



The effect of 6 weeks of neuromuscular training on dynamic knee valgus in adolescent volleyball players: A Randomized Controlled Study

OmranZadeh, Ali^{1a}., Ahmadi, Malek^{1b*}

1.MSc^a, Associate professor^b, Department of Sport Sciences, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran.

Received August 2024; Accepted October 2024

Keywords

Neuromuscular
training,
Dynamic
knee valgus,
Volleyball,
Adolescent,
Landing mechanics,

Abstract

Background and Aim: Dynamic knee valgus in volleyball, which involves landing and deceleration, can lead to injuries. The present study aimed to investigate the effect of 6 weeks of neuromuscular training on the degrees of dynamic knee valgus in adolescent volleyball players.

Methods: Thirty male volleyball players aged 14-18 were selected through purposive non-probability sampling and randomly assigned to experimental (N=15) and control (N=15) groups. Dynamic knee valgus was measured using the single-leg landing test in both pre-test and post-test phases. The experimental group performed neuromuscular training for 6 weeks, with 3 weekly sessions, each lasting 45 minutes. The control group continued with their regular training routine.

Results: The analysis of covariance revealed a significant difference in the mean degree of dynamic knee valgus between the two groups in the post-test ($p=0.001$), with the experimental group showing a reduction in dynamic knee valgus compared to the control group.

Conclusion: These findings underscore the importance of neuromuscular training in reducing dynamic knee valgus in adolescent volleyball players. Therefore, it is recommended that coaches integrate neuromuscular training alongside specialized volleyball exercises.

* Corresponding Author: Tel: 09144482115

✉ Email: Malek.ahmadi@iau.ac.ir

Orcid Code: 0000-0003-3118-8491

Extended Abstract

Introduction

Overhead sports such as volleyball require athletes to perform frequent jumping and landing movements. Knee alignment during landing, particularly in the frontal plane, is a significant risk factor for anterior cruciate ligament (ACL) injuries. Volleyball players, in particular, are at higher risk due to the repetitive nature of these movements. Given the high incidence and substantial rehabilitation costs of ACL injuries, injury prevention strategies have gained increasing attention. Various training programs have been developed to mitigate knee ligament injuries, many of which focus on controlling risk factors such as dynamic knee valgus.

Previous studies have examined the effects of neuromuscular training, either independently or in combination with strength and plyometric exercises, on reducing dynamic knee valgus. For instance, Shahheidari et al. (2018) found that three weeks of neuromuscular training significantly reduced knee valgus angles in athletes (9). Similarly, Saki et al. (2019) demonstrated that an eight-week plyometric training program effectively decreased dynamic knee valgus in physically active participants (10). Other studies, such as those by Babagoltabar and Nourasteh (2023), have also reported significant reductions in knee valgus following neuromuscular training in soccer players (11). Additionally, specific training protocols, including plyometric and core stability exercises, have been introduced to improve knee kinematics. However, some studies have reported no significant effects of certain training interventions on knee valgus reduction, highlighting inconsistencies in the existing literature.

Despite prior research on movement-based training interventions, further investigation is warranted. First, previous findings have been inconsistent, with some studies reporting significant reductions in knee valgus and others showing no substantial effect. Second, limited research has focused on dynamic knee valgus in male volleyball players, a population particularly susceptible

to frequent jumping and landing movements. Finally, given that the study population consists of adolescent athletes (ages 14–18), understanding movement patterns at this developmental stage is crucial for long-term joint health. Early identification and prevention of maladaptive movement patterns may inform training and rehabilitation strategies to enhance movement mechanics and reduce knee valgus in young athletes. Therefore, this study examines the effects of a six-week neuromuscular training program on dynamic knee valgus in volleyball players.

Method

The current research was semi-experimental with a pre-test-post-test design conducted in the field. The study was approved by the Medical Sciences Ethics Committee of Islamic Azad University, Urmia Branch (Ethics Code: IR.IAU.URMIA.REC.1403.032).

15 participants were assigned to each group. Dynamic knee valgus was assessed using video analysis of a single-leg drop landing. Participants were instructed to stand on a 30 cm box and, upon command, jump forward and land on one foot at a marked point on the floor (half of their height in distance). Reflective markers were placed on the anterior superior iliac spine (ASIS), tibial tuberosity, and distal anterior tibia. A high-definition video camera (Sony 43 FDR-AX, Japan) positioned 170 cm from the landing site recorded the movement at 30 frames per second. Each participant performed three trials. The frame capturing the knee at maximum flexion was analyzed using ImageJ software (ImageMeter 3.8) to determine the knee valgus angle. The average of the three trials was recorded as the participant's dynamic knee valgus measurement.

After pre-test assessments, the experimental group participated in a progressive six-week neuromuscular training program designed to reduce ACL injury risk by improving landing mechanics. The program, validated by previous research, included a 10-minute submaximal warm-up on a stationary bike, a 40-minute main training session, 30–60 seconds of rest between sets, and a 5-minute cool-down, totaling 45–60

minutes per session. Exercises targeted balance, neuromuscular coordination, muscle strength, and proprioception. The program included double-leg squats, lunges, single-leg squats, bilateral and unilateral plyometrics, single-leg stance on an unstable surface, alternating single-leg hops, broad jumps, and vertical jumps. All squat exercises were bodyweight-based, and balance challenges were introduced using a BOSU ball.

Results

The results of the ANCOVA indicate a significant difference in the dynamic knee valgus angle between the experimental and control groups after controlling for the pre-test effect (covariate) ($p < 0.05$). Specifically, the experimental group that underwent neuromuscular training demonstrated a greater reduction in the dynamic knee valgus angle compared to the control group.

