Sport Medicine Studies **Volume 13, No 29, 2021, Page 253-274**

Research Paper

The Effect of Six Weeks Sand Surface Training on the Biomechanical Variables Associated with Anterior Cruciate Ligament Injury and Side-Cutting Performance in Adolescent Female Futsal Players

G. Jalilian[1], S. E. Hoseininejad[2], F. Salari-Esker[3], Sh. Mirdar[4]

1. Master of Science in Sport Biomechanics, Department of Motor Behavior and Sports Biomechanics, Faculty Sports Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran
2. Assistant Professor of Sport Biomechanics, Department of Sports Biomechanics, Faculty Sports Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran
3. Assistant Professor of Sport Biomechanics, Department of Sports Biomechanics, Faculty Sports Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran (Corresponding Author).
4. Professor of Sports physiology, Department of Sports physiology, Faculty Sports Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

Received Date: 2021/08/21 **Accepted Date: 2021/11/15**

Abstract

The aim of this study was to assess the effect of six-week sand surface training on the biomechanical variables associated with an anterior cruciate ligament injury in female adolescent futsal players during cutting. The data collected from 12 subjects were recorded before and after 6 weeks of training on the sand surface during 45- and 90-degree cuts by a force plate and cameras. Comparisons between variables in pre- and post-tests were performed using mixed ANOVA. During the initial contact, knee flexion was greater in the cut of 45° than 90° in post-test condition. The peak knee external adduction moment and speed of movement in the anterior-posterior direction increased after training on the sand surface during both 45- and 90-degree cuts. Based on the results, training on the sand surface improved performance through increasing the speed of movement, and on the other hand, increased the load on the knee joint, indicating the need to provide solutions such as technique improvement training along with this protocol.

Keywords: Futsal, Sand Surface Training, Knee Flexion Angle, Knee Abduction Angle, Knee External Adduction Moment

1. Email: 3g.jalilian@gmail.com
2. Email: esmaeilhoseninejad@gmail.com
3. Email: f.salari@umz.ac.ir, fatemehsalari2@gmail.com
4. Email: shadmehr.mirdar@gmail.com

Introduction

The prevalence of futsal injuries is higher in women than men [1]. The lower limb has the highest rate (60 to 85%) of total body injuries [2], of which the knee joint (54%) has the highest percentage of injuries and anterior cruciate ligament (ACL) rupture has the highest number among women futsal players [3]. Cut movements, which are widely seen in futsal, are harmful movements for this ligament [4]. Studies have suggested that performing exercises on the sand surface improves the performance of the hamstring muscle group [5]. The nature of the training level can affect the mechanism and prevalence of ACL injury by affecting the biomechanical variables.

Considering the effect of the surface of training on the biomechanics of the lower limb and the lack of research related to the sand surface training in the prevention of ACL ligament injury as well as despite the biomechanical and functional advantages of this type of training, its role in variables related to injury in the cutting movement has not received much attention as a traumatic movement. Therefore, the present study investigated the effect of six weeks [6] of training on a sand surface on biomechanical variables associated with ACL ligament injury, and the speed of movement in female adolescent futsal players during 45- and 90-degree cutting.

Materials and Methods

Participants

Twelve healthy active girls (mass: 50.11 ± 8.89 kg, height: 154.15± 9.68 cm, age: 13.25 ± 1.63 years and BMI: 21.5 kg/m2) participated in this study and written informed consent was obtained from all participants. All subjects were free from injury or pain at the time of testing.

Experimental Protocol

Six video cameras (Basler, Germany; 200 Hz) were arranged along an arc on the right side of a force plate (Kistler, Winterthur, Switzerland; 1000 Hz) which was placed in the center of a 15 m runway. Retroreflective markers were placed on specific anatomical landmarks to collect kinematic data and were divided into tracking and static marker sets. Static markers were attached on the following anatomical landmarks: right and left anterior–superior-iliac-spine (ASIS) of the pelvis, abdomen, first sacral vertebra, medial and lateral condyle of the femur, medial and lateral malleolus, center of the calcaneus and tip of the toe. Tracking markers were placed at the center of the calcaneus, distal head of fifth and second metatarsals, right and left ASIS of the pelvis, fisrt sacral vertebrae and two clusters of three markers, each on the lateral aspect of the shank and thigh.

Then the subjects completed, in block random order, three cutting trials for each condition (pre- and post-tests). A trial was accepted when subjects ran with no visible alteration in cutting mechanics. The training protocol was performed on the sand surface for 6 weeks (2 60-minute sessions per week) along with specific futsal exercises. Each session of training included general warm-ups and specific exercises which were a combination of speed, agility and running between obstacles in accordance with the movement pattern of the futsal. According to the principle of overload, the intensity of training increased every two weeks. In the first, third and fifth weeks, the intensity of training was 70, 80 and 90% (the best record), respectively. Moreover, all trainings were designed and controlled under the supervision of a professor of exercise science.

Kinematics and kinetics data were filtered using fourth-order low pass Butterworth filter with a cutoff frequency of 10 and 50 Hz, respectively. The dependent variables of the study including flexion and abduction angle of the kneejoint at the initial contact, peak knee flexion and abduction angles as well as external knee adduction moment were collected in the first 40% of the stance phase. The speed of movement (average velocity of the center of gravity) was also considered in the medio-lateral and anterior-posterior directions in the stance phase of cutting. All calculations were performed in the 2018 MATLAB software.

Statistical Analysis

Shapiro-Wilk test was used to investigate the normality of data and between-condition comparisons were assessed by two-way ANOVA repeated measure statistical test at the significance level of $P \leq 0.05$.

Results

According to the statistical results, a significant difference was observed in the knee flexion angle between the two cuts at the initial contact and first 40% of the support phase during the pre-test ($P = 0.008$ and $P = 0.001$). There was a difference between 45 and 90 degrees during the post-test at the initial contact time ($P = 0.021$). In all three observed changes, the flexion angle was greater at 45° cutting than 90 °. Based on the results, six-week training on the sand surface significantly increased knee abduction angle during 90 ° cutting at initial contact ($P = 0.031$) and first 40% of the stance phase ($P = 0.003$). In addition, this training protocol enhanced the external knee adduction moment in 45- ($P = 0.008$) and 90-degree ($P = 0.005$) cuts (Table 1).

Moreover, the results demonstrated that after six weeks of training on the sand surface, the speed of cutting in the medial-lateral direction significantly increased during 90-degree cutting (P = 0.030). Further, training on the sand surface enhanced the speed of cutting in an anterior-posterior direction in both 45 (P = 0.001) and 90 degrees (P = 0.001).

Table 1- Pre- and post-test values for 45° and 90° cuts (angle in degree, knee external adduction moment normalized to body weight and speed of cutting in m/s)

Variables	Cuts	Pre test	Post test	P value
Peak knee flexion angle at the initial contact	45 °	-20.68±6.84	-22.07±7.88	0.616
	90 °	-16.6±6.96	-18.15±8.61	0.591
P value		0.008#	0.021#	
Peak knee flexion angle during first 40 % of stance phase	45 °	-46.53±8.74	-46.68±10.78	0.970
	90 °	-41.82±8.41	-45.85±7.04	0.302
P value		0.001#	0.567	
Peak knee abduction angle at the initial contact	45 °	-2.51±3.97	-2.95±3.56	0.757
	90 °	-2.13±4.23	-4.85±3.95	0.031*
P value		0.600	0.081	
Peak knee abduction angle during first 40 % of stance phase	45 °	-3.62±4.26	-5.43±4.88	0.258
	90 °	-4.55±5.40	-8.63±5.70	0.003*
P value		0.292	0.122	
Peak external knee adduction moment during first 40% of stance phase	45 °	0.95±0.33	1.90±0.92	0.008*
	90 °	1.28±0.42	1.85±0.53	0.005*
P value		0.103	0.784	
Anterior- posterior cutting speed	45 °	-0.25±0.34	-0.24±0.23	0.981
	90 °	-0.20±0.21	-0.34±0.15	0.030*
P value		0.714	0.006#	
Medial- lateral cutting speed	45 °	3.46±0.34	3.92±0.27	0.001*
	90 °	2.82±0.32	3.47±0.45	0.001*
P value		0.001#	0.001#	

Discussion

The results of the present study showed that training on a sand surface increased the knee abduction angle at 90 ° cut, external knee adduction moment at 45 and 90-degree cuts, the medial-lateral cutting speed at 90 °, and anterior-posterior speed of movement at 45 and 90-degree cuts. Different cutting angles create different mechanical demands on the body; sharper cutting angles increase the risk of lower limb injuries, especially the knee joint. However, training on the sand improves performance in skill by increasing the speed of movement. It

should be noted that athletes do exercises on the surface of the sand to increase performance, and on the other hand, the need for this performance improvement is probably associated with the increased use of muscles and forces, resulting in joint loads. Further research is needed on the extent to which this increase in joint loads causes injury to athletes.

