

## Research Paper

## Comparison of the Kinematic Pattern of Knee Joint Flexion in Healthy and Genu Valgum and Genu Varum Children During Jumping

Hamed Jalalvand<sup>1</sup>, \* Ali Fatahi<sup>1</sup>, Zahra Entezari Khorasani<sup>2</sup>

1. Department of Sports Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2. Department of Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.



**Citation** Jalalvand H, Fatahi A, Entezari Khorasani Z. [Comparison of the Kinematic Pattern of Knee Joint Flexion in Healthy and Genu Valgum and Genu Varum Children During Jumping (Persian)]. *Journal of Sport Biomechanics*. 2022; 7(4):270-279. <https://doi.org/10.32598/biomechanics.7.4.294.2>

**doi** <https://doi.org/10.32598/biomechanics.7.4.294.2>

**Article Info:**

Received: 21 Jul 2021

Accepted: 27 Dec 2021

Available Online: 01 Mar 2022

**Keywords:**Biomechanics,  
Jumping, Kinemat-  
ics, Bracketed Knee,  
Crossed Knee**ABSTRACT**

**Objective** Genu valgum and genu varum are considered as the most common abnormalities of the knee joint in the lower extremity. Identifying of the mentioned abnormalities in the early stages of life can prevent the occurrence of later problems in the physical condition of a person's life. Therefore, the aim of the present study was to compare the kinematic pattern of knee joint flexion in healthy children and genu valgum and genu varum children during jumping.

**Methods** This study, 45 students in three groups (15 genu varum, 15 genu valgum and 15 healthy participated in the present study. Students performed long jump skills in front of a camcorder and measured information about the knee joint in three phases: take off, flight, and landing, using KINOVEA software. Data normality was investigated using Kolmogorov-Smirnov test and Mann-Whitney as well as kruskal-wallis nonparametric tests were employed for future analysis ( $P < 0.05$ ).

**Results** There was a significant difference between healthy genu valgum and genu varum groups at take-off phase. No significant difference was observed between all three groups in the two other phases.

**Conclusion** In genu valgum and genu varum groups the quadriceps muscles are affected to create dynamic stability in the frontal and sagittal planes.

**Extended Abstract****Introduction**

Skeletal deformities of the knee are the most common body posture disorders, and the most common of these are the genu varum and the genu valgum. A genu valgum is a type of deformity of the knee in the frontal plane, in which the ankle joints had spaced apart if the knees are in contact with each other in a weight-bearing position.

The genu varum is another deformity in which the internal condyles of the femur become spaced apart if they are in weight-bearing contact with the inner ankles of the ankle. These abnormalities were caused by various causes, including heredity, osteoporosis, osteoarthritis, damage to the growth plates, muscle paralysis, rupture of the capsule and external and internal ligaments of the knee, muscle weakness, and muscle shortening.

Some posture disorders can cause changes in the direction of a body part relative to the base of support, which restricts the movements needed to maintain a proper posture and bal-

**\* Corresponding Author:**

Ali Fatahi, PhD.

Address: Department of Sports Biomchanics, Central Tehran Branch, Islamic Azad univesity, Tehran, Iran.

Tel: +98 (912) 5607581

E-mail: fattahiali81@gmail.com

ance. It makes children who are less proficient in basic motor skills more likely to have problems in everyday motor areas. There is a possibility that they do not perform well in sports activities and games of childhood and adolescence. Knee deformities are more important in children and adolescents because this group had exposed to undesirable pressure on the knee in different environments such as home and school, which will increase the risk of injury and future problems.

One of the fundamental motor skills is jumping. Children typically start jumping activities early and often learn simple forms of this pattern before two. In jumping skills, the child raises his body from a surface with one or both feet and then land with both feet. To improve foot action, the jumper must first take off, fly, and land symmetrically with both feet. Secondly, he must then fully open the joints of the ankles, knees, and thighs at the moment of taking off the body from the ground. And after entirely pulling the legs with full force when taking the body off the ground, bend the joints of the knees and thighs together in the flight stage in a pair length jump. It is helpful for beginners to identify some of the features of long bipedal jumping. In children's jumps, the body bends in the preparatory phase, very little, and the legs open when taking off the ground is not complete.

### Materials and Methods

The child has gathered the legs instead of opening the legs entirely in the throwing phase. Jumping and landing are some of the most common sports in sports such as basketball, volleyball, football, and badminton. This study had performed on 45 boys aged 7 to 9 years in Shahr-e-Rey of Tehran province who had randomly selected. In this study,

using a caliper and a ruler, the distance between the inner ankles and the distance between the inner epicondyles of the thigh had measured, and a length of more than 2.5 cm had considered as cruciate and brace anomalies. 15 students had a genu varum deformity, 15 had a genu valgum deformity, and 15 had a normal knee.

In this study, the stepwise method of longitudinal pair jumping of Clark and Phillips had used. In this way, the legs had fully extended in the stage of detachment from the ground; in other words, flexion in the knee joint had minimized in the flight stage, the knee joint was bent, or the knee joint flexion had maximized. Finally, in the landing stage, the knee joint opens. In other words, the flexion of the knee joint had minimized in the landing stage. Subjects performed a long jump in front of the camera using the Clark and Phillips step method. The knee joint angle data on the sagittal plate had analyzed in three phases: detachment from the ground, flight, and landing using motion analysis software.

### Results

The research variables had analyzed in two sections: descriptive statistics and inferential statistics in SPSS software v. 21. The Shapiro-Wilk test had used to examine the normal distribution of data, and the Kruskal-Wallis test and the Mann-Whitney U test had used to detect differences between groups.

The results showed that the knee joint angle in the genu valgum group in the phase of separation from the ground was significantly different from the normal knee group and was not significantly different from the genu varum group.