Discussion

The present study highlights that six weeks of neuromuscular training significantly reduces the dynamic knee valgus angle in adolescent volleyball players. Previous research has shown that an increased dynamic knee valgus angle during landing is a key predictor of non-contact injuries in athletes. The findings align with previous studies, such as those by Shahheidari et al. (2018) (9), Saki & Madhoosh (2019) (10), Babagoltbar & Nourosta (2023) (11), Pfile et al. (2013) (12), Jeong et al. (2021) (13), and Herrington (2010) (19), which demonstrated the positive impact of neuromuscular training on improving knee valgus across different sports. However, some studies, such as those by Ghanati et al. (2018) (14) and McCurdy et al. (2012)(16), reported no significant effects, possibly due to methodological differences, training intensity, or participant characteristics.

Several mechanisms may explain the reduction in dynamic knee valgus, including improved strength and coordination of stabilizing muscles such as the quadriceps and hamstrings, enhanced proprioception in joint capsules, muscles, and tendons, and improved movement patterns alongside increased joint stability. The combined use of stretching,

strength, and functional exercises in this study—including adductor stretching, medial hamstring strengthening, external rotator activation, and proper jump-landing techniques—likely contributed to its effectiveness.

Despite its contributions, this study has limitations, including a specific focus on adolescent male volleyball players, the potential influence of uncontrolled volleyball training activities, and the relatively short six-week duration. Future long-term studies are needed. These findings provide valuable practical implications, highlighting the importance of neuromuscular training for coaches, trainers, and sports medicine professionals in reducing knee valgus and preventing related injuries in volleyball athletes.

Clinical application

Using comprehensive neuromuscular training, the dynamic knee valgus angle can be reduced, thereby decreasing the risk of anterior cruciate ligament (ACL) injury in adolescent volleyball athletes.

Compliance with ethical guidelines

This study was conducted under the supervision of the ethics committee of the Islamic Azad University of Urmia branch, with permission issued under the number “IR.IAU.URMIA.REC.1403.032”

Funding

No financial support was used in this research.

Author's Contribution

In the current research, the practical implementation, data collection and analysis, and manuscript writing were carried out by Ali Omranzadeh, while the conceptualization, idea development, and research supervision were conducted by Malik Ahmadi.

Conflict of interest

The authors of the article declare that there is no conflict of interest in the present study.

Acknowledgments

We express our gratitude to all the volleyball players who participated in this study, as well as everyone who contributed to its implementation.



تأثیر ۶ هفته تمرینات عصبی-عضلانی بر والگوس داینامیک زانو در والیبالیست‌های نوجوان: یک مطالعه تصادفی کنترل دار

علی عمران زاده^۱، مالک احمدی^{۲*}

۱- کارشناس ارشد^۱، دانشیار^۲، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران.

مقاله پژوهشی

دریافت شهریور ۱۴۰۳؛ پذیرش آبان ۱۴۰۳

واژگان کلیدی

تمرین عصبی-عضلانی،

والگوس داینامیک زانو،

والیبال،

نوجوان،

مکانیک فرود

چکیده

زمینه و هدف: والگوس داینامیک زانو در ورزش والیبال که نیازمند فرود و کاهش شتاب است، می‌تواند باعث ایجاد آسیب‌دیدگی شود. هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر ۶ هفته تمرینات عصبی-عضلانی بر میزان والگوس داینامیک زانوی والیبالیست‌های نوجوان بود.

روش بررسی: تعداد ۳۰ بازیکن والیبال پسر ۱۸-۱۴ سال با روش نمونه‌گیری غیراحتمالی هدفمند انتخاب شدند و به طور تصادفی در گروه‌های تجربی (۱۵ نفر) و گروه کنترل (۱۵ نفر) قرار گرفتند. والگوس داینامیک زانو با آزمون فرود تک پا در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون اندازه‌گیری شد. گروه تجربی به مدت ۶ هفته و هر هفته ۳ جلسه به مدت ۴۵ دقیقه تمرینات عصبی-عضلانی را انجام دادند. گروه کنترل برنامه عادی تمرینی خود را انجام دادند.

نتایج: نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که تفاوت معناداری بین میانگین درجه والگوس داینامیک زانوی دو گروه در پس‌آزمون وجود دارد ($p = 0/001$). به طوری که والگوس داینامیک زانو در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل کاهش یافته بود.

نتیجه‌گیری: در کل، نتایج این پژوهش نشان‌دهنده اهمیت تمرینات عصبی-عضلانی در کاهش والگوس داینامیک زانو در بازیکنان نوجوان والیبال است. از این رو، توصیه می‌شود که مربیان، به‌طور همزمان با تمرینات تخصصی والیبال، از تمرینات عصبی-عضلانی استفاده کنند.

مقدمه

به دلیل نقش کلیدی زانو در حرکت و انتقال نیروهای وارده از اندام فوقانی به اندام تحتانی، این مفصل به طور مداوم در معرض فشارهای مکانیکی و نیروهای آسیب‌زا قرار دارد. از این رو، آسیب‌دیدگی زانو یکی از شایع‌ترین مشکلات در افراد فعال و ورزشکاران است. طیف وسیعی از آسیب‌های زانو، از کشیدگی و پارگی‌های بافت نرم گرفته تا آسیب‌های جدی‌تر مانند پارگی لیگامان‌ها و مینیسک، می‌تواند عملکرد ورزشی و روزمره افراد را تحت تأثیر قرار دهد (۱).