Keywords: Futsal, Sand Surface Training, Knee Flexion Angle, Knee Abduction Angle, Knee External Adduction Moment

References

1. Angoorani, H., et al., Injuries in Iran futsal national teams: a comparative study of incidence and characteristics. Asian journal of sports medicine, 2014. 5(3).
2. ULUÖZ, E., Investigation of sport injury patterns in female futsal players. International Journal of Sport Culture and Science, 2016. 4(4): p. 474-488.
3. Varkiani, M.E., M.H. Alizadeh, and L. Pourkazemi, The epidemiology of futsal injuries via sport medicine federation injury surveillance system of Iran in 2010. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2013. 82: p. 946-951.
4. Waldén, M., et al., Three distinct mechanisms predominate in non-contact anterior cruciate ligament injuries in male professional football players: a systematic video analysis of 39 cases. British journal of sports medicine, 2015. 49(22): p. 1452-1460.
5. Pinnington, H.C., et al., Kinematic and electromyography analysis of submaximal differences running on a firm surface compared with soft, dry sand. European journal of applied physiology, 2005. 94(3): p. 242-253.
6. Dos'Santos, T., et al., The effects of six-weeks change of direction speed and technique modification training on cutting performance and movement quality in male youth soccer players. Sports, 2019. 7(9): p. 205.
7. Leporace, G., et al., Influence of a preventive training program on lower limb kinematics and vertical jump height of male volleyball athletes. Physical Therapy in Sport, 2013. 14(1): p. 35-43.

پرتال جامع علوم انسانی

مطالعات طب ورزشی دوره ۱۳، شماره ۲۹، بهار و تابستان ۱۴۰۰. صص ۲۷۴-۲۵۳

مقالهٔ پژوهشی

اثر شش هفته تمرین روی سطح شن بر متغیرهای بیومکانیکی مرتبط با آسیب رباط صلیبی قدامی و علمکرد برش جانبی دختران فوتسالیست نوجوان

گلاره جلیلیان[۱]، سید اسماعیل حسینی نژاد[۲]، فاطمه سالاری اسکر[۳]، شادمهر میردار[۴]

۱. کارشناسی ارشد بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی و رفتار حرکتی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

۲. استادیار بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی و رفتار حرکتی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

۳. استادیار بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی و رفتار حرکتی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران (نویسنده مسئول)

۴. استاد فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۰۵/۳۰ پذیرش : ۱۴۰۰/۰۸/۲۴

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر شش هفته تمرین روی سطح شن بر متغیرهای بیومکانیکی مرتبط با آسیب رباط صلیبی قدامی در دختران فوتسالیست نوجوان حین حرکت برش انجام شده است. داده‌های ۱۲ آزمودنی، قبل و پس از شش هفته تمرین روی سطح شن به هنگام برش‌های ۴۵ و ۹۰ درجه توسط صفحهٔ نیروسنج و دوربین ثبت شد. مقایسهٔ بین متغیر پژوهش در پیش‌آزمون و پس‌آزمون از طریق آزمون تحلیل واریانس دوعاملی انجام شد. زاویهٔ فلکشن زانو در لحظهٔ تماس اولیه در برش ۴۵ در پس‌آزمون بیشتر از برش ۹۰ درجه بود. گشتاور اداکتور خارجی زانو و سرعت حرکت در جهت قدامی خلفی بعد از تمرین روی سطح شن در برش‌های ۴۵ و ۹۰ درجه افزایش یافت. بر این اساس، تمرینات روی سطح شن از طریق افزایش سرعت اجرا باعث بهبود عملکرد شده و از سوی دیگر سبب افزایش بار روی مفصل زانو شده است که ضرورت ارائهٔ راه‌کارهایی از قبیل ارائهٔ تمرینات بهبود تکنیک را در کنار این پروتکل تمرینی نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: فوتسال، تمرین روی سطح شن، زاویهٔ فلکشن زانو، زاویهٔ ابداکشن زانو، گشتاور اداکتور خارجی

1. Email: 3g.jalilian@gmail.com
2. Email: esmaeilhoseninejad@gmail.com
3. Email: f.salari@umz.ac.ir, fatemehsalari2@gmail.com
4. Email: shadmehr.mirdar@gmail.com

مقدمه

فوتسال یکی از پرآسیب‌ترین رشته‌های ورزشی است (۱) که شیوع آسیب‌های آن در زنان بیشتر از مردان است (۲). در این رشته، اندام تحتانی با آمار حدود ۶۰ تا ۸۵ درصد از آسیب‌های کل بدن، بیشترین گزارش آسیب را داشته است (۳). در این میان، مفصل زانو و به‌طور ویژه پارگی رباط صلیبی قدامی (ACL)[1] با ۵۴ درصد بیشترین درصد آسیب را در میان زنان فوتسالیست به خود اختصاص داده است (۴). حرکات برشی که به‌طور گسترده در فوتسال دیده می‌شوند، حرکاتی آسیب‌زا برای این رباط‌اند (۵). حرکت برش با درجات مختلف (۱۸۰°، ۱۳۵°، ۹۰ °، ۶۰°و ۴۵ °) در فوتسال اجرا می‌شود، اما برش‌های ۴۵ و ۹۰ درجه جزو برش‌های پرتکرارند و پژوهش‌های فراوانی دربارهٔ این دو زاویه وجود دارد (۶،۷) یکی از راه‌کارهای کاهش خطر بروز آسیب رباط ACL در حرکات پرخطر مانند برش، تقویت و بهبود هماهنگی عضلات اطراف مفصل زانو به‌ویژه عضلات همسترینگ است (۸). از سوی دیگر، پژوهش‌ها پیشنهاد کرده‌اند انجام تمرینات ورزشی روی سطح شن می‌تواند عملکرد گروه عضلات همسترینگ را حین اجرای مهارت‌های ورزشی بهبود بخشد (۹). دویدن روی سطح شن می‌تواند با به‌کارگیری بیشتر عضلات همسترینگ از آسیب رباط ACL پیشگیری کند (۸) و مربیان، بازیکنان و ورزشکاران حرفه‌ای به‌صورت مکمل تمرینی از آن استقبال کرده‌اند (۱۰). تمرین روی این سطح در مقایسه با سایر سطوح دارای تفاوت‌های بیومکانیکی و فیزیولوژیکی است (۱۱). این تفاوت‌ها می‌تواند به بهبود عملکرد، استقامت، چابکی، تعادل و پرش منجر شود و درعین‌حال درد عضلانی را کاهش دهد (۱۲). ازجمله تفاوت‌های بیومکانیکی کاهش نیروی عکس‌العمل خلفی و افزایش زاویهٔ فلکشن زانو و ران حین دویدن است (۹،۱۳). این نتایج نشان می‌دهد ماهیت سطح تمرینی می‌تواند از طریق تأثیر بر متغیرهای بیومکانیکی مرتبط با آسیب ACL، در سازوکار و میزان شیوع این آسیب اثرگذار باشد.

