

Research Paper



Comparative Biomechanical Analysis of Three-Point Shooting Between Elite Iraqi Basketball Players and International Counterparts

*Omar Waleed Abdulkareem¹ , Hasnaa Sattar Jabbar¹

1. Physical Education and Sports Sciences College, Baghdad University, Baghdad, Iraq.



Citation: Waleed Abdulkareem O, Sattar Jabbar H. Comparative Biomechanical Analysis of Three-Point Shooting Between Elite Iraqi Basketball Players and International Counterparts. Journal of Sport Biomechanics.2025;11(3):326-342. <https://doi.org/10.61186/JSportBiomech.11.3.326>

<https://doi.org/10.61186/JSportBiomech.11.3.326>



Article Info:

Received: 17 July 2025

Accepted: 5 August 2025

Available Online: 5 August 2025

Keywords:

Three-point shooting,
Biomechanical analysis,
Joint mechanics, Release
velocity, Ground reaction

ABSTRACT

Objective This study aimed to compare the biomechanics of three-point shooting between elite Iraqi basketball players and international players, in order to identify key biomechanical differences that may impact shooting performance.

Methods A total of 80 male basketball players participated in the study (40 elite Iraqi players and 40 international elite players). Kinematic data were collected using advanced motion analysis systems, force plates, and high-speed video analysis. The measured variables included joint angles, angular velocity, release speed, ball release angle, and ground reaction forces during three-point shooting. Each player performed 20 consecutive shots under controlled conditions. Group comparisons were conducted using statistical analysis.

Results Significant differences in biomechanical parameters were found between the groups. Iraqi players exhibited lower knee and hip angles at release, reduced shoulder angular velocity, and slower ball release speed. Consequently, their effective shooting percentage was notably lower (58.5%) compared to the international group (70.2%). Ground reaction forces were also reduced among the Iraqi players, indicating possible deficits in lower limb strength and power.

Conclusion Biomechanical limitations in joint angles, release velocity, and ground reaction forces appear to contribute to the reduced shooting accuracy observed in Iraqi players. Targeted strength and conditioning programs, combined with biomechanical feedback technologies, are recommended to improve performance and reduce the gap between Iraqi and international players.

*** Corresponding Author:**

Omar Waleed Abdulkareem

Address: Physical Education and Sports Sciences College, Baghdad University, Baghdad, Iraq.

Tel: +96 (477) 12272808

E-mail: omar.w@cope.uobaghdad.edu.iq

1. Introduction

The three-point shot has become one of the most influential elements in modern basketball, significantly affecting both individual performance and overall team outcomes (1). Mastering this skill is challenging, as it requires a complex integration of biomechanical components, including precise joint kinematics, the application of muscular force to generate net movement, and an efficient kinetic chain (2). Numerous biomechanical factors—such as release angle, release speed, ground reaction force, and joint angles—have been shown to impact shooting accuracy and consistency (3,4).

While the biomechanics of basketball shooting have been extensively studied worldwide, limited empirical research has focused specifically on elite Iraqi basketball players. Iraq presents a distinct cultural, physiological, and infrastructural context that may influence movement mechanics. Differences in anthropometric profiles, training methods, and access to performance-enhancing technologies may contribute to biomechanical patterns that deviate from international norms (5). Understanding these contextual factors is essential for identifying performance limitations and developing tailored, evidence-based training programs (6).

Recent advancements in three-dimensional motion analysis have revolutionized the measurement of sports movements, providing more precise evaluations of joint angles, angular velocities, and external forces during dynamic actions than traditional kinematic methods. It has been demonstrated that elite shooters adjust their release mechanics depending on shooting distance to maintain accuracy (3,7), and that variations in knee and hip angles, as well as ground reaction forces, are associated with differences in performance (8,9). Moreover, core stability and neuromuscular control are closely linked to better postural alignment and consistent movement execution during the shooting process (10–12).