در بین عناصر ساختاری زانو نگهدارنده‌های استاتیکی، بخصوص لیگامان‌های متقاطع زانو آسیب‌پذیری بالایی دارند و تحت تأثیر مکانیسم‌های متفاوتی قرار می‌گیرند. برخی از آسیب‌های لیگامان ناشی از برخورد و اعمال نیروی خارجی مستقیم به زانو است همچنین، لیگامان‌های زانو بدون اعمال نیروی خارجی دچار آسیب می‌شوند. به همین جهت چنین آسیب‌های را در گروه آسیب‌های غیربرخوردی دسته‌بندی می‌کنند (۲). آسیب‌های غیربرخوردی لیگامان متقاطع قدامی در فاز کاهش شتاب حین فرود متعاقب پرش یا طی حرکات پرشی، بسیار شایع است. زانو در حالت ایستاده حین تحمل وزن بصورت باز شده و صاف قرار دارد ولی در فاز فرود متعاقب پرش، بطور مکرر متحمل بار اضافی ناشی از والگوس داینامیک می‌شود (۱). برای توضیح علت آسیب‌دیدگی غیربرخوردی لیگامان چندین نظریه مطرح است برخی مدعی اند که انتقال قدامی استخوان درشت نی ناشی از فعالیت شدید عضلات چهارسر ران باعث آسیب لیگامان متقاطع قدامی می‌شود و برخی دیگر، گرفتادگی این لیگامان در کندیل ران متعاقب والگوس و چرخش استخوان درشت نی را علت آسیب ذکر می‌کنند (۱). با وجود اینکه هر یک از مکانیسم‌ها حرکات زانو را در صفحات مختلفی توصیف می‌کنند ولی مطالعات ویدیویی در حین آسیب و بررسی‌های بعد از آسیب نشان می‌دهد که حرکت والگوس در صفحه فرونتال سهم بیشتری را در بروز آسیب‌های لیگامان متقاطع قدامی به خود اختصاص می‌دهد (۳).

اندازه‌گیری راستای استاتیک زانو بسیار ساده است و تحقیقات قبلی راستای استاتیک زانو را اغلب به عنوان عامل خطرزا در آسیب غیر برخوردار لیگامان متقاطع قدامی در نظر می‌گرفتند ولی مطالعات بعدی نشان داد که راستای استاتیک زانو مثل زاویه Q و والگوس زانو در میزان والگوس

دینامیک زانو نقش چندانی ندارد (۴). بر این اساس مطالعات جدیدتر با استفاده از تکنیک‌های ویدیویی بررسی والگوس دینامیک زانو حین فرود را مد نظر قرار دادند (۵). مفصل زانو طی فرود در معرض فشارهای زیادی قرار می‌گیرد که منشأ این فشارها از حرکت و وزن بالا تنه و همچنین نحوه عملکرد مفصل مچ پا حین فرود می‌باشد (۶). به موازات افزایش میزان والگوس دینامیک زانو، میزان نیروهای وارده بر پایدارکننده‌های استاتیکی زانو مانند لیگامان متقاطع قدامی افزایش می‌یابد و در نتیجه، احتمال آسیب‌دیدگی نیز بیشتر می‌شود (۷).

ماهیت رشته‌های ورزشی بالای سر نظیر والیبال، هندبال و بسکتبال ایجاب می‌کند که ورزشکاران پرش‌ها و فرودهای مکرری را در حین تمرین و بازی انجام دهند. راستای زانو حین فرود و حرکات آن در صفحه فرونتال که اغلب در جهت والگوس زانو است عامل خطرزای مهمی در آسیب‌دیدگی لیگامان متقاطع قدامی محسوب می‌شود. بنابراین، این گروه از ورزشکاران به ویژه در بازیکنان والیبالسیت، در معرض خطر بیشتری برای وقوع آسیب‌دیدگی لیگامان متقاطع قدامی قرار می‌گیرند (۵).

شیوع بالای آسیب‌های لیگامانی و هزینه‌های درمانی و توانبخشی زیاد، همواره ایده پیشگیری و کنترل آسیب‌های ورزشی را تقویت کرده است. از این رو برنامه‌ها و پروتکل‌های مختلفی با هدف پیشگیری، کاهش و کنترل آسیب‌های لیگامانی زانو توسعه یافته است. عمده این برنامه‌های پیشگیری، با هدف کنترل عوامل خطرزای گوناگونی نظیر والگوس دینامیک طراحی شده است (۸).

مطالعات پیشین تأثیر تمرینات حرکتی عصبی عضلانی را چه به‌طور مجزا و چه به‌صورت ترکیبی با تمرینات قدرتی و پلايومتریک، به‌عنوان روشی مؤثر در کاهش زاویه والگوس دینامیک زانو مورد بررسی قرار داده‌اند. شاه‌حیدری و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد سه هفته تمرینات عصبی-عضلانی بر کاهش زاویه والگوس زانوی ورزشکاران فعال در رشته‌های ورزشی مختلف، تأثیر معنادار دارد (۹). ساکی و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر معنادار ۸ هفته تمرینات پلايومتریک بر کاهش زاویه والگوس پویای زانو را در شرکت‌کنندگان فعال بدنی نشان دادند (۱۰).

باباگل تبار و نورسته (۲۰۲۳)، در مطالعه‌ای نشان دادند تمرینات عصبی عضلانی بر زاویه والگوس دینامیک زانو در

سنین در حال رشد هستند، می‌تواند مبنایی برای طراحی برنامه‌هایی تمرینی و توانبخشی باشد که به بهبود الگوی حرکتی و کاهش والگوس زانو در این سنین رشد کمک کند. از این رو، در این مطالعه، تأثیر شش هفته تمرینات عصبی-عضلانی بر زاویه والگوس دینامیک زانو در بازیکنان والیبال مورد بررسی قرار گرفته است.

روش تحقیق

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با دو گروه کنترل و تجربی می‌باشد. تحقیق حاضر با کد اخلاق IR.IAU.URMIA.REC.1403.032 در کمیته اخلاق علوم پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارومیه، ثبت شده است.