**Table 1.** Demographic characteristics of research subjects (n=15)

Indicator	Group	Mean±SD
Age (y)	Healthy knee	
	Genu varum	8.02±0.82
	Genu valgum	
Height (cm)	Healthy knee	134.8±6.19
	Genu varum	132.8±5.28
	Genu valgum	134.1±6.40
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Healthy knee	34±4.58
	Genu varum	29.6±3.57
	Genu valgum	38.5±2.58

There is no significant difference in knee joint angle in flight and landing phases between genu varum, genu valgum, and natural knee groups. According to the results, the deviation created in the genu valgum deformity and disturbing the lower limb can negatively affect the performance of children when detached from the ground in the skill of longitudinal pair jumping (Table 1).

## Discussion

In the other stage, where there was no difference between the functions of the groups, we can proceed according to the theoretical approach of dynamic body systems, which are composed of different components. Whenever one of them changes, the other body dimensions will change accordingly, and this exchange of different systems and dimensions as a functional unit gives the body a lot of flexibility. Based on this, it can be concluded that this abnormality is probably normal in terms of function, and because it occurred during childhood, it has led to their better adaptation.

## Ethical Considerations

### Compliance with ethical guidelines

This study has been reviewed and approved in terms of research ethics in the Department of Sports Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, [Central Tehran Branch, Islamic Azad University](#), Iran.

### Funding

The present article is the result of a part of Hamed Jalalvand's master's thesis in the Faculty of Physical Education and Sports Sciences, [Central Tehran Branch, Islamic Azad University](#), Iran.

### Authors' contributions

All authors contributed equally in preparing all parts of the research.

### Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

## مقاله پژوهشی

## مقایسه کینماتیک زاویه مفصل زانو در صفحه سهمی در کودکان سالم و مبتلا به ناهنجاری‌های زانوی پرنانزی و ضربدیری هنگام پریدن

حامد جلالوند<sup>۱</sup>، \*علی فتاحی<sup>۱</sup>، زهرا انتظاری خراسانی<sup>۲</sup>

۱. گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.  
 ۲. گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

## چکیده

**هدف:** زانوی پرنانزی و زانوی ضربدیری از شایع‌ترین ناهنجاری‌های مفصل زانو در اندام تحتانی به شمار می‌آیند. این ناهنجاری‌ها می‌توانند بر اجرای مهارت‌های حرکتی پایه و مهارت‌های حرکتی زندگی روزمره و ورزشی اثر بگذارند. هدف از انجام این تحقیق، مقایسه کینماتیک زاویه مفصل زانو در صفحه ساجیتال در کودکان سالم و مبتلا به ناهنجاری‌های زانوی پرنانزی و ضربدیری هنگام پریدن بود.

**روش‌ها:** در این تحقیق، ۴۵ دانش‌آموز در سه گروه پانزده نفری (زانوی پرنانزی، زانوی ضربدیری و سالم) شرکت کردند. آزمودنی‌ها در برابر دوربین فیلمبرداری اقدام به اجرای پرش طول کردند و با استفاده از روش مرحله‌ای کلارک و فیلیپس داده‌های زاویه مفصل زانو در صفحه ساجیتال در سه فاز جدا شدن از زمین، پرواز و فرود با استفاده از نرم‌افزار آنالیز حرکت بررسی و تحلیل شد. از آزمون‌های ناپارامتریک کروسکال والیس و یو من ویتنی برای سنجش تفاوت‌های متغیرهای کینماتیکی استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد فعالیت مفصل زانو در گروه زانوی ضربدیری در فاز جدا شدن از زمین به‌صورت معناداری ضعیف‌تر از گروه زانوی طبیعی بوده است و با گروه زانوی پرنانزی تفاوت معناداری ندارد. فعالیت مفصل زانو در فازهای پرواز و فرود بین گروه‌های زانوی پرنانزی و ضربدیری و طبیعی تفاوت معناداری وجود ندارند.

**نتیجه‌گیری:** مبتلا به ناهنجاری زانوی پرنانزی و زانوی ضربدیری، عضلات چهار سر رانی را تحت تأثیر قرار می‌دهند تا در صفحات فرونتال و ساجیتال ثبات عملکردی پویا را حفظ کنند.

## اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۳۰ تیر ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۰۶ دی ۱۴۰۰

تاریخ انتشار: ۱۰ اسفند ۱۴۰۰

## کلیدواژه‌ها:

بیومکانیک، پرش، کینماتیک، زانوی پرنانزی، زانوی ضربدیری

## مقدمه

تغییر شکل‌های اسکلتی زانو یکی از شایع‌ترین اختلالات وضعیت بدنی هستند. از شایع‌ترین آن‌ها می‌توان به زانوی پرنانزی و زانوی ضربدیری اشاره کرد. ژنوالگوم یا زانوی ضربدیری<sup>۱</sup> نوعی از تغییر شکل زانو در صفحه پیشانی است که در صورت وجود آن اگر در وضعیت تحمل وزن روی دو پا، زانوها در تماس با هم باشند، مفاصل مچ پا از هم فاصله می‌گیرند. ژنوارم یا زانوی پرنانزی<sup>۲</sup>، تغییر شکل دیگری است که در صورت ابتلا به آن اگر در حالت تحمل وزن روی دو پا، قوزک‌های داخلی مچ پا در تماس با هم باشند، کوندیل‌های داخلی فمور از هم فاصله می‌گیرند [۱].

ناهنجاری‌های اسکلتی - عضلانی شرایط نامطلوبی هستند که بر اثر عوامل محیطی، فقر حرکتی، کارکرد نامناسب عضلات و مفاصل به وجود می‌آیند و امکان بهبود و اصلاح آن‌ها از طریق حذف عوامل مربوطه وجود دارد. برخی از اختلالات وضعیت بدنی می‌تواند موجب تغییراتی در راستای یک قسمت بدن نسبت به سطح اتکا شود که حرکات لازم برای حفظ پاسچر مناسب و تعادل را محدود می‌کند و باعث می‌شود کودکانی که تبحر کمتری در مهارت‌های حرکتی پایه دارند، در حیطه‌های حرکتی روزمره بیشتر دچار مشکل شوند. این احتمال وجود دارد که در فعالیت‌های ورزشی و بازی‌های دوران کودکی و نوجوانی عملکرد حرکتی مناسبی نداشته باشند.