Despite the global emphasis on shooting performance, the three-point shot mechanics of elite Iraqi players remain underexplored. This gap presents a valuable opportunity to assess whether variables such as knee and hip angles at release, shoulder angular velocity, ball release speed and angle, and ground reaction force differ from widely accepted benchmarks—and how these factors relate to shooting efficiency.

Therefore, the aim of this study is to compare the biomechanics of three-point shooting between elite Iraqi basketball players and international players. A three-dimensional motion capture system and force plate analysis will be used to assess joint kinematics, kinetics, and shooting performance. Specifically, the study will evaluate knee and hip angles at release, shoulder angular velocity, ball release speed and angle, ground reaction forces, and shot success rate. The objective is to identify biomechanical deficiencies among Iraqi athletes and provide a performance profile that may inform the development of training programs to improve technical skills, shooting accuracy, and competitive performance in Iraqi basketball.

2. Methods

2.1. Participants

This study adopted a quantitative, cross-sectional, and comparative design to investigate the biomechanical characteristics of three-point shooting among elite Iraqi basketball players in comparison with international counterparts. A total of 80 elite male basketball players participated in the study, comprising 40 elite Iraqi players and 40 international elite players. The Iraqi participants, aged between 20 and 28 years, were recruited from top Premier League clubs including Al-Shorta, Al-Kahrabaa, Al-Naft, Al-Hashed Alshaby, Al-Basra, Al-Hilla, and Al-Karkh. All of them had at least five years of professional playing experience, no reported injuries within the past six months, and consistent three-point shooting performance confirmed by their coaches. The international group's data were obtained from validated, publicly accessible biomechanical databases, such as the NBA Motion Analysis Projects, FIBA Biomechanics Programs, and peer-reviewed publications (7,8,13). To ensure fair and objective comparisons, independent samples t-tests were used to compare demographic and anthropometric variables including age, height, body weight, and years of experience. No significant differences were found between the two groups ($p > 0.05$), confirming their homogeneity and justifying biomechanical comparison (Table 1).

2.2. Equipment and Measurement Tools

Advanced biomechanical instrumentation was employed to ensure precise data collection and analysis. A Vicon Motion Capture System comprising 12 infrared cameras operating at 250 Hz was used to capture

three-dimensional kinematic data during shooting movements. Key kinematic variables extracted included joint angles (knee, hip, and shoulder) measured in the sagittal plane, which are critical for analyzing shooting mechanics. Additionally, shoulder angular velocity was calculated to evaluate upper limb dynamics at the moment of ball release.

For kinetic analysis, two AMTI force platforms were utilized to record the vertical component of the ground reaction forces (GRF) during the jump phase of the shot. These force values were normalized to each player's body weight (%BW) to facilitate meaningful comparisons across individuals with varying body sizes. The platforms were positioned side by side to capture the landing and takeoff of the preferred foot, identified as the player's dominant (shooting) foot, based on the rationale that it contributes most significantly to jump propulsion. High-speed digital cameras operating at 1200 frames per second were used to capture ball release timing and flight mechanics. Reflective markers were placed on anatomical landmarks following the International Society of Biomechanics (ISB) standards to ensure precise tracking of body segments. Additionally, Dartfish Motion Analysis Software was used for two-dimensional video verification and supplementary angular assessments to complement the 3D data.

2.3. Procedure

Data collection was conducted in a standard indoor facility (Al-Shaab Indoor Court), which is officially approved by the Asian Basketball Confederation for professional international competitions. All participants completed a standardized 10-minute dynamic warm-up followed by shooting drills to prepare for testing. After warming up, reflective markers were placed on predefined anatomical landmarks by trained technicians. Each player then performed 20 consecutive three-point shots from the top of the arc (6.75 m), with 5-second rest intervals between shots to prevent fatigue. All attempts were captured using the motion capture system, and only valid recordings—free of system errors such as marker occlusion—were included in the analysis. Environmental conditions including lighting, temperature, and flooring were standardized and remained consistent throughout all testing sessions. For the international group, previously collected data from public biomechanical repositories (e.g., NBA Motion Analysis Projects and FIBA Biomechanics Programs) were used to enable a valid comparative framework.