جامعه و نمونه آماری

۱۶۰ نفر از نوجوانان ۱۴ تا ۱۸ سال، با سابقه ۲ سال مشارکت فعال در والیبال غربالگری شدند و هرکدام که میزان والگوس دینامیک بالای ۱۵ درجه داشتند (۱۸) شرط حضور در تحقیق را بدست آوردند. معیارهای خروج شامل وجود سابقه آسیب‌های لیگامنتی و مینیسک در دو سال گذشته، سابقه جراحی مفصل زانو و مچ پا، هرگونه اختلال اسکلتی - عضلانی، و سابقه کمردرد بود. تعداد نمونه‌های مورد نیاز بر اساس یک مطالعه ابتدایی با در نظر گرفتن آلفای ۰.۰۵ و توان آماری ۰.۸ با استفاده از نرم افزار جی پاور ۱۲ نفر تعیین شد که با در نظر گرفتن احتمال ریزش نمونه‌ها ۱۵ نفر برای هر گروه تعیین شد. برای تخصیص افراد در گروه تجربی و کنترل الگوی استاندارد گروه بندی تصادفی بر اساس نرم افزار Random allocation 1.0 مورد استفاده قرار گرفت (۱۹) و سپس نمونه‌های تحقیق در پیش‌آزمون و پس‌آزمون شرکت کردند.

روند اندازه‌گیری متغیر تحقیق

والگوس دینامیک زانو به روش ضبط ویدیویی و تحلیل فیلم فرود از پرش تک پا صورت گرفت. ابتدا شیوه اجرای پرش یک پا برای تمام نمونه‌ها توصیف شد تا نمونه‌ها به شیوه مشابه عمل کنند. بدین صورت که از آزمودنی خواسته شد بر روی جعبه‌ای به ارتفاع ۳۰ سانتیمتر بایستد و با شنیدن فرمان پرش از روی تخته با یک پا روی نقطه‌ای که روی زمین، به اندازه نصف طول قد هر شرکت‌کننده، علامت گذاری شده بود، فرود آید (۲۰) بر روی لگن (ASIS)،

فوتبالیست‌های با والگوس زانو را تأثیر معناداری دارد (۱۱). پروتکل‌های تمرینی خاصی برای بهبود کینماتیک زانو طی آزمون‌های فرود-پرش، مانند پروتکل تمرینات پلایومتریک پایل و همکاران (۲۰۱۳) (۱۲) و پروتکل تمرینات ثبات میان‌تنه جئونگ و همکاران (۲۰۲۰) (۱۳) ارائه شده است. پایا و همکاران (۲۰۱۳)، نشان دادند چهار هفته تمرینات تمرینات پلیومتریک می‌تواند کاهش معناداری در زاویه فلکشن و چرخش داخلی زانو و گشتاور فلکشن و ابداکشن زانو داشته باشد (۱۲). جئونگ و همکاران (۲۰۲۰)، نیز نشان دادند ۱۰ هفته تمرینات قدرتی میان‌تنه همراه با تمرینات کششی عضلات پایین تنه، می‌تواند بر کاهش زاویه والگوس دینامیک زانو در طی حرکات برشی کمک کند (۱۳). با این وجود، برخی نتایج پژوهش‌ها تأثیر معناداری نشان نداده‌اند. قناتی و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند هشت هفته تمرینات استراتژی‌های یادگیری حرکتی، تأثیر معناداری در زاویه والگوس دینامیک زانو ندارد (۱۴). مک کاردی و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان دادند هشت هفته تمرینات مقاومتی بر زاویه والگوس زانو طی آزمون فرود-پرش شرکت‌کنندگان با سابقه ورزش دبیرستانی، تأثیری ندارد (۱۵). نتایج پژوهش علی مرادی و همکاران (۲۰۲۱) نیز تأثیر معنادار یک برنامه تمرینی پرشی بر زاویه والگوس زانوی هندبالیست‌ها در فرود با شرایط خستگی نشان ندادند (۱۶).

با وجود پژوهش‌های انجام شده در زمینه تأثیر تمرینات مختلف حرکتی بر زاویه والگوس زانو، چندین مساله نیاز به پژوهش بیشتر را ایجاب می‌کند. اول اینکه یافته‌های قبلی، نتایج متضادی را گزارش کرده‌اند. برخی پژوهش‌های قبلی تأثیر کاهش تمرینات مختلف بر کاهش زاویه والگوس دینامیک زانو را حین فرود ورزشکاران نشان داده‌اند (۹، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۷). با این وجود، برخی نتایج تأثیر معناداری را نشان نداده‌اند (۱۴-۱۶). از طرفی، تحقیقات محدودی در زمینه والگوس دینامیک زانو در ورزش والیبال مردان انجام شده است، در حالی که والیبال ورزشی است که به طور مداوم شامل حرکات پرش و فرود می‌باشد. و نهایت اینکه، جامعه مورد مطالعه، نوجوانان ۱۴ تا ۱۸ سال بودند. والگوس دینامیک زانو در سنین نوجوانی می‌تواند به مشکلات مفصلی طولانی‌مدت منجر شود. مطالعه در این زمینه می‌تواند به شناسایی و پیشگیری زودهنگام الگوهای حرکتی آسیب‌زا کمک کند. همچنین، مطالعه این آسیب در نوجوانان که در