در حرکت برش، پا روی زمین قرار دارد که موجب بارگیری زانو در چندین صفحه‌ی حرکتی می‌شود (۱۴،۱۵) و در نهایت به افزایش استرین رباط منجر می‌شود (۱۶). زاویهٔ فلکشن زانو (۱۷)، زاویهٔ ابداکشن زانو[2] (۱۸) و گشتاور خارجی صفحهٔ فرونتال زانو (۱۸) در ادبیات پژوهش متغیرهای بیومکانیکی مرتبط با آسیب رباط ACL معرفی شده‌اند. گفته می‌شود که کاهش زاویهٔ ابداکشن زانو و افزایش زاویهٔ فلکشن زانو در لحظهٔ تماس اولیه باعث کاهش میزان خطر آسیب رباط ACL می‌شود (۱۹). همچنین بیشتر آسیب‌های این رباط در زاویهٔ کمتر از ۳۰ درجهٔ فلکشن زانو رخ می‌دهد (۲۰). گزارش شده است که گشتاورهای خارجی طی حرکت برش بیشتر از دویدن است

1. Anterior Cruciate Ligament
2. Knee Abduction Angle

(۱۴). همچنین افرادی که سابقهٔ آسیب رباط صلیبی و مینیسک دارند، هنگام راه رفتن پیک گشتاور اداکتور خارجی[1] بیشتری از خود نشان می‌دهند (۲۱). در ادبیات پژوهش، مطالعه‌ای در زمینهٔ اثر تمرین روی سطح شن بر متغیرهای فوق یافت نشد.

با وجود اثربخشی تمرین روی سطح‌شن بر بیومکانیک اندام‌تحتانی و مزیت بیومکانیکی و عملکردی این نوع تمرین، در مورد نقش آن در پیشگیری از آسیب رباط ACL و تأثیر این تمرینات در متغیرهای مرتبط با آسیب در حرکت برش، که حرکتی آسیب‌زاست، مطالعات زیادی انجام نشده است. از این رو هدف پژوهش حاضر بررسی اثر شش هفته (۲۲) تمرین روی سطح شن بر متغیرهای بیومکانیکی مرتبط با آسیب رباط ACL در دختران فوتسالیست نوجوان حین حرکت برش‌های ۴۵ و ۹۰ است. با توجه به اینکه این تمرینات با رویکرد عملکرد انجام می‌شود و سرعت نیز عاملی اثرگذار در مولفهٔ گشتاور است (۲۰ و ۲۳)، سرعت اجرای حرکت در دو جهت داخلی-خارجی و قدامی-خلفی طی پیش‌آزمون و پس‌آزمون به هنگام برش‌های ۴۵ و ۹۰ درجه با یکدیگر مقایسه می‌شود.

روش پژوهش

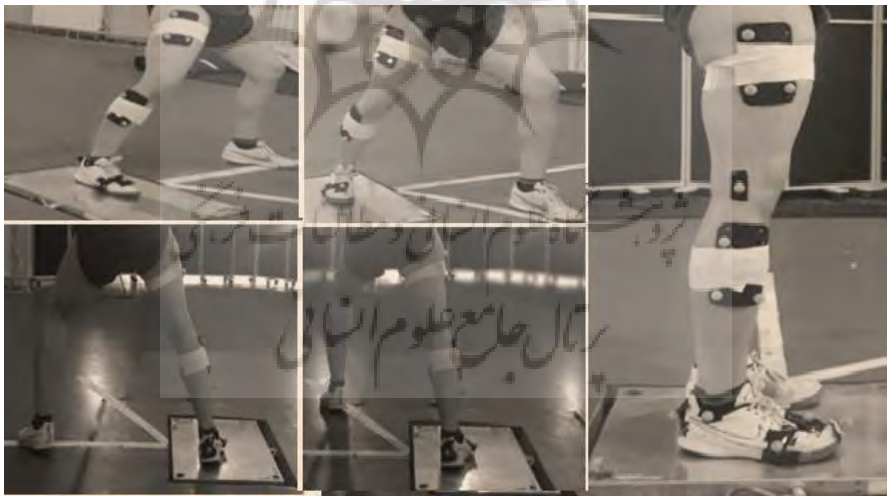
در پژوهش حاضر ۱۲ بازیکن دختر فوتسالیست نوجوان (سن: ۱/۶۳±۱۳/۲۵؛ وزن: ۸/۸۹±۵۰/۱۱کیلوگرم؛ قد: ۹/۶۸±۱۵۴/۱۵متر؛ شاخص تودهٔ بدنی (BMI): ۲۱/۵) که سابقهٔ یک تا دو سال فعالیت در سطح باشگاهی داشتند به‌عنوان آزمودنی انتخاب شدند. سوابق پزشکی همهٔ آزمودنی‌ها عاری از هرگونه آسیب اندام تحتانی به‌خصوص آسیب رباط صلیبی قدامی و جراحی اندام تحتانی در سه سال گذشته، ناتوانی عصبی، آسیب مزمن وحاد اندام تحتانی بود. پیش از اجرای پژوهش، ضمن توضیح هدف آن برای تمامی آزمودنی‌ها از آن‌ها رضایت‌نامهٔ کتبی برای شرکت در پژوهش گرفته شد. به‌منظور آشنایی با نحوهٔ انجام تمرینات روی سطح شن، در روز پیش‌آزمون جلسه‌ای حضوری با مربی تیم برگزار شد.

شش دوربین (Basler; 200Hz) ساخت آلمان در اطراف صفحهٔ نیروسنج (Switzerland,winterthur,Kistler,60*40 cm,1000Hz) قرار داده شد. داده‌های کینتیک و کینماتیک به‌وسیلهٔ نرم‌افزار Simi Motion جمع‌آوری شد. برای ثبت داده‌های کینماتیکی نشانگرهای منعکس‌کنندهٔ نور در وضعیت استاتیک روی نقاط زیر قرار گرفتند: خار خاصرهٔ قدامی فوقانی راست و چپ، ناف، مهرهٔ اول خاجی، کندیل داخلی و خارجی زانو، قوزک داخلی و خارجی، مرکز پاشنه و نوک انگشت دوم پا. نشانگرهای ردیابی روی مرکز پاشنه، انتهای دیستال

1. External Knee Adduction Moment

استخوان‌های کف پایی دوم و پنجم و دو خوشه روی کنار خارجی ران و ساق که روی هر یک سه نشانگر قرار داشت و همچنین خار خاصره قدامی فوقانی راست و چپ و مهره اول خاجی قرار گرفتند (تصویر ۱. الف).