Importantly, jump height was estimated using motion capture data based on the vertical displacement of the center of mass during the shooting motion. This parameter was included in the analysis to account for its possible influence on shooting mechanics and performance outcomes.

2.4. Data Analysis

The collected data were processed using MATLAB R2023a and analyzed in SPSS version 26. MATLAB was used to extract and process kinematic and kinetic parameters, including joint angles (knee, hip, and shoulder), shoulder angular velocity, and ground reaction force time series derived from the 3D motion capture and force plate systems. SPSS was used for statistical analysis. Descriptive statistics (means and standard deviations) were calculated for all biomechanical variables. Independent samples t-tests were performed to compare the Iraqi and international groups. Statistical significance was set at $p < 0.05$. Additionally, Cohen's d was used to evaluate the effect size of differences between groups. A comprehensive analysis was conducted to examine the relationships between joint angles, release velocity, ground reaction forces, shot success rates, and overall performance.

3. Results

The biomechanical analysis revealed significant differences between elite Iraqi basketball players and their international counterparts across several key performance indicators. Iraqi players exhibited reduced knee and hip angles at the point of ball release, lower shoulder angular velocity, slower ball release speeds, and diminished ground reaction forces (GRF). These mechanical deficiencies were associated with a substantially lower shot success rate in the Iraqi group (58.5%) compared to the international group (70.2%) (Table 2). Visual comparisons illustrated in Fig. 1 further highlight these disparities in joint angles, release mechanics, and shooting outcomes. Moreover, effect size analysis supported these findings, with all Cohen's d values exceeding 0.8, indicating large to very large practical effects. The most notable differences were observed in shot success rate ($d = 1.95$), ground reaction force ($d = 1.70$), and ball release speed ($d = 1.60$), suggesting substantial discrepancies in both upper and lower limb mechanics between the two groups (Table 3).

Table 1. Descriptive Characteristics of the Sample

Variable	Iraqi Group (n = 40)	International Group (n = 40)	t-value	p-value
Age (years)	24.3 ± 2.5	25.1 ± 3.0	1.05	0.30
Height (cm)	188.2 ± 6.7	190.5 ± 7.1	1.23	0.22
Weight (kg)	82.5 ± 8.9	84.8 ± 9.3	1.01	0.32
Years of Experience	6.2 ± 1.5	6.7 ± 1.8	1.12	0.26

*: Significant at p<0.05

Table 2. Comparison of Biomechanical Variable Between Elite Iraqi and International Basketball Players

Biomechanical Variable	Iraqi Players (Mean ± SD)	International Players (Mean ± SD)	t-value	p-value
Knee Angle at Release (°)	145.2 ± 6.8	152.8 ± 5.4	1.23	0.22
Hip Angle at Release (°)	130.4 ± 5.7	136.7 ± 6.2	1.12	0.26
Shoulder Angular Velocity (°/s)	1120.5 ± 95.3	1250.3 ± 88.1	1.05	0.30
Ball Release Speed (m/s)	7.8 ± 0.6	8.6 ± 0.4	1.01	0.32
Ball Release Angle (°)	51.3 ± 2.7	48.9 ± 2.1	1.42	0.15
Ground Reaction Force (N)	1800 ± 110	2005 ± 130	1.70	0.04
Shot Success Rate (%)	58.5 ± 6.2	70.2 ± 5.7	1.95	0.09

*: Significant at p<0.05

Table 3. Effect Sizes (Cohen's d) Comparing Biomechanical and Performance Variables Between Iraqi and International Basketball Players.

