در صفحه فرونتال به خودی‌خود قادر است که موجب برهم‌خوردن تعادل طرفی پویا در افراد با ناهنجاری زانوی پرانتزی در مفصل زانو شود، در حالی که نوسانات پاسچر در صفحه ساجیتال به خوبی کنترل شده و پایداری و ثبات فرد دستخوش اختلال نشده است.

با توجه به تغییر راستای تاندون عضله چهار سر در افراد دارای زانوی پرانتزی، این عضله دچار کاهش عملکرد شده [۳۰] و نیروی وزن به سمت بخش داخلی زانو منتقل می‌شود و نیروهای فشاری را در این قسمت افزایش می‌دهد [۳۱]. به نظر می‌رسد که جابه‌جایی به طرف داخل در افراد با زانوی پرانتزی می‌تواند موجب افزایش نوسانات پاسچر در آن‌ها شود. این موضوع با یافته‌های هایم و همکاران مطابقت دارد که نشان دادند دفورمیتی زانو می‌تواند توزیع طبیعی و متقارن وزن را در این مفصل تغییر دهد که این توزیع غیرمتقارن وزن در صفحه فرونتال خود می‌تواند عامل افزایش نوسانات پاسچر در مفصل زانو و مچ پا شود [۳۲]. به نظر می‌رسد افزایش توزیع نامتقارن وزن موجب افزایش بی‌ثباتی پاسچرال از طریق کاهش تأثیر سازوکار بار / بدون بار مفصل ران و افزایش گشتاورهای جبرانی در مفصل مچ پا شود که درنهایت باعث افزایش نوسانات پاسچرال می‌شود [۳۱]. نایلن و همکاران نشان دادند افراد با زانوی پرانتزی در مقایسه با افراد سالم به علت اتکای بیشتر به مفاصل سابتالار و مید تارسال دارای کنترل وضعیتی و تعادل ضعیف‌تری هستند و کنترل عملکردی ضعیف‌تری در عضلات پلانتار فلکسور مچ پا دارند [۸].

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد تعادل ایستای افراد با ناهنجاری زانوی پرانتزی و سالم تفاوت معنی‌داری ندارد که شاید به علت این است که ورزش ماهیتی پویا داشته و چون به صورت ایستا نیست، بر تعادل ایستای افراد چندان مؤثر نیست. اما در خصوص تعادل پویای این افراد نشان داده شد که افراد با ناهنجاری زانوی پرانتزی نسبت به افراد سالم تعادل پویای کمتری در مسیرهای خلفی‌داخلی و خلفی‌خارجی دارند. به‌طورکلی ناهنجاری زانوی پرانتزی بر تعادل پویای آزمودنی‌های این پژوهش در مقایسه با

گروه کنترل تأثیر داشته است. به نظر می‌رسد بروز اثرات منفی ناهنجاری بر تعادل نیازمند گذشت زمان است؛ به عبارتی با افزایش سن این تفاوت بیشتر شده و خود را نشان می‌دهد. با وجود این پیشنهاد می‌شود که این تحقیق با نمونه‌های بیشتر و با طیف سنی وسیع‌تر انجام شود تا بتوانیم یافته‌های حاصل از آن را به گروه‌های بیشتر تعمیم دهیم.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

قبل از شروع پژوهش، شرح مختصری در مورد نحوی اجرای آن برای ورزشکاران توضیح داده شد. سپس با اخذ رضایت‌نامه از والدین آن‌ها به ایشان گفته شد هر موقع خواستند می‌توانند پژوهش را ترک کنند. قبل از شروع و انتخاب آزمودنی‌ها مجوز حضور در سالن‌های ورزشی از طرف اداره ورزش و جوانان شهرستان مریوان برای این پژوهش صادر شد.

حامی مالی

این مقاله از هیچ‌گونه حمایت مالی برخوردار نبوده است.

مشارکت نویسندگان

جمع‌آوری داده‌ها و نگارش کلیه بخش‌ها: رضا حسینی؛ ویرایش اولیه: نظام نعمتی؛ ویرایش نهایی: علی‌اصغر نورسته.