پروتکل تمرینی

پس از انجام تست های پیش آزمون، تمامی ورزشکاران گروه تجربی در یک برنامه تمرینی پیشرونده عصبی عضلانی ۶ هفته ای تحت نظارت شرکت کردند که هدف آن کاهش خطر آسیب دیدگی لیگامان متقاطع قدامی با تاکید بر مکانیک بهینه فرود بود و یافته های قبلی اثربخشی آن را تایید کرده اند (۲۲). برنامه تمرینی شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن زیر بیشینه با دوچرخه ثابت، ۴۰ دقیقه بخش اصلی، ۳۰ تا ۶۰ ثانیه استراحت بین هر ست و ۵ دقیقه برای سرد کردن در نظر گرفته شده بود و تکمیل این برنامه در یک جلسه ۴۵ تا ۶۰ دقیقه زمان صرف می کرد. تمرینات و حرکات بکار گرفته شده شامل تعادل، هماهنگی عصبی-عضلانی، قدرت عضلانی و حس عمقی بودند. تمرینات عصبی-عضلانی شامل اسکات دو پا، لانج، اسکات تک پا، پرش های دو پا، ایستادن تک پا روی سطح ناپایدار، پرش های حرکت متقابل تک پا، جهش طولی و پرش های بلند ایستاده تک پا بود (۲۲). تمام تمرینات اسکات با وزن بدن انجام شد. برای ایجاد سطوح ناپایدار جهت به چالش کشیدن تعادل از توپ تعادلی (بوسوبال) استفاده شد. پروتکل تمرینی در جدول ۱ آورده شده است.

روش آماری

برای بررسی تغییرات درون گروهی از پیش آزمون تا پس آزمون، از روش های آماری تی همبسته و برای مقایسه تفاوت های بین گروهی از آزمون تحلیل کوواریانس در سطح معناداری پنج صدم استفاده شد ($\alpha = 0.05$). محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۵ انجام شد.

برجستگی درشتنی و قسمت قدامی دیستال درشتنی شرکت کننده مارکر چسبانده شده بود. کلیه این مراحل از لحظه شروع فرمان پرش تا پریدن روی یک پا و کنترل بدن پس از فرود، توسط دوربین ویدیویی (سونی ۴۳ FDR-AX، ساخت شرکت Sony Corporation، در کشور ژاپن) که در فاصله ۱۷۰ سانتی متری محل فرود نصب شده بود و قابلیت فیلم برداری با کیفیت بالا و ۳۰ فریم در ثانیه را داشت ضبط شد و هر شرکت کننده سه بار این فرایند را اجرا کرد. برای استخراج داده ها هر فریم بررسی شد و فریمی که زانو در حداکثر فلکشن بود جدا شده و به نرم افزار (imagemeter 3.8) منتقل شد. بر اساس نقاط علامت گذاری شده میزان والگوس دینامیک هر کدام از شرکت کنندگان مشخص گردید (شکل ۱). میانگین سه پرش به عنوان اندازه والگوس دینامیک هر فرد در نظر گرفته شد (۲۱).



شکل ۱. نحوه اندازه گیری والگوس دینامیک زانو

جدول ۱. پروتکل تمرینات عصبی عضلانی در طول ۶ هفته

تمرین	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم	هفته ششم
اسکات با دو پا	۳ * ۶					
لانج با راه رفتن	۳ * ۶					
اسکات تک پا	۳ * ۶	۴ * ۸	۴ * ۸	۴ * ۱۲		
پرش از ارتفاع با دو پا		۳ * ۶	۴ * ۱۰	۴ * ۱۲		
ایستادن روی یک پا (سطح ناپایدار)	۳۰ ثانیه * ۳	۳۰ ثانیه * ۳	۳۰ ثانیه * ۳	۳۰ ثانیه * ۴	۳۰ ثانیه * ۳	۳۰ ثانیه * ۳

۳*۶	۳*۸	۴*۸	۳*۸	۳*۶	پرش تک پا با جهش
۳*۸	۵*۱۰				پرش افقی
۳*۸	۵*۸				پرش ایستاده با یک پا

- اعداد داخل جدول: عدد کوچکتر ست و عدد بزرگتر تکرار حرکت می باشد.
- شرکت کنندگان بین هر ست، ۳۰ تا ۶۰ ثانیه استراحت داشتند.

نتایج مطالعه

وزن و شاخص توده بدنی و همچنین مقایسه این متغیرها بین دو گروه (تجربی و کنترل)، در جدول شماره ۱، آورده شده است.

ویژگی‌های توصیفی شرکت کنندگان شامل سن، قد،

جدول ۲. ویژگی‌های دموگرافیک شرکت کنندگان و مقایسه آنها در دو گروه کنترل و تجربی

ویژگی‌ها	میانگین و انحراف معیار		مقدار تی	سطح معناداری
	گروه تجربی	گروه کنترل		
سن (سال)	۱۵/۵۳±۱/۳۰	۱۵/۶۶±۱/۳۹	۰/۲۶	۰/۷۹
وزن (کیلوگرم)	۵۷/۴۶±۹/۸۹	۵۷/۱۳±۸/۰۶	-۰/۲۰	۰/۸۴
قد (متر)	۱/۷۷±۰/۷۸	۱/۷۴±۰/۵۶	-۱/۸۰	۰/۰۸
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	۱۸/۲۸±۰/۴۷	۱۸/۹۰±۰/۳۱	۱/۰۸	۰/۲۸

پیش‌آزمون و پس‌آزمون هر دو گروه انجام شد. نتایج نشان داد که توزیع داده‌ها نرمال می‌باشد ($p > 0.05$). برای تعیین تأثیر تمرینات عصبی عضلانی بر زاویه والگوس داینامیک زانو از آزمون تحلیل کوواریانس استفاده شد که نتایج در جدول ۳ گزارش شده است.

نتایج در جدول ۱، نشان می‌دهد که در ویژگی‌های دموگرافیک شامل سن، قد، وزن، و شاخص توده بدنی، بین دو گروه کنترل و تجربی تفاوت معناداری وجود ندارد ($p > 0.05$).