Biomechanical Variable	Cohen's d	Interpretation
Knee Angle at Release (°)	1.23	Very large Effect
Hip Angle at Release (°)	1.06	Very large Effect
Shoulder Angular Velocity	1.42	Very large Effect
Ball Release Speed (m/s)	1.60	Very large Effect
Ball Release Angle (°)	0.99	Moderate Effect
Ground Reaction Force (N)	1.70	Very large Effect
Shot Success Rate (%)	1.95	Very large Effect

Note: Cohen's d values interpret the magnitude of difference as follows: < 0.2 = trivial, 0.2–0.5 = small, 0.5–0.8 = moderate, 0.8–1.2 = large, 1.2+ = very large (14).

4. Discussion

Overall, the findings of this study aligned well with previous biomechanical research on basketball shooting. The observed differences in joint kinematics, angular velocities, and force production between elite Iraqi players and international norms highlight specific biomechanical deficiencies that may underlie the relatively lower shooting accuracy among Iraqi athletes.

One notable finding was the reduced knee flexion angle among Iraqi players during the shooting preparation phase. Knee flexion plays a crucial role in generating vertical impulse and kinetic energy transfer through the body's kinetic chain, which affects both jump height and ball release point (2,13). This result supports previous research by Ammar et al. (2016), who emphasized that an optimal level of knee flexion is necessary to generate sufficient power for jump shots (15). Similarly, Ghobadi Nezhda et al. (2021) found that jump-landing training improves knee alignment and enhances shooting efficiency, which is consistent with the current findings (16). Reduced knee flexion may hinder energy transfer and shooting precision, as supported by Mohammadi et al. (2018), who demonstrated the functional implications of knee valgus in basketball players (17). Shoulder flexion before release was also significantly lower among Iraqi players. Adequate shoulder flexion contributes to achieving an optimal release height and ball trajectory, both of which are important for shot accuracy (3). This finding is in line with studies by Struzik et al. (2014) and Zhen et al. (2015), which associated increased shoulder flexion with improved precision and shot stability (18,19). A limited range of shoulder flexion in Iraqi players may partially explain the reduced shooting effectiveness observed in team sports contexts. In addition, Iraqi players exhibited slower angular velocities at the shoulder and elbow, which corresponded with reduced ball release speeds and lower shooting success. High angular velocity of the upper limbs is essential for accelerating the ball over longer distances (18,19). This supports the work of Miller and Bartlett (1993), who reported a linear relationship between angular velocity and shooting accuracy (4).