1. Genu valgum

2. Genu varum

\* نویسنده مسئول:

دکتر علی فتاحی

نشانی: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، گروه بیومکانیک ورزشی.

تلفن: ۰۷۵۸۱۰۵۶۰ (۹۱۲) ۹۸+

پست الکترونیکی: fattahiali81@gmail.com

و زاویه دورسی فلکشن مچ پای کمتر فرود می‌آیند.

بر اساس تحقیقات انجام شده، همه این موارد به‌عنوان ریسک فاکتورهای آسیب لیگامنت صلیبی قدامی<sup>۳</sup> شناخته شده‌اند. از این‌رو، آموزش صحیح و اصلاح الگوی فرود در جهت کاهش بارهای اعمال شده به کمپارتمان خارجی زانو و جلوگیری از پیشرفت بیماری‌های مفصلی باید مورد توجه قرار گیرد [۱۱].

نجیشیما<sup>۴</sup> و همکاران، کینماتیک<sup>۵</sup> و کینتیک<sup>۶</sup> اندام تحتانی در حرکت فرود تک پا و فرود دو پا را مقایسه کردند. نتایج نشان داد میانگین زاویه والگوس زانو هنگام فرود تک پا نسبت به فرود دو پا به‌طور معناداری بیشتر است. میانگین بیشینه فلکشن زانو در صفحه سهمی<sup>۷</sup> هنگام فرود تک پا نسبت به فرود دو پا کمتر بود [۱۲]. شاه امیری فتاحی و همکاران با بررسی تأثیر ناهنجاری زانوی پرانتری با پایداری دینامیکی در تکلیف پرش-فرود تک پا در دانشجویان پسر تربیت بدنی بیان کردند که زمان رسیدن به پایداری در راستای داخلی-خارجی و در حالت کلی در گروه زانوی پرانتری بیشتر از گروه نرمال بود که این اختلاف معنادار بود [۱۳].

ژوسف<sup>۸</sup> و همکاران از بین مهارت‌های جابه‌جایی، حرکت پرش را در زنان ورزشکار دچار زانوی ضربدری بررسی کردند و عملکرد ضعیف‌تر آنان را در طول پرش و فرود گزارش کردند [۱۴]. نایلند<sup>۹</sup> و همکاران به بررسی ارتباط بین زاویه زانو و راهبردهای کنترل وضعیتی طی ایستادن روی یک پا پرداختند و گزارش کردند افراد دچار زانوی پرانتری کنترل وضعیتی و تعادل ضعیف‌تری دارند [۱۵].

با توجه به مطالعات انجام شده، بیشتر تحقیقات برای ناهنجاری‌های زانوی ضربدری در زنان بزرگسال یا ناهنجاری‌های زانوی پرانتری در ورزشکاران مرد بزرگسال صورت گرفته است و با توجه به اهمیت تشخیص زودرس موارد بدشکلی در کودکان و تأثیر آن بر کیفیت زندگی آنان، تحقیقات معدودی اینگونه ناهنجاری‌ها را در کودکان هنگام پرش و فرود بررسی کرده‌اند. پاسخ به این سؤال که « آیا الگوی کینماتیکی مفصل زانوی کودکان هفت تا نه سال دچار ناهنجاری زانوی پرانتری و ضربدری و کودکان دچار زانوی طبیعی هنگام فرود دو پا متفاوت است یا خیر » مشخص نشده است. از این‌رو، هدف تحقیق حاضر مقایسه الگوی کینماتیکی مفصل زانوی کودکان هفت تا نه سال دچار ناهنجاری زانوی پرانتری و ضربدری و کودکان دچار زانوی طبیعی هنگام فرود دو پا است.

این ناهنجاری‌ها به علت‌های متفاوتی از قبیل وراثت، پوکی استخوان، آرتروز، آسیب به صفحات رشد، فلج عضلانی، پارگی کپسول و رباط خارجی و داخلی زانو، ضعف عضلانی و کوتاهی عضلات به وجود می‌آید [۲]. ناهنجاری‌های زانو در کودکان و نوجوانان اهمیت بیشتری دارد، زیرا این گروه به‌طور مداوم در معرض فشارهای نامطلوب بر زانو در محیط‌های مختلف مثل خانه و مدرسه قرار می‌گیرند که این امر احتمال بروز آسیب و مشکلات آتی را در آنان بیشتر خواهد کرد [۳].

یکی از مهارت‌های حرکتی پایه، پریدن است. کودکان فعالیت‌های مربوط به پریدن را زود شروع می‌کنند و اغلب شکل‌های ساده‌ای از این الگو را پیش از دو سالگی فرا می‌گیرند. در مهارت پریدن، کودک بدن خود را از سطحی با یک پا هر دو پا به بالا می‌راند و سپس با هر دو پا فرود می‌آید. برای بهتر شدن کنش پا، اولاً پرش‌کننده باید بتواند عمل کردن، پرواز و فرود را به شکل قرینه با هر دو پا انجام دهد، ثانیاً باید پس از آن مفصل‌های مچ پاها، زانوها و ران‌ها را در لحظه کندن بدن از زمین کاملاً باز کند و به دنبال کشیدن کامل و توأم با تمام نیروی پاها هنگام کندن بدن از زمین، مفصل‌های زانوها و ران‌ها را در مرحله پرواز در پرش طول جفتی با هم خم کند. شناسایی برخی از ویژگی‌های پرش طول به‌صورت دو پا در پرش‌کنندگان مبتدی مفید است. در پرش‌های کودکان، خمیدگی بدن در مرحله آمادگی بسیار کم و باز شدن پاها هنگام جدا شدن از زمین کامل نیست. در واقع، کودک در مرحله پرتاب بدن به بالا، به جای باز کردن کامل پاها آن‌ها را جمع کرده است [۴].