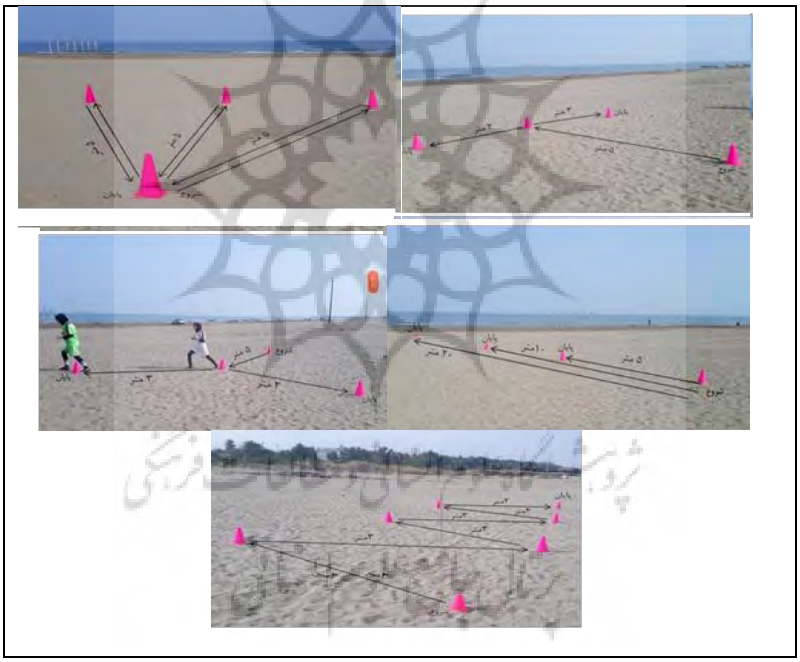
به‌منظور اجرای آزمون، ابتدا پای برتر مشخص شد، بدین صورت که توپی مقابل آزمودنی‌ها قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد با پای خود، آن را به دورترین فاصلهٔ ممکن شوت کنند. پایی که آزمودنی توپ را با آن شوت می‌زد، پای برتر معرفی شد (۲۴). سپس، آزمودنی‌ها از فاصلهٔ هفت متری با سرعت ترجیحی به سمت محل انجام حرکت برش شروع به دویدن کردند و به محض رسیدن به محل مورد نظر پای برترشان را به‌صورت تکیه‌گاه در وسط محل تعیین‌شده قرار دادند و در مسیر مشخص به سمت مخالف در زوایای ۴۵ و ۹۰ درجه از مسیر اصلی روی زمین تغییر جهت دادند (تصویر ۱. ب و ج). تعداد کوشش‌های صحیح برای هر برش شامل سه کوشش و اجرای صحیح آن شامل تماس کامل پا با صفحهٔ نیروسنج بود. اگر تعادل آزمودنی حین اجرای حرکت مختل می‌شد یا مواردی به وجود می‌آمد که در خروجی داده‌های مد نظر اختلال ایجاد می‌کرد (مانند اجرای مصنوعی حرکت) حرکت دوباره تکرار می‌شد. شایان ذکر است که آزمودنی‌ها در این پژوهش از کفش‌های معمولشان در پیش‌آزمون و پس‌آزمون استفاده کردند.



الف ب ج

شکل ۱- حرکت برش. الف) حالت ایستا- ب) برش ۴۵ درجه، بالا (قدامی) و پایین (خلفی)- ج) برش ۹۰ درجه، بالا (قدامی) و پایین (خلفی)

بعد از انجام مرحلهٔ پیش‌آزمون تمرینات روی سطح شن به مدت شش هفته، هر هفته دو جلسه و به مدت ۶۰ دقیقه در کنار تمرینات اختصاصی فوتسال انجام شد. تمرینات روی سطح شن شامل گرم کردن عمومی و تمرینات اختصاصی شامل پنج تمرین بود که ترکیبی از تمرینات سرعتی، چابکی و دویدن بین موانع متناسب با الگوی رشتهٔ ورزشی بود (تصویر شمارهٔ ۲). بازیکنان بعد از انجام هر تمرین به مدت دو دقیقه استراحت فعال می‌کردند، استراحت بین تکرارها در تمرین پنج برابر زمان فعالیت بود. طبق اصل اضافه‌بار شدت تمرین هر دو هفته افزایش پیدا کرد (۲۵)، به‌طوری که در هفتهٔ اول، سوم و پنجم شدت تمرینات ۷۰ درصد، ۸۰ درصد و ۹۰ درصد بهترین رکورد بود. همچنین کلیهٔ تمرینات تحت نظارت استاد علم تمرین طراحی و کنترل شد. جزئیات تمرین در جدول شمارهٔ ۱ آورده شده است.



شکل ۲- تمرینات تخصصی روی سطح شن؛ تمرین اول: دویدن بین موانع با تغییر مسیر ۴۵ درجه؛ تمرین دوم تمرین چابکی آزمون تی؛ تمرین سوم: تمرین چابکی و سرعت؛ تمرین چهارم: تمرین سرعت در فاصله‌های متفاوت؛ تمرین پنجم: دویدن بین موانع

جدول ۱- برنامهٔ تمرینات همراه با زمان‌بندی

جلسات	گرم‌کردن عمومی (دقیقه)	تعادلی (دقیقه)	تمرینات تخصصی (تکرار) (تمرین اول)	(تمرین دوم)	(تمرین سوم)	(تمرین چهارم) ۵ متر (بخش اول)	۱۰ متر (بخش دوم)	۲۰ متر (بخش سوم)	(تمرین پنجم)	زمان تمرینات تخصصی (دقیقه)	سرد کردن (دقیقه)	کل زمان (دقیقه)
۱	۱۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۳۵	۱۰	۶۵
۲	۱۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۳۵	۱۰	۶۵
۳	۱۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۳۵	۱۰	۶۵
۴	۱۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۳۵	۱۰	۶۵
۵	۱۵	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۳۰	۱۰	۶۰
۶	۱۵	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۳۰	۱۰	۶۰
۷	۱۵	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۳۰	۱۰	۶۰
۸	۱۵	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۳۰	۱۰	۶۰
۹	۱۵	۵	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲۵	۱۰	۵۵
۱۰	۱۵	۵	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲۵	۱۰	۵۵
۱۱	۱۵	۵	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲۵	۱۰	۵۵
۱۲	۱۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۳۵	۱۰	۶۵

داده‌های کینماتیکی و کینتیکی توسط فیلتر پایین‌گذر باترورث سطح ۴ و به ترتیب با فرکانس برشی ۱۰ و ۵۰ هرتز هموار شد. داده‌های مربوط به متغیرهای پژوهش شامل زاویهٔ فلکشن و ابداکشن زانو در لحظهٔ تماس اولیه، اوج زاویهٔ فلکشن زانو، زاویهٔ ابداکشن زانو و گشتاور اداکتور خارجی زانو، در ۴۰ درصد اول فاز اتکا حرکت برش جمع‌آوری شدند. لحظهٔ تماس اولیه زمانی بود که نیروی عکس‌العمل زمین به ۱۰ نیوتن رسیده بود. در ادبیات پژوهش لحظهٔ تماس اولیه و ۴۰ درصد اول فاز اتکا به‌عنوان فاز آسیب معرفی شده است (۶,۲۶). در پژوهش حاضر سرعت اجرای حرکت (میانگین سرعت مرکز ثقل) نیز در جهت داخلی-خارجی و قدامی-خلفی در کل فاز اتکا

منظور شد. مقادیر گشتاور بر اساس نسبتی از جرم بدن هم‌سان سازی شد. تمام محاسبات در محیط نرم‌افزار متلب نسخهٔ ۲۰۱۸ انجام شد.

برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک و برای انجام محاسبات آماری نتایج تأثیر متغیر مستقل بر متغیرهای وابسته از آزمون پارامتریک آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری دوعاملی (زمان و نوع برش) استفاده شد؛ در صورت معناداری آزمون تعقیبی بونفرونی به‌کار برده شد. کلیهٔ محاسبات آماری در محیط نرم‌افزار اس پی اس اس[1] نسخهٔ ۲۴ و در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها

نتایج مربوط به زاویهٔ فلکشن و ابداکشن زانو در لحظهٔ تماس اولیه و اوج زاویهٔ فلکشن، ابداکشن و گشتاور اداکتور خارجی زانو در ۴۰ درصد اول فاز اتکا طی برش‌های ۴۵ و ۹۰ درجه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون درجدول شمارهٔ ۲ آورده شده است. با توجه به نتایج آماری، در زاویهٔ فلکشن زانو بین دو برش در لحظهٔ تماس اولیه و ۴۰ درصد اول فاز اتکا طی پیش‌آزمون، تفاوت معناداری مشاهده شد (P=۰/۰۰۸ و P=۰/۰۰۱) همچنین، در مقایسهٔ بین دو برش ۴۵ و ۹۰ درجه طی پس‌آزمون در لحظهٔ تماس اولیه تفاوت آماری وجود داشت (P= ۰/۰۲۱). در هر سه تغییر مشاهده‌شده، زاویهٔ فلکشن در برش ۴۵ درجه بیشتر از برش ۹۰ درجه بود. با توجه به نتایج جدول زیر می‌توان دریافت که شش هفته تمرین روی سطح شن باعث افزایش زاویهٔ ابداکشن زانو طی برش ۹۰ درجه در لحظهٔ تماس اولیه (P= ۰/۰۳۱) و ۴۰ درصد اول فاز اتکا (P= ۰/۰۰۳) شده است که این مقدار از لحاظ آماری معنادار است. همچنین این دورهٔ تمرینی، گشتاور اداکتور خارجی زانو را در برش‌های ۴۵ (P= ۰/۰۰۸) و ۹۰ درجه (P= ۰/۰۰۵)، از لحاظ آماری افزایش داده است.