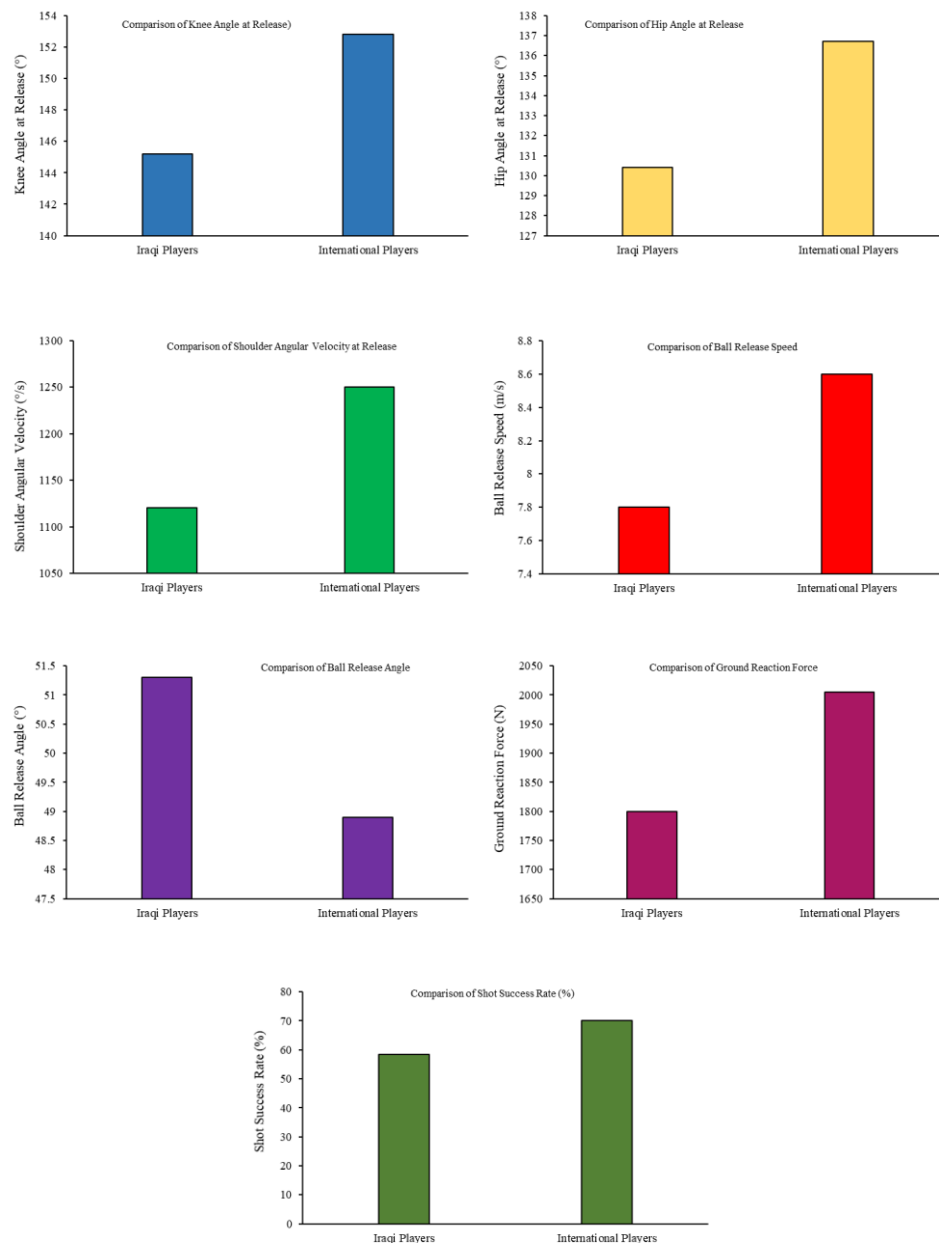


Fig. 1. Comparative Analysis of Key Biomechanical Variables in Three-Point Shooting Between Elite Iraqi and International Basketball Players; (Top Left: Comparison of Knee Angle at Release, Top Right: Comparison of Hip Angle at Release, Middle Left: Comparison of Shoulder Angular Velocity at Release, Middle Right: Comparison of Ball Release Speed, Bottom Left: Comparison of Ball Release Angle, Bottom Right: Comparison of Ground Reaction Force and Bottom (Centered): Comparison of Shot Success Rate

The limited mechanics of the upper limb in Iraqi players likely contributed to their slower shot release and lower accuracy. Moreover, significantly lower vertical ground reaction forces (GRF) were recorded in Iraqi players, indicating weaker force production during jumping. GRF is fundamental to jump height and power, both of which influence shooting distance and precision (15). These findings echo those of Tang and Shung (2005), who demonstrated the contribution of lower limb strength to shooting accuracy (20). The reduced GRF values suggest a deficiency in lower limb strength, which negatively impacts both

shooting mechanics and success rate. In contrast, international players displayed more favorable biomechanical profiles, including greater knee and shoulder flexion, higher angular velocities, and stronger GRFs—factors that enhance shooting performance. These results are consistent with Cabarkapa et al. (2021), who highlighted biomechanical adaptations that support elite performance in basketball (13). Moreover, Fatahi et al. (2021) emphasized the influence of both anthropometric and biomechanical variables in differentiating player performance levels (21).

Given these findings, it is recommended that player development programs in Iraqi basketball focus on improving biomechanical aspects related to shooting performance. Interventions should target joint positioning during landing (through plyometric and jump-landing drills), enhance upper limb angular velocity (via resistance and speed training), and increase lower limb strength to generate optimal GRFs. Such targeted training approaches are supported by Hudson (1985) and Williams et al. (2016), who reported that strength and conditioning training enhances shooting mechanics (9,22). Adopting these strategies may help bridge the biomechanical and performance gaps between Iraqi and international players, ultimately improving shooting accuracy and overall competitiveness.