بیشترین شیوع آسیب‌های زانو در ورزش‌هایی است که شامل پرش و فرود است [۵، ۶]. پرش و فرود از جمله حرکات متداول ورزشی رایج در ورزش‌هایی نظیر بسکتبال، والیبال، فوتبال و بدمینتون است که می‌تواند نیروی برخوردی به بزرگی دو تا دوازده برابر وزن بدن ایجاد کند [۷، ۸]. این ضربه مکانیکی بایستی توسط سیستم اسکلتی-عضلانی کاهش یابد. افزایش نیروهای برخوردی در ضمن فرود و تکرار این نیروها زمینه را برای آسیب ساختاری بافت نرم تسهیل می‌سازد [۹]. کلید پیشگیری از آسیب، توانایی در جذب مناسب این نیروها طی فعالیت‌های پویا است. شناخت عوامل مؤثر توانایی بدن در جذب این نیروها در پیشگیری از آسیب‌های اندام تحتانی مؤثر است [۱۰].

مطالعات محدودی در حیطة ناهنجاری زانو و ارتباط آن با اجرای مهارت‌های حرکتی پایه پریدن با توجه به ویژگی‌های کینماتیکی انجام شده است. به‌عنوان مثال، زهرا شهیدی زندی و همکاران به بررسی خصوصیات کینماتیکی مفاصل اندام تحتانی هنگام فرود تک پا از ارتفاع‌های مختلف در افراد مبتلا به ناهنجاری زانوی ضربدری پرداختند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد افراد منتخب به ناهنجاری زانوی ضربدری نسبت به افراد سالم هنگام فرود تک پا از ارتفاع‌های مختلف با زاویه فلکشن زانو کمتر

3. Anterior Cruciate Ligament (ACL)

4. Nejjshima

5. Kinematic

6. Kinetic

7. Sagittal plane

8. Joseph

9. Nyland



## روش‌شناسی

می‌شود یا خم شدن<sup>۱۲</sup> مفصل زانوها به حداکثر می‌رسد و بالاخره در مرحله فرود مفصل زانوها باز می‌شود یا به عبارتی، خم شدن مفصل زانوها در مرحله فرود به حداقل می‌رسد [۴].

از آزمودنی خواسته شد در نقطه شروع، یعنی مرکز حلقه هولاهوپ که به صورت افقی روی زمین قرار گرفته، مستقر شود و به صورت طولی، پرشی را انجام دهد که نقطه فرود آن داخل حلقه هولاهوپ بعدی باشد. این کار را سه مرتبه انجام دهد و بهترین اجرای آن ثبت شود. دوربین فیلمبرداری به نحوی قرار داده شد که هنگام اجرای مهارت پرش طول به صورت دو پا زوایای مفصل زانو در صفحه سهمی به وضوح مشخص باشد و اطلاعات مربوط به زاویه مفصل زانو در صفحه سهمی در مرحله جدا شدن از زمین، مرحله پرواز و مرحله فرود ثبت شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار کینوویا<sup>۱۳</sup> (نسخه ۰/۸/۱۵/۰) اندازه‌گیری متغیرهای کینماتیکی زاویه مفصل زانو در صفحه سهمی هنگام جدا شدن از زمین، زاویه مفصل زانو در صفحه سهمی هنگام پرواز و زاویه مفصل زانو در صفحه سهمی هنگام فرود انجام شد.

متغیرهای تحقیق در دو بخش آمار توصیفی و استنباطی در نسخه ۲۱ نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل شد. از آزمون شاپیرو ویلک<sup>۱۴</sup> برای بررسی توزیع نرمال داده‌ها و تشخیص تفاوت بین گروه‌ها از آزمون‌های کروسکال-والیس<sup>۱۵</sup> و آزمون یو من ویتنی<sup>۱۶</sup> استفاده شد ( $P < 0.05$ ).

## نتایج

**جدول شماره ۱** ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌های پژوهش را نشان می‌دهند. با توجه به نتایج ارائه‌شده در **جدول شماره ۲**، از آنجا که اندازه آماره آزمون برابر با  $7/072$  و سطح معناداری برابر  $0/029$  است. بنابراین، در مقایسه کینماتیک زاویه مفصل زانو در صفحه سهمی در مهارت حرکتی پایه (پریدن) در مرحله جدا شدن از زمین بین کودکان دچار زانوی پرنانتری، ضربدری و طبیعی تفاوت معناداری وجود دارد.

با توجه به نتایج ارائه‌شده در **جدول شماره ۳**، از آنجا که میانگین رتبه‌های کودکان دچار زانوی پرنانتری  $14/47$  و کودکان دچار زانوی ضربدری  $16/53$  و مقدار  $P = 0/519$  است و بزرگ‌تر از  $0/05$  است. می‌توان نتیجه گرفت بین عملکرد کودکان دچار زانوی پرنانتری و ضربدری در مرحله جدا شدن از زمین تفاوت معناداری وجود ندارد. میانگین رتبه‌های کودکان دچار زانوی پرنانتری  $17/80$  و کودکان دچار زانوی طبیعی  $13/20$  و مقدار

تحقیق حاضر از نوع توصیفی، نیمه تجربی و کاربردی است. نمونه آماری این تحقیق را ۴۵ نفر از پسران هفت تا نه سال شهر ری، دبستان و پیش دبستان حکمت ناحیه ۲ شهر ری در استان تهران که به صورت تصادفی انتخاب شده بودند، تشکیل می‌دادند. این گروه شامل پانزده نفر از دانش‌آموزان مبتلا به ناهنجاری زانوی پرنانتری، پانزده نفر از دانش‌آموزان مبتلا به ناهنجاری زانوی ضربدری و پانزده نفر از دانش‌آموزان هم دچار زانوی طبیعی تشکیل بودند.