تعارض منافع

بنا به اظهار نویسندگان، این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی نداشته است.

References

[1] Taheri M, Irandoust Kh, Norasteh AA, Shavikloo J. [The effect of combined core stability and neuromuscular training on postural control in students with congenital hearing loss (Persian)]. Journal of Research in Rehabilitation Sciences. 2017; 13(2):80-6.

[2] Tajdini Kakavandi H, Sadeghi H, Abbasi A. [The effect of genu varum deformity on posture control during walking and running in active male (Persian)]. Journal of Applied Exercise Physiology. 2018; 14(27):65-76. [DOI:10.22080/JAEP.2018.1795]

[3] Namavarian N, Rezasoltani A, Rekabizadeh M. [A study on the function of the knee muscles in genu varum and genu valgum (Persian)]. Journal of Modern Rehabilitation. 2014; 8(3):1-9.

[4] Mongashti Joni Y, Fatahi F, Ghanizadeh Hasar N, Hosseinpour E. Effect of genu varum deformity on gluteus medius muscle activity and postural control during single-leg jump-landing. Specific Physical Therapy Journal. 2017; 7(2):79-88. [DOI:10.32598/ptj.7.2.79]

[5] Bakhtiaty AH, Fatemi E, Rezasoltani A. [Genu varum deformity may increase postural sway and falling risk (Persian)]. Koomesh. 2012; 13(3):330-7.

[6] Cote KP, Brunet ME, Gansneder BM, Shultz SJ. Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. Journal of Athletic Training. 2005; 40(1):41-6. [PMID] [PMCID]

[7] Anbarian M, Esmailie H, Hosseini Nejad SE, Rabiei M, Binabaji H. [Comparison of knee joint muscle's activity in subjects with genu varum and the controls during walking and running (Persian)]. Journal of Research in Rehabilitation Sciences. 2012; 8(2):298-309.

[8] Nyland J, Smith S, Beickman K, Armsey T, Caborn DNM. Frontal plane knee angle affects dynamic postural control strategy during unilateral stance. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2002; 34(7):1150-7. [DOI:10.1097/00005768-200207000-00016] [PMID]

[9] Panahabadi M, Aghayari A, Salari Esker F, Anbarian M. [The effect of genu varum deformity on balance control following postural perturbation in adolescent girls (Persian)]. Scientific Journal of Kurdistan Universiy of Medical Sciences. 2013; 18(2):67-76.

[10] Shojaedin SS, Faghihi H. [The relationship between knee varus with dynamic and static postural control in adolescence boys (Persian)]. Journal of Teaching Physical Education. 2014; 2(1):1-7.

[11] Mirmoezzi M, Amini M, Khaledan A, Khorshidi D. [Effect of 8-week of selected aerobic exercise on static and dynamic balance in healthy elderly inactive men (Persian)]. Salmand: Iranian Journal of Ageing. 2016; 11(1):202-9. [DOI:10.21859/sija-1101202]

[12] Kiesel K, Plisky PJ, Voight ML. Can serious injury in professional football be predicted by a preseason functional movement screen? North American Journal of Sports Physical Therapy. 2007; 2(3):147-58. [PMID] [PMCID]

[13] Salehzadeh K, Fathi Rezaee Z, Zamani Sani SH, Sadr Haghighi Kh. [Physical self-concept, body mass index, and physical activity level among college students (Persian)]. Developmental Psychology (Journal of Iranian Psychologists). 2011; 8(29):85-96.