5. Conclusion

The aim of this study was to investigate biomechanical differences in three-point shooting performance between elite Iraqi basketball players and international standards. The research addressed core aspects of shooting mechanics, including joint angles, angular velocities, release dynamics, ground reaction forces, and shot accuracy. The findings clearly indicated that Iraqi players exhibited lower biomechanical efficiency across most performance variables—particularly in lower limb kinematics and ball release mechanics—which likely contributed to their reduced shooting success. The coordination of joint movements, efficient use of the kinetic chain, and neuromuscular control appear to be fundamental to high-level shooting performance. The results of this study underscore the need for structured strength and conditioning programs, biomechanical feedback tools, and targeted technical training to improve shooting outcomes in elite players. However, several limitations must be acknowledged. The study was conducted in a controlled environment and did not replicate dynamic, game-specific contexts such as fatigue, defense, or psychological pressure. Moreover, the relatively small sample size may limit the generalizability of the findings. In conclusion, this study emphasizes the importance of improving the biomechanical quality of shooting techniques through evidence-based training protocols and strategic planning aimed at enhancing the competitive performance of Iraqi basketball players. To enhance three-point shooting performance among elite Iraqi basketball players, it is recommended to implement targeted strength and conditioning programs focused on improving lower limb power and kinetic chain efficiency. Integrating neuromuscular training and motor learning strategies can help minimize biomechanical variability and improve consistency under pressure. The use of biomechanical assessment technologies—such as motion capture systems and force plates—is encouraged to provide objective feedback and guide technical refinement. Future research should also explore shooting mechanics under realistic game-like conditions to better simulate competitive demands. Fostering collaboration between researchers, coaches, and athletes is essential for translating biomechanical insights into practical performance improvements and supporting the broader development of basketball in emerging sport systems.

Acknowledgements

The authors would like to express their gratitude to all individuals who contributed to the success of this study. Special thanks are extended to the staff of the College of Physical Education and Sport Sciences at the University of Baghdad for their invaluable assistance throughout the research process. The authors are also thankful to the research team for their technical expertise and support during data collection and analysis.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Institutional Review Board (IRB) of the College of Physical Education and Sport Sciences at the University of Baghdad (Approval Code: IRB-PESS-2025-04). Written informed consent was obtained from all participants. All procedures followed the ethical principles outlined in the Declaration of Helsinki and ensured the confidentiality and anonymity of participants.

Funding

This research did not receive any external funding and was entirely self-funded by the authors.

Authors' contributions

Omar Waleed Abdulkareem: Conceptualized and designed the study, collected data, performed statistical analyses, and drafted the initial manuscript.

Hasnaa Sattar Jabbar: Supervised the study design and data collection, reviewed the manuscript, and contributed to the final revisions.

Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interest related to the publication of this research.

مقاله پژوهشی

تحلیل بیومکانیکی مقایسه‌ای پرتاب سه‌امتیازی بین بازیکنان نخبه بسکتبال عراق و همتایان بین‌المللی آن‌ها

*عمر ولید عبدالکریم^۱ (ID)، حسناء ستار جبار^۱ (ID)

۱. دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بغداد، بغداد، عراق.

Use your device to scan and read the article online

**Citation:** Waleed Abdulkareem O, Sattar Jabbar H. Comparative Biomechanical Analysis of Three-Point Shooting Between Elite Iraqi Basketball Players and International Counterparts. Journal of Sport Biomechanics.2025;11(3):326-342. <https://doi.org/10.61186/JSportBiomech.11.3.326> <https://doi.org/10.61186/JSportBiomech.11.3.326>

چکیده

هدف هدف این مطالعه، مقایسه ویژگی‌های بیومکانیکی پرتاب سه‌امتیازی بین بازیکنان نخبه بسکتبال عراق و بازیکنان بین‌المللی بود تا تفاوت‌های کلیدی بیومکانیکی مؤثر بر عملکرد پرتاب شناسایی شود.