پرتال جامع علوم انسانی

1. SPSS

جدول ۲- زاویهٔ فلکشن و ابداکشن زانو در لحظهٔ تماس اولیه و اوج زاویهٔ فلکشن، ابداکشن (درجه) و گشتاور اداکتوری خارجی (نیوتن متر/کیلوگرم) زانو در ۴۰ درصد اول فاز اتکا طی برش‌های ۴۵ و ۹۰ درجه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

متغیر	برش‌ها	پیش‌آزمون (میانگین± انحراف استاندارد	پس‌آزمون (میانگین± انحراف استاندارد)	سطح معناداری
زاویهٔ فلکشن زانو در لحظهٔ تماس اولیه	۴۵ درجه	-۲۰/۶۸ ± ۶/۸۴	-۲۲/۰۷ ± ۷/۸۸	۰/۶۱۶
	۹۰ درجه	-۱۶/۶ ± ۶/۹۶	-۱۸/۱۵ ± ۸/۶۱	۰/۵۹۱
	سطح معناداری	٭ ۰/۰۰۸	٭ ۰/۰۲۱	
اوج زاویهٔ فلکشن زانو در ۴۰ درصد اول فاز اتکا	۴۵ درجه	-۴۶/۵۳ ± ۸/۴۷	-۴۶/۶۸ ± ۱۰/۷۸	۰/۹۷
	۹۰ درجه	-۴۱/۸۲ ± ۸/۴	-۴۵/۴۷ ± ۷/۰۴	۰/۳۰۲
	سطح معناداری	٭ ۰/۰۰۱	۰/۵۶۷	
زاویهٔ ابداکشن زانو در لحظهٔ تماس اولیه	۴۵ درجه	-۲/۵۱ ± ۳/۹۷	-۲/۹۵ ± ۳/۵۶	۰/۷۵۷
	۹۰ درجه	-۲/۱۳ ± ۴/۲۳	-۴/۸۵ ± ۳/۹۵	٭ ۰/۰۳۱
		۰/۶۰۰	۰/۰۸۱	
اوج زاویهٔ ابداکشن زانو در ۴۰ درصد اول فاز اتکا	۴۵ درجه	-۳/۶۲ ± ۴/۲۶	-۵/۴۳ ± ۴/۸۸	۰/۲۵۸
	۹۰ درجه	-۴/۵۵ ± ۵/۴	-۸/۶۳ ± ۵/۷	٭ ۰/۰۰۳
	سطح معناداری	۰/۲۹۲	۰/۱۲۲	
اوج گشتاور اداکتور خارجی زانو در ۴۰ درصد اول فاز اتکا	۴۵ درجه	۰/۹۵ ± ۰/۳۳	۱/۹ ± ۰/۹۲	٭ ۰/۰۰۸
	۹۰ درجه	۱/۲۸ ± ۰/۴۲	۱/۸۵ ± ۰/۵۳	٭ ۰/۰۰۵
	سطح معناداری	۰/۱۰۳	۰/۸۷۴	

٭اختلاف معنادار

در جدول شمارهٔ ۳ سرعت اجرای حرکت در جهت داخلی-خارجی و قدامی-خلفی در کل فاز اتکا، طی برش‌های ۴۵ و ۹۰ درجه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون آورده شده است. باتوجه به نتایج، پس از شش هفته تمرین روی سطح شن سرعت اجرای حرکت در جهت داخلی-خارجی طی برش ۹۰ درجه از لحاظ آماری افزایش یافته است (P= ۰/۰۳۰). همچنین، شش هفته تمرین روی سطح شن باعث افزایش سرعت اجرای حرکت در جهت قدامی-خلفی در هر دو برش ۴۵ (P=۰/۰۰۱) و ۹۰ درجه (P=۰/۰۰۱) شده است که این مقدار تفاوت از لحاظ آماری معنادار است.

جدول ۳- سرعت اجرای حرکت در جهت داخلی-خارجی وقدامی-خلفی در کل فاز اتکا، طی برش‌های ۴۵ و ۹۰ درجه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون (متر/ثانیه)

سرعت اجرای حرکت در جهت	برش‌ها	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	سطح معناداری
داخلی-خارجی	۴۵ درجه	-۰/۲۵ ± ۰/۱۹	-۰/۲۴ ± ۰/۲۳	۰/۹۸۱
	۹۰ درجه	-۰/۲۰ ± ۰/۲۱	-۰/۳۴ ± ۰/۱۵	٭ ۰/۰۳۰
	سطح معناداری	۰/۷۱۴	٭ ۰/۰۰۶	
قدامی-خلفی	۴۵ درجه	۳/۴۶ ± ۰/۳۴	۳/۹۲ ± ۰/۲۷	٭ ۰/۰۰۱
	۹۰ درجه	۲/۸۲ ± ۰/۳۲	۳/۴۷ ± ۰/۴۵	٭ ۰/۰۰۱
	سطح معناداری	٭ ۰/۰۰۱	٭ ۰/۰۰۱	

٭اختلاف معنادار

بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر شش هفته تمرین روی سطح شن بر متغیرهای بیومکانیکی مرتبط با آسیب ACL در دختران فوتسالیست نوجوان حین حرکت برش انجام شد. نتایج نشان-دهندهٔ تفاوت معنادار در زاویهٔ ابداکشن زانو، گشتاور اددکتور خارجی زانو و سرعت اجرای حرکت طی حرکت برش پس از شش هفته تمرین روی سطح شن بود. بر اساس یافته‌های این پژوهش زاویهٔ فلکشن زانو در لحظهٔ تماس اولیه و اوج مقدار این زاویه در ۴۰ درصد اول فاز اتکا بین دو برش ۴۵ و ۹۰ درجه در پیش‌آزمون تفاوت معناداری داشته است، به‌طوری که زاویهٔ فلکشن زانو به هنگام تماس اولیه و اوج مقدار این زاویه در ۴۰ درصد اول فاز اتکا در برش ۹۰ درجه کمتر از برش ۴۵ درجه دیده شد. نتایج پژوهش حاضر در پیش‌آزمون با نتایج شورز و همکاران[1] (۲۰۱۷) (۲۷) و هاونس و سیگوارد[2] (۲۰۱۴) (۷) که در پژوهش‌های خود زاویهٔ فلکشن زانو را در برش ۴۵ درجه بیشتر از ۹۰ درجه گزارش کرده‌اند، هم‌سو است. زوایای برش مختلف تقاضای مکانیکی متفاوتی برای بدن ایجاد می‌کند، زاویهٔ برش تندتر احتمال آسیب‌های اندام تحتانی بویژه زانو را تشدید می‌کند. با وجود ویژگی آسیب‌زایی زیاد حرکت برش، اجرای صحیح این مانور می‌تواند در تعیین تفاوت‌های عملکردی و اصول استعدادیابی ورزشی برای نوجوانان و کودکان به کار گرفته شود (۲۷). طی اجرای این حرکت مراحل کاهش و افزایش شتاب بدن با تغییر سریع موقعیت بدن جفت می‌شود، گشتاورهای والگوسی زیاد و کاهش زاویهٔ فلکشن زانو عوامل خطرزای آسیب رباط صلیبی قدامی طی حرکت برش شناخته می‌شوند (۱۹)؛ زیرا در زوایای فلکشن کم زانو، تأثیر عضلات همسترینگ در محدودکردن جابه‌جایی قدامی درشت‌نئی کاهش می‌یابد و انقباض عضلات چهارسر