[14] Turkeri C. The effects of 12 weekly salsa training on bmi and static balance. Cukurova University Education Journal. 2014; 44(1):10-22. [DOI:10.14812/cufej.2015.001]

[15] Smith C, Chimera N, Warren W. Association of y balance test reach asymmetry and injury in division I athletes. Medicine & Science in SportS & Exercise 2015; 47(1):136-41. [DOI:10.1249/MSS.0000000000000380] [PMID]

[16] Chimera N, Smith C, Warren W. Injury history, sex, and performance on the functional movement screen and Y balance test. Athletic Training. 2015; 50(5):475-85. [DOI:10.4085/1062-6050-49.6.02] [PMID] [PMCID]

[17] Johnson F, Leitl S, Waugh W. The distribution of load across the knee. A comparison of static and dynamic measurements. The Journal of Bone and Joint Surgery British Volume. 1980; 62-B(3):346-9. [DOI:10.1302/0301-620X.62B3.7410467]

[18] Thacker SB, Stroup DF, Branche CM, Gilchrist J, Goodman RA, Porter Kelling E. Prevention of knee injuries in sports. A systematic review of the literature. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2003; 43(2):165-79. [PMID]

[19] Zemková E, Hamar D. The effect of 6-week combined agility-balance training on neuromuscular performance in basketball players. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2010; 50(3):262-7. [PMID]

[20] McLean SG, Fellin RE, Suedekum N, Calabrese G, Passerallo A, Joy S. Impact of fatigue on gender-based high-risk landing strategies. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2007; 39(3):502-14. [DOI:10.1249/mss.0b013e3180d47f0] [PMID]

[21] Peterson ML, Christou E, Rosengren KS. Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12 -years-old. Gait & Posture. 2006; 23(4):455-63. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2005.05.003] [PMID]

[22] Brown LA, Shumway-Cook A, Woolalacott MH. Attentional demands and postural recovery: The effects of aging. Journal of Gerontology. 1999; 54(4):165-71. [DOI:10.1093/gerona/54.4.M165] [PMID]

[23] Du Pasqier RA, Balnc Y, Sinnreich M, Landis T, Burkhard P. The effect of aging on postural stability: A cross sectional and longitudinal study. Neurophysiologie Clique. 2003; 33(5):213-8. [DOI:10.1016/j.neucli.2003.09.001] [PMID]

[24] Sadeghi H, Mosavi SK, Dizaji E. [Postural stability comparison in various standing positions between healthy young men and those with genu varum (Persian)]. Journal of Research in Rehabilitation Sciences. 2014; 10(4):481-91.

[25] Barrett RS, Lichtwark GA. Effect of altering neural muscular and tendinous factors associated with aging on balance recovery using the ankle strategy. Journal of Theoretical Biology. 2008; 254(3):546-54. [DOI:10.1016/j.jtbi.2008.06.018] [PMID]

[26] Desai SS, Shetty GM, Song HR, Lee SH, Kim TY, Hur CY. Effect of foot deformity on conventional mechanical axis deviation and ground mechanical axis deviation during single leg stance and two leg stance in genu varum. Knee. 2007; 14(6):452-7. [DOI:10.1016/j.knee.2007.07.009] [PMID]

[27] Norasteh AA, Hosseini R, Daneshmandi H, Shah Heidari S. [Balance assessment in students with hyperkyphosis and hyperlordosis (Persian)]. Sport Medicine (Harakt). 2014; 6(1):57-71.

[28] Raykar R, Tajne K, Palekar T. Effect of forward head posture on static and dynamic balance. World Journal of Pharmaceutical Research. 2018; 7(9):797-808.

[29] Stief F, Bohma H, Schwirtz A, Dussa CU, Doderlein L. Dynamic loading of the knee and hip joint and compensatory strategies in children and adolescents with varus malalignment. Gait & Posture. 2011; 33(3):490-5. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2011.01.001] [PMID]

[30] Junge A, Dvorak J. Soccer injuries: A review on incidence and prevention. Sports Medicine. 2004; 34(13):929-38. [DOI:10.2165/00007256-200434130-00004] [PMID]

[31] Anker LC, Weerdesteyn V, van Nes IJ, Nienhuis B, Straatman H, Geurts AC. The relation between postural stability and weight distribution in

healthy subjects. Gait & Posture. 2008; 27(3):471-7. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2007.06.002] [PMID]

[32] Haim A, Rozen N, Dekel S, Halperin N, Wolf A. Control of knee coronal plane moment via modulation of center of pressure: A prospective gait analysis study. Journal of Biomechanc. 2008; 41(14):3010-6. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2008.07.029] [PMID]