افرادی که دچار بیماری‌های گوش داخلی، مشکلات تأثیرگذار بر تعادل در سیستم عصبی، اختلال سیستم دهلیزی، سابقه آسیب، شکستگی یا جراحی اندام تحتانی، دامنه حرکتی غیرطبیعی مفاصل اندام تحتانی و مشکلات ارتوپدی جدی بودند، از طریق پرسش‌نامه سلامت پزشکی از تحقیق خارج شدند. همچنین گروه‌ها تا حد ممکن از نظر ناهنجاری‌های اسکلتی-عضلانی و مشخصات آنترپومتریکی تقریباً همسان‌سازی شدند.

تمام آزمودنی‌ها در زمان انجام تحقیق، سالم و مبتلا به هیچ بیماری خاصی نبودند. پس از کسب مجوز از مدیریت دبستان قبل از اجرای تحقیق، والدین آزمودنی‌ها از شرایط اجرای تحقیق به‌طور کامل آگاه شدند و فرم رضایت‌نامه را برای شرکت فرزندشان در تحقیق امضا کردند. از ترازی MAGESTIC<sup>®</sup> ساخت کشور آلمان با دقت اندازه‌گیری  $0/5$  کیلوگرم برای اندازه‌گیری وزن و از متر نواری منعطف، ساخت کشور چین به طول  $1/6$  متر و با حساسیت یک میلی‌متر برای اندازه‌گیری قد استفاده شد.

با استفاده از کولیس<sup>۱۰</sup> و خط‌کش فاصله بین قوزک‌های داخلی و فاصله بین اپی‌کندیل‌های داخلی<sup>۱۱</sup> ران اندازه‌گیری شد و فاصله بیش از  $2/5$  سانتی‌متر به عنوان ناهنجاری‌های ضربدری و پرنانتری در نظر گرفته شد [۱۶]. آزمودنی‌ها پنج دقیقه به انجام حرکات کششی و گرم کردن عضلات اندام تحتانی پرداختند. پس از آن، پنج دقیقه برای آشنایی با آزمون و احساس راحتی در اجرای آن، حرکت پرش و فرود را انجام دادند. مهارت پرش طول به صورت دو پا به مهارتی گفته می‌شود که در آن کودک، بدن خود را از سطحی با هر دو پا به بالا رانده و پس از طی مسافتی با هر دو پا فرود می‌آید [۱۷].

در این تحقیق از روش مرحله‌ای پرش جفت طولی کلارک و فیلیپس کمک گرفته شد. به این ترتیب، پاها در مرحله جدا شدن از زمین کاملاً کشیده می‌شود و به عبارتی فلکشن در مفصل زانو به حداقل می‌رسد. سپس در مرحله پرواز مفصل زانوها خم

12. Flexion

13. Kinovea

14. Shapiro-Wilk test

15. Kruskal-walis-H

16. Mann-Whitney U test

10. Calipers

11. Medial epicondyle

جدول ۱. ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌های پژوهش (تعداد=۱۵)

شاخص	گروه	میانگین $\pm$ انحراف معیار
سن (سال)	زانوی سالم	۸/۰۲ $\pm$ ۰/۸۲
	زانوی پراتنزی	
	زانوی ضربدری	
قد (سانتی‌متر)	زانوی سالم	۱۳۴/۸ $\pm$ ۶/۱۹
	زانوی پراتنزی	۱۳۲/۸ $\pm$ ۵/۲۸
	زانوی ضربدری	۱۳۴/۱ $\pm$ ۶/۴۰
جرم بدن (کیلوگرم)	زانوی سالم	۳۴ $\pm$ ۴/۵۸
	زانوی پراتنزی	۲۹/۶ $\pm$ ۲/۵۷
	زانوی ضربدری	۳۸/۵ $\pm$ ۲/۸۵

## مجله بیومکانیک ورزشی

میانگین رتبه‌های کودکان دچار زانوی ضربدری ۲۰/۱۰ و کودکان دچار زانوی طبیعی ۱۰/۹۰ و مقدار  $P=0/004$  است و کمتر از ۰/۰۵ است. می‌توان نتیجه گرفت عملکرد کودکان دچار زانوی طبیعی به‌طور معناداری بهتر از کودکان دچار زانوی ضربدری در مرحله جدا شدن از زمین است.

$P=0/151$  است و بزرگ‌تر از ۰/۰۵ است. پس می‌توان نتیجه گرفت هرچند کودکان دچار زانوی طبیعی عملکرد بهتری نسبت به کودکان دچار زانوی پراتنزی در مرحله جدا شدن از زمین داشته‌اند، اما تفاوت معناداری بین آن‌ها وجود ندارد.

جدول ۲. آزمون کروסקال-والیس مقایسه کینماتیک زاویه مفصل زانو در صفحه سهمی در مرحله جدا شدن از زمین در سه گروه کودکان سالم و مبتلا به زانوی پراتنزی و ضربدری

نوع زانو	تعداد	میانگین	آماره آزمون	درجه آزادی	سطح معناداری
پراتنزی		۴۵/۴۰			
ضربدری	۱۵	۵۲/۸۰	۷/۰۷۲	۲	۰/۰۲۹*
طبیعی		۳۸/۴۷			
جمع	۴۵	۴۵/۵۶			

## مجله بیومکانیک ورزشی

\* ( $P < 0/05$ ) تفاوت معنادار است.