1. Schreurs
2. Havens and Sigward

استرین بیشتری به رباط وارد می‌کند که می‌تواند نیروی برشی را در انتهای قدامی درشت‌نئی وارد کند که عاملی آسیب‌زاست (۲۸). با توجه به نتایج آماری، پس از شش هفته تمرین روی سطح شن، در زاویهٔ فلکشن زانو به هنگام تماس اولیه و اوج مقدار این زاویه در فاز آسیب، در هیچ یک از دو برش پس از تمرین تفاوت معناداری دیده نشد. در مقایسهٔ زاویهٔ فلکشن زانو در لحظهٔ تماس اولیه تفاوت معنادار بین دو برش ۴۵ و ۹۰ درجه در پس‌آزمون وجود دارد؛ به‌عبارت یگر اختلاف چهار درجه‌ای بین دو برش که در پیش‌آزمون وجود داشت، در پس‌آزمون نیز حفظ شده است. در مقایسهٔ اوج زاویهٔ فلکشن زانو در ۴۰ درصد اول فاز اتکا بین برش‌های ۴۵ و۹۰ درجه در پس‌آزمون تفاوت معناداری مشاهده نشد. از نگاهی دیگر می‌توان گفت زاویهٔ فلکشن برش ۹۰ درجه در پیش‌آزمون که چهار درجه کمتر از برش ۴۵ درجه بوده است در پس‌آزمون به یک درجه اختلاف رسیده است. به نظر می‌رسد سطح شن الگوی خطرناک برش ۹۰ درجه را تعدیل کرده و درواقع، این سطح کمک کرده است ورزشکار تغییر جهت ۹۰ درجه را، در مقایسه با ۴۵ درجه، ایمن‌تر از پیش‌آزمون اجرا کند. طبق بررسی ادبیات پژوهش در خصوص تمرین روی سطح شن، اثر دورهٔ تمرینی طولانی‌مدت روی این سطح بر مکانیک زانو مطالعه نشده است و پژوهش‌ها به بررسی اثر آنی اجرای حرکات روی سطوح مختلف از قبیل سطح شن محدود است؛ برای مثال در پژوهش پنینگتون و همکاران[1] (۲۰۰۵) (۹) نشان داده شد که هنگام دویدن روی سطح شن زاویهٔ فلکشن زانو افزایش می‌یابد و عضلات همسترینگ تقریباً دو برابر بیشتر از سطح دیگر فعال‌سازی می‌شوند. همچنین اسونینگن و همکاران[2] (۲۰۱۹) (۲۹) زاویهٔ فلکشن زانو را در فاز نوسان و تماس اولیه در سطح شن بیشتر از سطوح سخت گزارش کرده‌اند. در بررسی جنبهٔ عملکردی تمرین روی سطح شن، نشان داده شده است که این سطح باعث بهبود چابکی و عملکرد سرعتی ورزشکار می‌شود (۳۰). شاید نبود تفاوت آماری در زاویهٔ فلکشن زانو پس از دورهٔ تمرینی در دو برش ۴۵ و ۹۵ درجه، به این علت بوده است که احتمالاً سطح شن در بهبود عملکرد ورزشکار تأثیر داشته است؛ زیرا هنگام برش با زوایای مختلف، زاویهٔ فلکشن کم زانو الگوی عملکردی بهینه‌ای برای بهبود اجرای این تکلیف حرکتی محسوب می‌شود (۳۱).

با بررسی زاویهٔ ابداکشن زانو در پژوهش حاضر تفاوت معناداری بین دو برش ۴۵ و ۹۰ درجه در زمان لحظهٔ تماس اولیه و ۴۰ درصد اول فاز اتکا در پیش‌آزمون دیده نشد. نتایج پژوهش حاضر در پیش‌آزمون با پژوهش سیگوارد و همکاران[3] (۲۰۱۵) که با افزایش زاویهٔ برش تغییری در زاویهٔ

1. Pinnington
2. Svenningsen
1. Sigward

ابداکشن زنان مشاهده نکردند، هم‌سو (۳۲) و با کورتس و همکاران[1] (۲۰۱۱) (۳۳) ناهمسوست. در پژوهش کورتس و همکاران برش‌های ۱۸۰ و ۴۵ درجه انجام شد که می‌تواند دلیل ناهم‌سو بودن با پژوهش حاضر باشد. نبود تفاوت در شاخص زاویهٔ ابداکشن زانو بین دو زاویهٔ مختلف برش طی پیش‌آزمون و پس‌آزمون که از شاخص‌های پراهمیت از منظر آسیب شناسی شناخته می‌شود، می‌تواند به‌وسیلهٔ ماهیت متفاوت دو نوع برش جانبی مثل تفاوت درزاویهٔ فلکشن و نیروی عکس‌العمل خلفی قابل توجیه باشد. به نظر می‌رسد بدن از طریق تغییر سازوکار اجرای حرکت و تکیه بر مفاصل و سگمنت‌های مجاور نیاز اجرای حرکت را برآورده می‌کند. بیومکانیک مفصل زانو اثری مستقیم روی استرین و نیروهای وارد بر رباط صلیبی قدامی دارد و می‌تواند به‌عنوان عامل خطرزای این آسیب بررسی شود. والگوس زانو نیز در ارتباط با متغیرهای بیومکانیکی دیگر می‌تواند به‌عنوان عامل کلیدی بررسی شود (۱۸,۳۱). پژوهش‌های پیشین، به‌طور ویژه، زاویهٔ ابداکشن بیش‌تر را با اوج گشتاور ابداکتوری زانو در ارتباط دانسته‌اند (۳۲،۳۴). کریستیانسلوند و همکاران[2] (۲۰۱۴) (۱۸) نشان دادند که راستای سگمنت‌های اندام تحتانی بیشترین اثر را در تعدیل گشتاورهای ابداکتوری زانو دارد. بنابراین بهبود راستای زانو در صفحهٔ فرونتال (کاهش زاویهٔ والگوس) می‌تواند استراتژی مناسبی از حرکت برش برای کاهش خطرات آسیب اندام تحتانی ایجاد کند.