آزمون شاپیرو-ویلک، برای تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها در متغیر زاویه والگوس داینامیک زانو در مرحله

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس جهت تفاوت بین گروهی در میزان زاویه والگوس زانو

متغیر	گروه	میانگین	مقدار F	درجات آزادی	سطح معناداری	مجذور اتا
زاویه والگوس زانو	کنترل	۲۰/۰۶	۷۶/۵۰**	۱	۰/۰۰۱	۰/۷۳
	تجربی	۱۲/۲۰				

**معنی‌داری در سطح $p < 0.01$

تی همبسته برای تعیین تفاوت در تغییرات درون‌گروهی میزان زاویه والگوس داینامیک زانو استفاده شد که نتایج در جدول ۲ آورده شده است. بر اساس جدول (۲) میزان زاویه والگوس داینامیک زانو از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در گروه کنترل تغییر معناداری نداشته است ($p > 0.05$) و $t(14) = 0.74$. اما در گروه تجربی کاهش معناداری داشته است ($p < 0.05$) و

نتایج آزمون تحلیل کوواریانس در جدول ۳ نشان می‌دهد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون (کووریت) در میزان زاویه والگوس داینامیک زانو در دو گروه تجربی و کنترل، تفاوت معناداری وجود دارد ($p < 0.05$). به طوری که میزان درجه زاویه والگوس داینامیک زانو در گروه تمرین عصبی-عضلانی نسبت به گروه کنترل، کاهش بیشتری داشته است. از آزمون

$$t(14) = 11/14.$$

جدول ۴. نتایج آزمون تی همبسته برای تعیین تغییرات زاویه والگوس زانو از پیش آزمون تا پس آزمون در هر گروه

متغیر	گروه‌ها	میانگین و انحراف معیار پیش آزمون	میانگین و انحراف معیار پس آزمون	مقدار تی	درجات آزادی	سطح معناداری
زاویه والگوس زانو	تجربی	۲۱/۵۳±۲/۴۷	۱۲/۲۰±۲/۰۷	۱۱/۱۴**	۱۴	۰/۰۰۱
	کنترل	۲۰/۴۶±۲/۸۲	۲۰/۵۳±۲/۷۲	۰/۷۴	۱۴	۰/۴۷

**معنی داری در سطح $p < 0/01$

بحث

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تاثیر ۶ هفته تمرینات عصبی-عضلانی بر زاویه والگوس دینامیک زانو در بازیکنان والیبال نوجوانان بود. مهمترین یافته پژوهش حاضر بیانگر آن است که ۶ هفته تمرینات عصبی-عضلانی باعث کاهش زاویه والگوس دینامیک زانو در ورزشکاران والیبال می‌باشد. یافته‌های قبلی نشان داده‌اند که افزایش زاویه والگوس دینامیک زانو حین فرود، یک عامل مهم پیش‌بینی آسیب غیربرخوردی در ورزشکاران است (۲۳).

نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های پیشین مانند شاه حیدری و همکاران (۲۰۱۸)، و ساکی و مدهوش (۲۰۱۹)، باباگل تبار و نورسته (۲۰۲۳)، پفایل و همکاران (۲۰۱۳)، جنونگ و همکاران (۲۰۲۱) و هرینگتون (۲۰۱۰) که تاثیر تمرینات عصبی-عضلانی را بر بهبود وضعیت والگوس زانو در رشته‌های ورزشی مختلف نشان داده‌اند، همخوانی دارد (۹-۱۳، ۱۷). این تطابق نشان می‌دهد که چنین تمریناتی می‌توانند به عنوان راهکاری مؤثر در بهبود والگوس زانو و کاهش آسیب‌های مرتبط در ورزشکاران به کار گرفته شوند. با این حال، نتایج این پژوهش با برخی دیگر از تحقیقات مانند قناتی و همکاران (۲۰۱۸) (۱۴)، مک کواردی و همکاران (۲۰۱۲) (۱۵)، در این زمینه که اثر قابل توجهی برای این نوع تمرینات گزارش نکرده‌اند، مغایرت دارد. این تفاوت‌ها ممکن است ناشی از تفاوت‌های روش‌شناسی، نوع و شدت تمرینات مورد استفاده، یا ویژگی‌های جمعیتی شرکت‌کنندگان باشد.

جهت تبیین یافته‌های تحقیق حاضر می‌توان به برخی مکانیسم‌هایی که موجب کاهش میزان والگوس دینامیک زانو می‌شود اشاره کرد: افزایش در قدرت و هماهنگی عضلات و اطراف زانو مثل عضلات چهار سر و همسترینگ که به عنوان پایدار کننده‌های دینامیک زانو عمل می‌کنند (۲۴). بهبود عملکرد گیرنده‌های عمقی واقع در کپسول مفصلی، عضلات

و تاندون‌ها موجب بهبود در عملکرد عضلات و مفاصل می‌شود و باعث جلوگیری از انحراف زانو به داخل و افزایش والگوس دینامیک زانو می‌گردد (۲۵). همچنین اصلاح و بهبود الگوی حرکتی زانو به همراه افزایش ثبات مفصلی (۲۶) در اثر بهبود قدرت و هماهنگی عضلات ران و زانو (۲۷) موجب کنترل میزان والگوس دینامیک زانو می‌شود.