جدول ۳. آزمون یو من ویتنی مقایسه کینماتیک زاویه مفصل زانو در صفحه سهمی در مرحله جدا شدن از زمین در سه گروه کودکان سالم و مبتلا به زانوی پراتنزی و ضربدری (تعداد=۱۵)

نوع زانو	میانگین رتبه‌ها MR	جمع رتبه‌ها SR	یو من ویتنی	Z	P
زانوی پراتنزی	۱۴/۴۷	۲۱۷	۹۷	۰/۶۴۵	۰/۵۱۹
زانوی ضربدری	۱۶/۵۳	۲۴۸			
زانوی پراتنزی	۱۷/۸۰	۲۶۷	۷۸	۱/۴۳۷	۰/۱۵۱
زانوی طبیعی	۱۳/۲۰	۱۹۸			
زانوی ضربدری	۲۰/۱۰	۳۰۱/۵	۴۳/۵	۲/۸۷۱	۰/۰۰۴
زانوی طبیعی	۱۰/۹۰	۱۶۳/۵			

## مجله بیومکانیک ورزشی

جدول ۴. آزمون کروسکال-والیس مقایسه کینماتیک زاویه مفصل زانو در صفحه سهمی در مرحله پرواز در سه گروه کودکان سالم و مبتلا به زانوی پرنانزی و ضربدری

نوع زانو	تعداد	میانگین	آماره	درجه آزادی	معناداری
پرنانزی		۷۹/۲۰			
ضربدری	۱۵	۸۰/۶۰	۰/۱۱۲	۲	۰/۹۴۶
طبیعی		۷۹/۱۳			
جمع	۴۵	۷۹/۶۴			

#### مجله بیومکانیک ورزشی

جدول ۵. آزمون کروسکال-والیس مقایسه کینماتیک زاویه مفصل زانو در صفحه سهمی در مرحله فرود در سه گروه کودکان سالم و مبتلا به زانوی پرنانزی و ضربدری

نوع زانو	تعداد	میانگین	آماره	درجه آزادی	سطح معناداری
پرنانزی		۳۳/۳۷			
ضربدری	۱۵	۳۶/۱۳	۰/۱۷۵	۲	۰/۹۱۶
طبیعی		۴۱/۶۰			
جمع	۴۵	۳۸/۳۶			

#### مجله بیومکانیک ورزشی

که گروه مبتلا به زانوی ضربدری نسبت به گروه سالم در خمش مفصل زانو هنگام جدا شدن از زمین تفاوت معناداری داشتند، می‌توان نتیجه گرفت گروه زانوی ضربدری در فاز جدا شدن از زمین به صورت معناداری ضعیف‌تر از گروه زانوی طبیعی بودند و با گروه زانوی پرنانزی تفاوت معناداری ندارد.

روش مرحله‌ای پرش طول جفتی در مرحله پرواز مفاصل زانو، خم و در مرحله فرود مفاصل زانو باز می‌شوند. فعالیت مفصل زانو در فازهای پرواز و فرود بین گروه‌های زانوی پرنانزی و ضربدری و طبیعی تفاوت معناداری وجود ندارند. در فاز جدا شدن از زمین کودکان دچار ناهنجاری ضربدری به خوبی نتوانستند از لحظه آمادگی تا لحظه جدا شدن از زمین خمش مفصل زانو را کاهش دهند که می‌توان یکی از دلایل آن ضعف عضلات بازکننده مفصل زانو نسبت کودکان دچار زانوی سالم باشد. عضله کشنده پهن نیام<sup>۱۷</sup> و عضلات چهار سر<sup>۱۸</sup>، عضلات صاف‌کننده مفصل زانو هستند و به عبارتی این عضلات هستند که می‌توانند در مرحله جدا شدن از زمین مفصل زانو را کاملاً باز کند.

عضله کشنده پهن نیام اگر کوتاه یا سفت باشد، موجب ایجاد ژنوالگوم و ضعف آن موجب بروز ژنوالگوم شود و عضله دیگر عضله چهار سر اصلی‌ترین عضله بازکننده مفصل زانو هستند. در تغییر شکل‌های زانوی پرنانزی و زانوی ضربدری توانایی گروه

با توجه به نتایج ارائه شده در **جدول شماره ۴**، از آنجا که اندازه آماره برابر با ۰/۱۱۲ و سطح معناداری نیز ۰/۹۴۶ بزرگ‌تر از ۰/۰۵ است؛ بنابراین در مقایسه کینماتیک زاویه مفصل زانو در صفحه سهمی در مهارت حرکتی پایه (پریدن) در مرحله پرواز بین کودکان دچار زانوی پرنانزی، ضربدری و طبیعی تفاوت معناداری وجود ندارد.

با توجه به نتایج ارائه شده در **جدول شماره ۵**، از آنجا که اندازه آماره برابر با ۰/۱۷۵ و سطح معناداری نیز ۰/۹۱۶ بزرگ‌تر از ۰/۰۵ است. بنابراین در مقایسه کینماتیک زاویه مفصل زانو در صفحه سهمی در مهارت حرکتی پایه (پریدن) در مرحله فرود بین کودکان دچار زانوی پرنانزی، ضربدری و طبیعی تفاوت معناداری وجود ندارد.

#### بحث

هدف از تحقیق حاضر، مقایسه کینماتیک زاویه مفصل زانو در صفحه سهمی در کودکان سالم و مبتلا به ناهنجاری‌های زانوی پرنانزی ضربدری هنگام پریدن بود. یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد فعالیت مفصل زانو در پرش طول به صورت دو پا، با توجه به اینکه در روش مرحله‌ای پرش طول جفتی در مرحله جدا شدن از زمین مفاصل زانو کاملاً باز می‌شود و در پرش کنندگان مبتدی (کودکان) در این مرحله خمش در مفاصل زانو به مقدار کم وجود دارد و هرچه این خمش کمتر باشد، عملکرد بهتر است و از آنجا

17. Tensor fasciae latae muscle

18. Quadriceps femoris muscle



## نتیجه گیری نهایی

یا توجه به نتایج حاصل، انحراف ایجاد شده در ناهنجاری زانوی ضربدری علاوه بر ایجاد اختلال در راستای اندام تحتانی می تواند بر عملکرد کودکان هنگام جدا شدن از زمین در مهارت پرش جفت طولی تأثیر منفی بگذارد. در سایر مراحل که بین عملکرد گروه‌ها تفاوتی نبود، می توان طبق رویکرد تئوری سیستم‌های پویا بدن از مؤلفه‌های مختلفی تشکیل شده که هرگاه یکی از آنها تغییر کند، باقی ابعاد بدن نیز متناسب با آن تغییر خواهند کرد و این تبادل سیستم‌ها و ابعاد مختلف به‌عنوان یک واحد کارکردی، انعطاف‌پذیری زیادی به بدن می‌دهد.