با در نظر گرفتن اثر شش هفته تمرین روی سطح شن، در برش ۹۰ درجه، افزایش زاویهٔ ابداکشن زانو در لحظهٔ تماس اولیه و در ۴۰ درصداول فاز اتکا مشاهده شد. اگرچه تمرین به افزایش زاویهٔ والگوس در برش ۴۵ درجه نیزمنجر شده است، این تغییرات معنادار نبوده است. دلیل افزایش بیشتر زاویهٔ والگوس در برش ۹۰ درجه این است که انجام این تکلیف حرکتی کاملاً در صفحهٔ فرونتال است؛ بنابراین دور از انتظار نیست که تغییر در زاویهٔ والگوس برای برش ۹۰ درجه از برش ۴۵ درجه بیشتر باشد. از جنبهٔ عملکردی پژوهش‌های کمی به بررسی زاویهٔ ابداکشن زانو با عملکرد اجرای حرکت برش وجود دارد؛ برای مثال پژوهش مارشال و همکاران[3] (۲۰۱۴) بین زاویهٔ والگوس و عملکرد ورزشی طی اجرای برش ۷۵ درجه ارتباط معناداری مشاهده نکردند (۳۵). در این خصوص، کاهش زاویهٔ والگوسی زانو و کاهش گشتاورهای صفحهٔ فرونتال می‌تواند طی اجرای حرکت برش استراتژی بهینه برای کاهش خطر آسیب ACL بدون به‌خطر انداختن عملکرد شناخته شود. به نظر می‌رسد تمرین سبب افزایش خطر آسیب از طریق افزایش زاویهٔ ابداکشن زانو شده است. از دیگر دلایل احتمالی اینکه تمرین تأثیر مثبتی بر جنبه‌های مرتبط با آسیب نداشته می‌توان به کوتاه بودن مدت‌زمان دورهٔ تمرینی اشاره کرد. بدین منظور پیشنهاد می‌شود مربیان ورزشی در کنار

2. Cortes
2. Kristianslund, et al.
4. Marshall

بهبود جنبهٔ عملکردی این تمرینات، برای کاهش خطرات آسیب تمرینات دیگری از قبیل تمرینات قدرتی عضلات مفصل زانو در صفحهٔ فرونتال و اصلاح تکنیک را نظر بگیرند.

در پژوهش حاضر در مقایسهٔ گشتاور اداکتور خارجی بین دو برش ۴۵ و ۹۰ درجه تفاوت معناداری مشاهده نشد، اما در مقایسه اثر شش هفته تمرین روی سطح شن تفاوت معناداری در برش‌های ۴۵ و ۹۰ درجه مشاهده شد. گشتاور اداکتور خارجی عمدتاً توسط نیروی عکس‌العمل زمین و بازوی اهرمی تعیین می‌شود (۳۶) و عاملی مهم است که باعث تخریب غضروف مفصلی و پیشرفت بیماری در بخش میانی زانو می‌شود (۳۷). تلفر و همکاران[1] در سال ۲۰۱۷ نشان دادند که سرعت حرکت در گشتاور اداکتور خارجی اثرگذار است (۳۸). در پژوهش حاضر، پس از شش هفته تمرین روی سطح شن تفاوت معناداری در سرعت اجرای برش‌های ۴۵ و ۹۰ درجه یافت شد. درواقع، این دورهٔ تمرینی از طریق افزایش سرعت اجرای حرکت، باعث بهبود عملکرد فوتسالیت‌ها طی اجرای برش‌ها شده است. در ادبیات پژوهش مربوط به سطح شن، افزایش سرعت متعاقب تمرین روی سطح شن نیز مشاهده شده است (۳۹). به‌نظر می‌رسد افزایش گشتاور اداکتور خارجی در برش‌های ۴۵ و ۹۰ درجه پس از شش هفته تمرین روی سطح شن، به علت افزایش سرعت فوتسالیت‌ها طی اجرای برش‌ها باشد.

پژوهش حاضر دارای محدویت هایی بود؛ ازجمله نبود گروه کنترل برای مقایسهٔ نتایج مربوط به اثر تمرین. شش هفته تمرین ممکن است به‌اندازهٔ کافی برای تغییرات بیومکانیکی مناسب نباشد و این احتمال وجود دارد که تأثیر مثبت تمرین بر عملکرد ورزشکاران پس از دوره‌های بی‌تمرینی کاهش پیدا کند. کنترل نشدن سرعت اجرای تکنیک برش جانبی و بررسی نشدن اثر یادگیری حرکت بر روند بهبود عملکرد ورزشکاران از دیگر محدویت‌های پژوهش بود.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد تمرین روی سطح شن باعث افزایش زاویهٔ ابداکشن زانو در برش ۹۰ درجه، گشتاور اداکتور خارجی زانو در برش‌های ۴۵ و ۹۰ درجه، افزایش سرعت حرکت در جهت داخلی-خارجی در برش ۹۰ درجه و افزایش سرعت در جهت قدامی-خلفی در برش‌های ۴۵ و ۹۰ درجه شده است. تمرینات روی شن از طریق افزایش سرعت اجرا باعث بهبود عملکرد در مهارت شده است؛ با وجود این، شاخص‌های مرتبط با آسیب، افزایش بار بر مفصل زانو را نشان می‌دهند. باید در نظر داشت که ورزشکاران تمرینات روی سطح شن را با هدف افزایش عملکرد انجام می‌دهند و از طرفی لازمهٔ این بهبود در عملکرد احتمالاً با افزایش به کارگیری عضلات و نیروها و در نتیجه بارهای مفصلی همراه است. نتیجه‌گیری در مورد اینکه این افزایش در بارهای مفصلی تا چه اندازه باعث بروز آسیب در ورزشکاران می‌شود نیازمند پژوهش‌های گسترده‌تر است.

1. Telfer

تشکر و قدردانی

از ادارۀ ورزش و جوانان استان مازندران که از این پژوهش حمایت مالی کردند و همچنین مربیان و بازیکنان باشگاه محبوب نوشهر که در انجام پژوهش حاضر کمال همکاری را داشتند سپاسگزارم.

آنچه تاکنون در مورد موضوع پژوهش می‌دانستیم

پژوهش‌هایی در مورد اثر آنی دویدن روی سطح مختلف مانند شن وجود دارد که نشان داده‌اند سطح شن عملکرد بیومکانیک اندام تحتانی را بهبود می‌بخشد. یکی از راه‌کارها برای کاهش خطر بروز آسیب رباط ACL در حرکات پرخطر مانند برش، تقویت و بهبود هماهنگی عضلات اطراف مفصل زانوست.

مقالۀ حاضر چه اطلاعات جدیدی به حیطه و موضوع این مطالعه اضافه کرده است؟

تمرین روی سطح شن از طریق افزایش زاویۀ ابداکشن زانو و گشتاور اداکتور خارجی در حرکت برش جانبی از طریق افزایش سرعت حرکت در جهت داخلی-خارجی و قدامی-خلفی سبب افزایش بار روی مفصل زانو در برش‌های ۴۵ و ۹۰ درجه و بهبود عملکرد در مهارت شده است.

پیام مقاله

تمرینات روی شن از طریق افزایش سرعت اجرا می‌تواند به بهبود عملکرد در مهارت برش جانبی فوتسال منجر شود، با وجود این با در نظر گرفتن شاخص‌های مرتبط با آسیب تمرینات موجب افزایش بار بر مفصل زانو شده است. باید در نظر داشت که ورزشکاران تمرینات روی سطح شن را با هدف افزایش عملکرد انجام می‌دهند و از طرفی لازمۀ این بهبود در عملکرد احتمالاً با افزایش به-کارگیری عضلات و نیروها و در نتیجه، بارهای مفصلی همراه است. بنابراین، ورزشکاران و مربیان باید اجرای تمرینات ورزشی روی سطح شن را برای بهبود عملکرد مدنظر قرار دهند و هنگام استفاده از این تمرینات با هدف کاهش آسیب، سایر پروتکل‌های تمرینی مانند تقویت عضلات نیز به‌صورت تخصصی مد نظر قرار گیرد.