از دیگر دلایل اثرگذاری تمرینات در مطالعه حاضر می‌توان به استفاده همزمان از تمرینات کششی، قدرتی و عملکردی اشاره کرد. این تمرینات شامل کشش اداکتورهای ران، تقویت عضلات مدیال همسترینگ، عضلات چرخاننده خارجی و اداکتورهای ران، تقویت عضله سرینی بزرگ، همچنین انجام حرکات عملکردی مانند اسکات و لی، و آموزش الگوی صحیح پرش و فرود در وضعیت‌های مختلف، با هدف کاهش والگوس دینامیک زانو می‌باشد. بر اساس مطالعات پیشین، استفاده از تمرینات به صورت جامع و ترکیبی می‌تواند اثرگذاری بیشتری نسبت به تمرینات مجزا داشته باشد، زیرا موجب بهبود همزمان در قدرت، دامنه حرکتی و عملکرد می‌شود. این رویکرد یکپارچه به طور قابل توجهی دستیابی به نتایج مطلوب‌تری را در کاهش والگوس دینامیک و جلوگیری از آسیب‌های مرتبط تسهیل می‌کند.

پژوهش حاضر چندین محدودیت نیز داشت که در تعمیم نتایج باید آنها را در نظر گرفت. اول اینکه، جامعه آماری به بازیکنان والیبال پسر نوجوان محدود می‌شود که نتایج را به این گروه خاص محدود می‌کند و امکان تعمیم آن به ورزشکاران دیگر گروه‌های سنی، دیگر رشته‌های ورزشی، و دختران را کاهش می‌دهد. دوم، شرکت‌کنندگان پژوهش، بازیکنان والیبال بودند که در طول پژوهش، به تمرینات عادی والیبال نیز می‌پرداختند. بنابراین، احتمالاً علاوه بر تمرینات عصبی-عضلانی، فعالیت‌های حرکتی دیگری نیز انجام داده باشند که بر نتایج تاثیر گذاشته باشد و این فعالیتها به طور دقیق کنترل نشده باشند. سوم، مدت زمان ۶ هفته ممکن

ملاحظات اخلاقی

این پژوهش زیر نظر کمیته اخلاقی دانشکده پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارومیه و با مجوز صادر شده به شماره (IR.IAU.URMIA.REC.1403.032) انجام شده است.

حمایت مالی

در این پژوهش از هیچ نوع حمایت مالی استفاده نشده است.

نقش نویسندگان

در پژوهش حاضر، اجرای عملی و جمع آوری و تحلیل داده ها، و نگارش مقاله توسط علی عمران زاده و ایده پردازی و مفهوم سازی و نظارت پژوهش توسط مالک احمدی انجام شده است.

تشکر و قدردانی

از تمامی بازیکنان نوجوان والیبال شرکت کننده در پژوهش حاضر و همه کسانی که در اجرای این پژوهش دارای نقش بودند، کمال تشکر را داریم.

تضاد منافع

این مقاله مستخرج از پایان نامه دانشجویی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد است. بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

است برای مشاهده تغییرات پایدار و بلند مدت در زاویه والگوس دینامیک زانو کافی نباشد. بنابراین، نیازمند مطالعات طولانی مدت برای بررسی اثرات طولانی مدت این تمرینات، می باشد.

یافته های این پژوهش می تواند دارای کاربردهای عملی ارزشمندی باشد. نتایج این پژوهش می تواند به عنوان بخشی از آموزش ها به مربیان، بازیکنان و پزشک ورزشی منتقل شود تا آنها با اهمیت تمرینات عصبی-عضلانی در کاهش خطر آسیب های زانو آگاه شوند. همچنین، مربیان و بدنساز تیم های والیبال می توانند از تمرینات عصبی-عضلانی برای طراحی برنامه های تمرینی ویژه بازیکنان والیبال و یا توانبخشی ورزشکارانی که در معرض خطر والگوس دینامیک زانو قرار دارند، استفاده کنند.

نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اجرای تمرینات عصبی - عضلانی، منجر به بهبود زاویه دینامیک والگوس زانو در ورزشکاران والیبالیست پسر نوجوان شد. در کل، با توجه به اهمیت والگوس دینامیک زانو به عنوان عامل موثر در ایجاد آسیب های غیر برخوردی زانو و آسیب هنگام فرود در لیگامان متقاطع قدامی ورزشکاران، ارزیابی و تشخیص ورزشکاران والیبال مستعد والگوس دینامیک زانو با انجام آزمون های مربوط، ضروری به نظر می رسد. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، با استفاده از تمرینات جامع عصبی-عضلانی، زاویه والگوس دینامیک زانو کاهش یافته و در نتیجه خطر آسیب به لیگامان صلیبی قدامی در این ورزشکاران کاهش یابد.

References

1. Chaudhari AM, Briant PL, Bevill SL, Koo S, Andriacchi TP. Knee kinematics, cartilage morphology, and osteoarthritis after ACL injury. *Medicine and science in sports and exercise*. 2008;40(2):215-22. doi: 10.1249/mss.0b013e31815cbb0e.
2. Nusia J, Xu J-C, Knälmann J, Sjöblom R, Kleiven S. Injury risk functions for the four primary knee ligaments. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*. 2023;11:1228922.
3. Olsen O-E, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R. Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *The American journal of sports medicine*. 2004;32(4):1002-12. doi: 10.1177/0363546503261724.
4. Skouras AZ, Kanellopoulos AK, Stasi S, Triantafyllou A, Koulouvaris P, Papagiannis G, Papathanasiou G. Clinical Significance of the Static and Dynamic Q-angle. *Cureus*. 2022;14(5):e24911. doi: 10.7759/cureus.24911.
5. Larwa J, Stoy C, Chafetz RS, Boniello M, Franklin C. Stiff landings, core stability, and dynamic knee valgus: a systematic review on documented anterior cruciate ligament ruptures in male and female athletes. *International journal of environmental research and public*