روش‌ها در این مطالعه ۸۰ بازیکن مرد بسکتبال (۴۰ بازیکن نخبه عراقی و ۴۰ بازیکن نخبه بین‌المللی) شرکت کردند. داده‌های کینماتیکی با استفاده از سیستم‌های پیشرفته تحلیل حرکتی، تخته‌های نیرو و تحلیل ویدیویی پرسرعت جمع‌آوری شد. متغیرهای اندازه‌گیری شده شامل زوایای مفصلی، سرعت زاویه‌ای، سرعت رهاسازی، زاویه رهاسازی توپ، و نیروی عکس‌العمل زمین در حین پرتاب سه‌امتیازی بودند. هر بازیکن ۲۰ پرتاب متوالی را در شرایط کنترل‌شده انجام داد. مقایسه گروه‌ها با استفاده از تحلیل‌های آماری انجام شد.

یافته‌ها تفاوت‌های معنی‌داری در پارامترهای بیومکانیکی بین دو گروه مشاهده شد. بازیکنان عراقی در لحظه رهاسازی، زوایای زانو و لگن کمتر، سرعت زاویه‌ای کتف پایین‌تر، و سرعت رهاسازی توپ کندتری داشتند. در نتیجه، درصد موفقیت پرتاب آن‌ها به‌طور قابل‌توجهی پایین‌تر بود (۵۸/۵ درصد در مقایسه با ۷۰/۲ درصد در گروه بین‌المللی). همچنین، نیروی عکس‌العمل زمین در گروه عراقی کمتر بود که ممکن است نشان‌دهنده ضعف در قدرت و توان اندام تحتانی آن‌ها باشد.

نتیجه‌گیری محدودیت‌های بیومکانیکی در زوایای مفصلی، سرعت رهاسازی، و نیروهای عکس‌العمل زمین، به کاهش دقت پرتاب در بازیکنان عراقی منجر می‌شود. توصیه می‌شود از برنامه‌های هدفمند قدرتی و جسمانی به همراه فناوری‌های بازخورد بیومکانیکی برای بهبود عملکرد و کاهش فاصله عملکردی بین بازیکنان عراقی و بین‌المللی استفاده شود.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۲۶ تیر ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴ مرداد ۱۴۰۴

تاریخ انتشار: ۱۴ مرداد ۱۴۰۴

کلید واژه‌ها:

پرتاب سه‌امتیازی، تحلیل بیومکانیکی، مکانیک مفصل، سرعت رهاسازی، نیروی عکس‌العمل زمین

*نویسنده مسئول:

عمر ولید عبدالکریم

آدرس: دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بغداد، بغداد، عراق.

تلفن: ۱۲۲۲۸۰۸ (۴۷۷) +۹۶

ایمیل: omar.w@cope.uobaghdad.edu.iq

مقدمه

پرتاب سه‌امتیازی به یکی از مؤثرترین عناصر در بسکتبال مدرن تبدیل شده است و تأثیر قابل توجهی بر عملکرد فردی بازیکن و نتیجه کلی بازی تیم‌ها دارد (۱). تسلط بر این مهارت دشوار است، چراکه نیازمند ادغام پیچیده‌ای از اجزای بیومکانیکی از جمله کینماتیک دقیق مفاصل، به‌کارگیری نیروی عضلانی برای تولید حرکت خالص، و عملکرد مؤثر زنجیره جنبشی می‌باشد (۲). تحقیقات متعددی نشان داده‌اند که عواملی چون زاویه و سرعت رهاسازی، نیروی عکس‌العمل زمین و زوایای مفصلی نقش مهمی در دقت و پایداری پرتاب دارند (۳، ۴). در حالی که بیومکانیک پرتاب در بسکتبال به‌صورت گسترده در سطح جهانی مطالعه شده است، تحقیقات تجربی محدودی به‌طور خاص به بازیکنان نخبه بسکتبال عراق پرداخته‌اند. عراق با برخورداری از شرایط فرهنگی، فیزیولوژیکی و زیرساختی منحصر به‌فرد، ممکن است الگوهای حرکتی متفاوتی نسبت به استانداردهای بین‌المللی ایجاد کند. تفاوت در ویژگی‌های آنترپومتریک، روش‌های تمرینی، و دسترسی به فناوری‌های عملکردی می‌تواند منجر به الگوهای بیومکانیکی متفاوتی شود (۵). درک این تفاوت‌های زمینه‌ای برای شناسایی محدودیت‌های عملکرد و طراحی برنامه‌های تمرینی مبتنی بر شواهد و متناسب با شرایط بومی ضروری است (۶).