منابع

1. Schmikli, S.L., et al., *National survey on sports injuries in the Netherlands: target populations for sports injury prevention programs.* Clinical Journal of Sport Medicine, 2009. 19(2): p. 101-106.
2. Angoorani, H., et al., *Injuries in Iran futsal national teams: a comparative study of incidence and characteristics.* Asian journal of sports medicine, 2014. 5(3.(

3. ULUÖZ, E., *Investigation of sport injury patterns in female futsal players.* International Journal of Sport Culture and Science, 2016. 4(4 :(p. 474-488.
4. Varkiani, M.E., M.H. Alizadeh, and L. Pourkazemi, *The epidemiology of futsal injuries via sport medicine federation injury surveillance system of Iran in 2010.* Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2013. 82: p. 946-951.
5. Waldén, M., et al., *Three distinct mechanisms predominate in non-contact anterior cruciate ligament injuries in male professional football players: a systematic video analysis of 39 cases.* British journal of sports medicine, 2015. 49(22): p. 1452-1460.
6. Pollard, C.D ,.et al., *A biomechanical comparison of dominant and non-dominant limbs during a side-step cutting task.* Sports biomechanics, 2018.
7. Havens, K.L. and S.M. Sigward, *Joint and segmental mechanics differ between cutting maneuvers in skilled athletes.* Gait & posture, 2015. 41(1): p. 33-38.
8. Tsang, K.K. and A.A. DiPasquale, *Improving the Q: H strength ratio in women using plyometric exercises.* The Journal of Strength & Conditioning Research, 2011. 25(10): p. 2740-2745.
9. Pinnington, H.C., et al., *Kinematic and electromyography analysis of submaximal differences running on a firm surface compared with soft, dry sand.* European journal of applied physiology, 2005. 94(3): p. 242-253.
10. Berger, D., *Early season sand training.* Harrier, 1980. 7(1): p. 6y
11. Pinnington, H.C. and B. Dawson, *The energy cost of running on grass compared to soft dry beach sand.* Journal of Science and Medicine in Sport, 2001. 4(4): p. 416-430.
12. Singh, A., G. Sakshi, and S.J. Singh, *Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and selected sportspecific performance variables in hockey players.* Journal of Human Sport and Exercise, 2014. 9(1): p. 59-67.
13. Gaudino, P., et al., *Biomechanics and predicted energetics of sprinting on sand: hints for soccer training.* Journal of Science and Medicine in Sport, 2013. 16(3): p. 271-275.
14. Besier, T.F., et al., *External loading of the knee joint during running and cutting maneuvers.* Medicine and science in sports and exercise, 2001. 33(7): p. 1168-1175.
15. Jones ,P.A., L. Herrington, and P. Graham-Smith, *Braking characteristics during cutting and pivoting in female soccer players.* Journal of Electromyography and Kinesiology, 2016. 30: p. 46-54.
16. Kiapour, A.M., et al., *Strain response of the anterior cruciate ligament to uniplanar and multiplanar loads during simulated landings: implications for injury mechanism.* The American journal of sports medicine, 2016. 44(8): p. 2087-2096.
17. Dai, B., et al., *Biomechanical characteristics of an anterior cruciate ligament injury in javelin throwing.* Journal of Sport and Health Science, 2015. 4(4): p. 333-340.
18. Kristianslund, E., et al., *Sidestep cutting technique and knee abduction loading: implications for ACL prevention exercises.* British journal of sports medicine ,2014. 9(48): P. 779-783.
19. Koga, H., et al., *Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball.* The American journal of sports medicine, 2010. 38(11): p.۲۲۱۸-۲۲۲۵ .

20. Dai, B., et al., *The effect of performance demands on lower extremity biomechanics during landing and cutting tasks.* Journal of sport and health science, 2019. 8(3): p. 228-234.
21. Davies-Tuck, M.L., et al., *Association between meniscal tears and the peak external knee adduction moment and foot rotation during level walking in postmenopausal women without knee osteoarthritis: a cross-sectional study.* Arthritis research & therapy, 2008. 10(3): p. 1-7.
22. Dos'Santos, T., et al., *The effects of six-weeks change of direction speed and technique modification training on cutting performance and movement quality in male youth soccer players.* Sports, 2019. 7(9): p. 205.
23. Vanrenterghem, J., et al., *The effect of running speed on knee mechanical loading in females during side cutting.* Journal of biomechanics, 2012. 45(14): p. 2444-2449.
24. Ford, K.R., G.D. Myer, and T.E. Hewett, *Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players.* Medicine & Science in Sports & Exercise, 2003. 35(10): p. 1745-1750.
25. Leporace, G., et al., *Influence of a preventive training program on lower limb kinematics and vertical jump height of male volleyball athletes.* Physical Therapy in Sport, 2013. 14(1): p. 35-43.
26. Greska, E., et al., *Biomechanical differences related to leg dominance were not found during a cutting task.* Scandinavian journal of medicine & science in sports, 2017. 27(11): p. 1328-1336.
27. Schreurs, M.J., A. Benjaminse, and K.A. Lemmink, *Sharper angle, higher risk? The effect of cutting angle on knee mechanics in invasion sport athletes.* Journal of biomechanics, 2017. 63: p. 144-150.
28. Dai, B., et al., *Anterior cruciate ligament injuries in soccer: Loading mechanisms, risk factors, and prevention programs.* Journal of Sport and Health Science, 2014. 3(4): p. 299-306.
29. Svenningsen, F.P., M. de Zee, and A.S. Oliveira, *The effect of shoe and floor characteristics on walking kinematics.* Human movement science, 2019. 66: p. 63-72.
30. Gortsila, E., et al., *Effect of training surface on agility and passing skills of prepubescent female volleyball players.* Journal of Sports Medicine & Doping Studies, 2013. 3.
31. Fox, A.S., *Change-of-direction biomechanics: is what's best for anterior cruciate ligament injury prevention also best for performance?* Sports Medicine, 2018. 48(8): p. 1799-1807.
32. Sigward, S.M., G.M. Cesar, and K.L. Havens, *Predictors of frontal plane knee moments during side-step cutting to 45 and 110 men and women: Implications for ACL injury.* Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine, 2015. 25(6): p. 529.
33. Cortes, N., J. Onate, and B. Van Lunen, *Pivot task increases knee frontal plane loading compared with sidestep and drop-jump.* Journal of sports sciences, 2011. 29(1): p. 83-92.
34. Jones, P.A., L.C. Herrington, and P. Graham-Smith, *Technique determinants of knee joint loads during cutting in female soccer players.* Human movement science, 2015. 42: p. 203-211.

35. Marshall, B.M., et al., *Biomechanical factors associated with time to complete a change of direction cutting maneuver.* The Journal of Strength & Conditioning Research, 2014. 28(10): p. 2845-2851.
36. Foroughi, N., R. Smith, and B. Vanwanseele, *The association of external knee adduction moment with biomechanical variables in osteoarthritis: a systematic review.* The Knee, 2009. 16(5): p. 303-309.
37. Miyazaki, T., et al., *Dynamic load at baseline can predict radiographic disease progression in medial compartment knee osteoarthritis.* Annals of the rheumatic diseases, 2002. 61(7): p. 617-622.
38. Telfer, S., M.J. Lange, and A.S. Sudduth, *Factors influencing knee adduction moment measurement: a systematic review and meta-regression analysis.* Gait & posture, 2017. 58: p. 333-339.
39. Hammami, M., et al., *The effect of a sand surface on physical performance responses of junior male handball players to plyometric training.* BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation, 2020. 12(1): p. 1-8.

ارجاع‌دهی

جلیلیان گلاره، حسینی‌نژاد سیداسماعیل، سالاری‌اسکر فاطمه، میردار شادمهر. اثر شش هفته تمرین روی سطح شن بر متغیرهای بیومکانیکی مرتبط با آسیب رباط صلیبی قدامی و علمکرد برش جانبی دختران فوتسالیست نوجوان. مطالعات طب ورزشی. بهار و تابستان ۱۴۰۰؛ ۱۳(۲۹)، ۷۴-۲۵۳.
شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/SMJ.2021.11193.1528

Jalilian G, Hoseininejad S. E, Salari-Esker F, Mirdar Sh. The Effect of Six Weeks Sand Surface Training on the Biomechanical Variables Associated with Anterior Cruciate Ligament Injury and Side-Cutting Performance in Adolescent Female Futsal Players. Sport Medicine Studies. Spring & Summer 2021; 13 (29): 253-74. (Persian). Doi: 10.22089/SMJ.2021.11193.1528