- health. 2021;18(7):3826. doi: 10.3390/ijerph18073826.
6. Mozafaripour E, Seidi F, Minoonejad H, Mousavi SH, Bayattork M. Can lower extremity anatomical measures and core stability predict dynamic knee valgus in young men? *Journal of bodywork and movement therapies*. 2021;27:358-63. doi: 10.1016/j.jbmt.2021.02.004.
7. Oatis CA. *Kinesiology: the mechanics and pathomechanics of human movement*. (No Title). 2009.
8. Mohammadi H, Daneshmandi H, Alizadeh MH, Shamsimajlan A. The effect of ACL intervention programs on the improvement of neuromuscular deficiencies and reducing the incidence of ACL injury (A review article). *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2015;4(2):159-69. Doi: 10.22037/JRM.2015.1100037.
9. Arundale AJ, Bizzini M, Giordano A, Hewett TE, Logerstedt DS, Mandelbaum B, et al. Exercise-based knee and anterior cruciate ligament injury prevention: clinical practice guidelines linked to the international classification of functioning, disability and health from the academy of orthopaedic physical therapy and the American Academy of sports physical therapy. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2018;48(9):A1-A42. doi: 10.2519/jospt.2018.0303.
10. Shahheidari S, Norasteh A, Daneshmandi H. The effect of a 3-week neuromuscular training program and its retention on the movement pattern of drop vertical jump in active girls with knee valgus. *Sport Sciences and Health Research*. 2018;10(1):35-51. doi: 10.22059/jsmed.2018.248543.868.
11. Babagoltabar Samakoush H, Norasteh A. Effect of a Neuromuscular Training on Knee Valgus, Range of Motion and Muscle Strength of Soccer Players With Dynamic Knee Valgus. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2023;12(3):486-503. Doi: 10.32598/SJRM.12.3.8
12. Saki F, Madhosh M. Effect of eight weeks plyometric training on pelvic and knee alignment in female with dynamic knee valgus. *Journal for Research in Sport Rehabilitation*. 2019;6(12):21-9. doi: 10.22080/jaep.2019.15101.1818.
13. Pfile KR, Hart JM, Herman DC, Hertel J, Kerrigan DC, Ingersoll CD. Different exercise training interventions and drop-landing biomechanics in high school female athletes. *Journal of athletic training*. 2013;48(4):450-62. doi: 10.4085/1062-6050-48.4.06.
14. Jeong J, Choi D-H, Shin CS. Core strength training can alter neuromuscular and biomechanical risk factors for anterior cruciate ligament injury. *The American journal of sports medicine*. 2021;49(1):183-92. doi: 10.1177/0363546520972990.
15. Ghanati HA, Letafatkar A, Abbasi A. Effect of motor learning strategies exercises on peak hip abduction moment, peak knee Valgus angle and performance in active participants. *Journal of Clinical Physiotherapy Research*. 2018;3(1):21-8.
16. McCurdy K, Walker J, Saxe J, Woods J. The effect of short-term resistance training on hip and knee kinematics during vertical drop jumps. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(5):1257-64. doi: 10.1519/JSC.0b013e31824f2386.
17. Alimordi Ghaleh F, Hadadnejad M, Letafatkar A, Shojaedin SS. Effect of Eight Weeks of Jump-Training Programs on Selected Factors of Kinematic in Fatigue Conditions in Men's Handball Player Premier League at the Risk of Anterior Cruciate Ligament Injury. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2021;10(1):90-101. doi: 10.22037/jrm.2020.112931.2289.
18. Wilczyński B, Zorena K, Ślęzak D. Dynamic Knee Valgus in Single-Leg Movement Tasks. Potentially Modifiable Factors and Exercise Training Options. A Literature Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(21). Doi: doi: 10.3390/ijerph17218208.
19. Herrington L. The effects of 4 weeks of jump training on landing knee valgus and crossover hop performance in female basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(12):3427-32. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181c1fcd8.
20. Lee S-U, Lee H-J, Kim Y-S. The effectiveness of ramosetron and ondansetron for preventing postoperative nausea and vomiting after arthroscopic rotator cuff repair: a randomized controlled trial. *Journal of orthopaedic surgery and research*. 2020;15:1-8. doi: 10.1186/s13018-020-02060-3.
21. Barber-Westin SD, Smith ST, Campbell T, Noyes FR. The drop-jump video screening test: retention of improvement in neuromuscular control in female volleyball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(11):3055-62. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181d83516

22. Batty LM, Feller JA, Damasena I, Behrens G, Devitt BM, Hartwig T, et al. Single-leg squat after anterior cruciate ligament reconstruction: an analysis of the knee valgus angle at 6 and 12 months. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2020;8(8): 2325967120946328. doi: 10.1177/2325967120946328.
23. Ghanati HA, Letafatkar A, Almonroeder TG, Rabiei P. Examining the influence of attentional focus on the effects of a neuromuscular training program in male athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2022;36(6):1568-75. doi: 10.1519/JSC.0000000000003681.
24. Tamura A, Akasaka K, Otsudo T, Shiozawa J, Toda Y, Yamada K. Dynamic knee valgus alignment influences impact attenuation in the lower extremity during the deceleration phase of a single-leg landing. *PLoS One*. 2017;12(6):e0179810. doi: 10.1371/journal.pone.0179810.
25. Myer GD, Ford KR, PALUMBO OP, Hewett TE. Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2005;19(1):51-60. doi: 10.1519/13643.1.
26. Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: prospective biomechanical-epidemiologic study. *The American journal of sports medicine*. 2007;35(7):1123-30. doi: 10.1177/0363546507301585.
27. Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY, et al. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *The American journal of sports medicine*. 2005;33(7):1003-10. doi: 10.1177/0363546504272261.
28. Hewett TE, Ford KR, Myer GD. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention. *The American journal of sports medicine*. 2006;34(3):490-8. doi: 10.1177/0363546505282619.