این احتمال وجود دارد که این ناهنجاری از نظر عملکردی طبیعی باشد و به دلیل اینکه در طی دوره کودکی به وجود آمده‌اند، به سازگاری بهتر در آنها منجر شده است. البته برای نتیجه‌گیری قطعی به انجام تحقیقات بیشتر در مهارت‌های مختلف، مفاصل ران و مچ و تعداد دانش‌آموزان بیشتر و در صفحه پیشانی نیز نیاز دارد.

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مطالعه از نظر اخلاق پژوهش در گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی مورد بررسی و تأیید قرار گرفته است.

### حامی مالی

مقاله حاضر حاصل بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد حامد جلال‌وند در گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی است.

### مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت داشته‌اند.

### تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

عضلاتی چهار سر برای ایجاد ثبات دینامیکی در صفحه پیشانی<sup>۱۹</sup> و سهمی تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد [۱۸]. در زانوی پرانتری و زانوی ضربدری کفایت گروه عضلاتی چهار سر کاهش می‌یابد. در این تغییر شکل‌ها بخش اعظم نیروی این عضله صرف کشش کشکک مفصل زانو به سمت خارج (در زانوی ضربدری) یا به داخل (در زانوی پرانتری) شده و میزان کمی از نیروی آن موجب کشش کشکک زانو به سمت بالا می‌شود [۱۹].

تاکنون مهارت حرکتی پایه پریدن به‌صورت مرحله‌ای در افراد دچار زانوی پرانتری و ضربدری و طبیعی بررسی نشده است و بیشتر مرحله فرود بررسی شده که آن هم (روش فرود ما) ممکن است با برخی از مطالعات دیگر تفاوت داشته باشد. در تعداد زیادی از مطالعات انجام‌شده فرد از روی یک سکو فرود را انجام می‌دهد، اما در تحقیق ما آزمودنی‌ها یک پرش طول به‌صورت دو پا انجام می‌دهند که با آنچه که در میداین ورزشی اتفاق می‌افتد نزدیک‌تر است.

نتایج پژوهش‌های ژوسف و همکاران، ون گیلو<sup>۲۰</sup> و همکاران و بزیر<sup>۲۱</sup> و همکاران نشان داد زانوی ضربدری می‌تواند عملکرد عضلات اندام تحتانی را مختل کند و افراد دچار زانوی ضربدری در مقایسه با افراد نرمال در بازیابی تعادل دچار مشکل هستند. همچنین هنگام اجرای مهارت‌های مختلف در این افراد، پا دچار پرونیشن می‌شود و این مسئله ویژگی‌های الگوی حرکتی به‌کارگیری عضلات را با تأخیر مواجه می‌کند [۲۰، ۱۹، ۱۴].

تحقیقات کاشف، ناجی، عنبریان و مریم قوجقی تفاوت معناداری بین افراد دچار زانوی پرانتری و افراد با زانوی طبیعی در اجرای مهارت‌های مختلف نشان نداد [۲۵-۲۱]. حدادنژاد عنوان می‌کند ناهنجاری زانوی پرانتری می‌تواند باعث تضعیف اجرا شود [۲۶].

برخی تحقیقات مانند تحقیق حیاتی و همکاران، عملکرد بهتر افراد دچار زانوی پرانتری را در مهارت شوت فوتبال گزارش کردند. در زانوی پرانتری در بیشتر موارد این ناهنجاری از نوع ساختاری، مادرزادی یا استخوانی است و هیچ ضعف یا کوتاهی عضلاتی همراه با آن را نمی‌توان در اندام تحتانی مشاهده کرد. همچنین علت ایجاد آن، مربوط به عضلات و بافت‌های نرم نیست. به همین علت در افراد دچار زانوی پرانتری برخلاف افراد دچار زانوی ضربدری، کاهش عملکرد عضلاتی و در نتیجه نقصان مهارتی مشاهده نمی‌شود [۲۶].

19. Frontal plane

20. Bram Van Ghelue

21. Besier

## References

- [1] Derscheid GL, Malone TR. Knee disorders. *Phys Ther.* 1980; 60(12):1582-9. [DOI:10.1093/ptj/60.12.1582] [PMID]
- [2] Prodromos CC, Han Y, Rogowski J, Joyce B, Shi K. A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury–reduction regimen. *Arthroscopy.* 2007; 23(12):1320-5. [DOI:10.1016/j.arthro.2007.07.003] [PMID]
- [3] Mirzaei R, Salimi N. [The study of height anomalies among secondary school students in Bayangan (Persian)]. *J Kermanshah Univ Med Sci.* 2012; 16(7):565-72. <https://brief.land/jkums/articles/77297.html>
- [4] Kathleen H. [Growth and motor development during life (Persian)]. [Namazizadeh M, Aslankhani MA, Persian trans]. 10<sup>th</sup> ed. Tehran: Samat Publications; 2009. [http://opac.nlai.ir/opac-prod/search/briefList-Search.do?command=FULL\\_VIEW&id=2060620&pageStatus=1&sortKey=yValue1=sortkey\\_title&sortKeyValue2=sortkey\\_author](http://opac.nlai.ir/opac-prod/search/briefList-Search.do?command=FULL_VIEW&id=2060620&pageStatus=1&sortKey=yValue1=sortkey_title&sortKeyValue2=sortkey_author)
- [5] Boden BP, Torg JS, Knowles SB, Hewett TE. Video analysis of anterior cruciate ligament injury: Abnormalities in hip and ankle kinematics. *Am J Sports Med.* 2009; 37(2):252-9 [DOI:10.1177/0363546508328107] [PMID]
- [6] Zahradnik D, Jandacka D, Uchytíl J, Farana R, Hamill J. Lower extremity mechanics during landing after a volleyball block as a risk factor for anterior cruciate ligament injury. *Phys Ther Sport.* 2015; 16(1):53-8. [DOI:10.1016/j.ptsp.2014.04.003] [PMID]
- [7] McNair P, Prapavessis H, Callender K. Decreasing landing forces: Effect of instruction. *Br J Sports Med.* 2000; 34(4):293-6. [DOI:10.1136/bjism.34.4.293] [PMID] [PMCID]
- [8] Louw Q, Grimmer K. Biomechanical factors associated with the risk of knee injury when landing from a jump. *S Afr J Sports Med.* 2006; 18(1):18-23. [DOI:10.17159/2078-516X/2006/v18i1a248]
- [9] Wu HW, Chang YW, Liu CW, Wang LH. Biomechanical analysis of landing from counter movement jump and vertical jump with run-up in the individuals with functional ankle instability. *Int J Sport Exerc Sci.* 2010; 2:43-8. <https://www.semanticscholar.org/paper/Biomechanical-Analysis-of-Landing-from-Counter-Jump-Wu-Chang/7ce4737f93458d71b502daa4da06305a3daec1c5>
- [10] Hargrave MD, Garcia CR, Gansnedder BM, Shultz SJ. Subtalar pronation does not influence impact forces or rate of loading during a single-leg landing. *J Athl Train.* 2003; 38(1):18-23. [PMCID]
- [11] Shahidi-zandi Z, Amir-seyfadini MR, Amiri-Khorasani MT. [Evaluation of lower extremity kinematic characteristics during single-leg landing from different heights in patients with knee valgus deformity (Persian)]. *Sci J Rehabil Med.* 2017; 6(1):122-31. [DOI:10.22037/JRM.2017.1100299]
- [12] Nejishima M, Urabe Y, Yokoyama S. Relationship between the knee valgus angle and EMG activity of the lower extremity in single- and double-leg landing. *J Biomech.* 2007; 40(S 2):S743 [DOI:10.1016/S0021-9290(07)70731-5]
- [13] Shahmiri Fatahi FA, Alizadeh MH, Minoonejad H. [Effect of genu varum deformity on dynamic stabilization during single-leg jump-landing (Persian)]. *Stud Sport Med.* 2013; 5(13):39-52. [https://smj.sscc.ac.ir/article\\_253\\_73.html?lang=en](https://smj.sscc.ac.ir/article_253_73.html?lang=en)
- [14] Joseph M, Tiberio D, Baird J, Trojian T, Anderson J, Kraemer W, et al. Knee valgus during drop jumps in National Collegiate Athletic Association Division I Female Athletes. *Am J Sports Med.* 2008; 36(2):285-9. [DOI:10.1177/0363546507308362] [PMID]
- [15] Nyland J, Smith S, Beickman K, Armsey T, Caborn DN. Frontal plane knee angle affects dynamic postural control strategy during unilateral stance. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34(7):1150-7. [DOI:10.1097/00005768-200207000-00016] [PMID]
- [16] Van der M, Steultjens M, Harlaar J, Wolterbeek N, Knol D, Dekker J. Varus-valgus motion and functional ability in patients with knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis.* 2008; 67(4):471-7. [DOI:10.1136/ard.2007.071258] [PMID]
- [17] Malina RM, Bouchard C. Growth, maturation, and physical activity [A Bahram, H Khalaji, Persian trans]. Tehran: Omid-e Danesh Publications; 2002. <https://lib1.ut.ac.ir:8443/site/catalogue/257250>
- [18] Yayaei-Rad M, Norasteh AA, Shamsi A, Sanjari MA. The comparison of postural stability in different knee alignment. *J Basic Appl Sci Res.* 2013; 3(7):322-6. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Comparison-of-Postural-Stability-in-Different-Yayaei-Rad-Norasteh/10484e2cce5f04de9244d27cb75a5baefc880fda>
- [19] Van Gheluwe B, Kirby KA, Hagman F. Effects of simulated genu valgum and genu varum on ground reaction forces and subtalar joint function during gait. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2005; 95(6):531-41. [DOI:10.7547/0950531] [PMID]
- [20] Besier TF, Lloyd DG, Ackland TR, Cochrane JL. Anticipatory effects on knee joint loading during running and cutting maneuvers. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33(7):1176-81. [DOI:10.1097/00005768-200107000-00015] [PMID]
- [21] Naji M. [Determining the relationship and difference between physical abilities and height disorders of university students Imam Hussein (AS) (Persian)] [MSc. Thesis]. Tehran: Imam Hussein (AS) University; 2002. <https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/065e1a3496194b97fd7cf30ca4f343e0>
- [22] Anbarian M, Ismaili H, Hosseini Nejad SI, Rabiee M, Binabaji H. [Comparison of the activity of the muscles around the knee when walking and running in people with varus deformity of the knee and the control group (Persian)]. *J Res Rehabil Sci.* 2012; 8(2):298-309. [DOI:10.22122/jrrs.v8i2.359]
- [23] Ghojaghi M, Arab Ameri A, Hemayat Talab R, Minunjad H. [Comparison of basic motor skills in children aged 7 to 9 years with cruciate ligament and brace deformity with children with normal knee orientation (Persian)]. 8<sup>th</sup> International Conference on Physical Education and Sport 2012 February 18-19, Tehran, Iran. <https://www.sid.ir/fa/seminar/ViewPaper.aspx?ID=26414>
- [24] Shahrjerdi S, Golpayegani M, Ghadiri U. [Effect of proprioception training on knee joint position sense of athletes with Genuvarum (Persian)]. *J Res Sport Rehabil.* 2014; 2(3):67-73. <https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=445095>
- [25] Mirzadeh Moghaddam A, Soltanost Nari SM, Khoshrafter Yazdi N. [Investigating static balance and lower extremity kinematics during Walking in patients with Genuvarum (Persian)]. *J Rehab Med.* 2016; 4(4):148-55. <file:///C:/Users/m.jamshidi/Downloads/3004813940418.pdf>
- [26] Hayati A, Farhpour N, Rahmani D. [The effect of braced knee on the performance of soccer shooting technique in adolescent boys soccer players (Persian)]. *Sports Med.* 2012; 4(8):63-72. <https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=209906>