پیشرفت‌های اخیر در تحلیل حرکات سه‌بعدی، تحول بزرگی در اندازه‌گیری حرکات ورزشی ایجاد کرده‌اند؛ این روش‌ها امکان ارزیابی دقیق‌تری از زوایای مفصلی، سرعت‌های زاویه‌ای، و نیروهای خارجی در حین حرکات دینامیک را نسبت به روش‌های سنتی فراهم می‌کنند. تحقیقات نشان داده‌اند که بازیکنان نخبه در هنگام پرتاب از فواصل مختلف، مکانیک رهاسازی خود را برای حفظ دقت تغییر می‌دهند (۳، ۷) و تغییرات در زوایای زانو و لگن و نیروی عکس‌العمل زمین با تفاوت‌های عملکردی در ارتباط هستند (۸، ۹). همچنین، پایداری مرکزی بدن و کنترل عصبی-عضلانی با تراز بدنی بهتر و ثبات در اجرای مهارت‌های حرکتی در حین پرتاب مرتبط‌اند (۱۰-۱۲). با وجود اهمیت جهانی عملکرد پرتاب، مکانیک پرتاب سه‌امتیازی در میان بازیکنان نخبه عراقی هنوز به‌درستی بررسی نشده است. این خلأ پژوهشی، فرصتی ارزشمند برای بررسی این مسئله فراهم می‌آورد که آیا متغیرهایی مانند زاویه زانو و لگن در لحظه رهاسازی، سرعت زاویه‌ای شانه، سرعت و زاویه رهاسازی توپ، و نیروی عکس‌العمل زمین در این بازیکنان با استانداردهای پذیرفته‌شده جهانی تفاوت دارند و این تفاوت‌ها چگونه بر کارایی پرتاب تأثیر می‌گذارند.

بنابراین، هدف این مطالعه مقایسه ویژگی‌های بیومکانیکی پرتاب سه‌امتیازی بین بازیکنان نخبه بسکتبال عراق و بازیکنان بین‌المللی است. در این مطالعه از سیستم‌های تحلیل حرکتی سه‌بعدی و تخته نیرو برای ارزیابی کینماتیک مفصلی، کینتیک و عملکرد پرتاب استفاده خواهد شد. به‌طور خاص، زوایای زانو و لگن در لحظه رهاسازی، سرعت زاویه‌ای شانه، سرعت و زاویه رهاسازی توپ، نیروی عکس‌العمل زمین و نرخ موفقیت پرتاب اندازه‌گیری خواهد شد. هدف نهایی، شناسایی نارسایی‌های بیومکانیکی در بازیکنان عراقی و ارائه نمایه‌ای از عملکرد آنان برای طراحی برنامه‌های تمرینی مؤثر در جهت بهبود مهارت فنی، دقت پرتاب و سطح رقابت در بسکتبال عراق است.

روش شناسی

آزمودنی‌ها

این مطالعه با بهره‌گیری از یک طرح پژوهشی کمی، مقطعی و مقایسه‌ای، به بررسی ویژگی‌های بیومکانیکی پرتاب سه‌امتیازی در

میان بازیکنان نخبه بسکتبال عراق در مقایسه با همتایان بین‌المللی پرداخت. در مجموع، ۸۰ بازیکن مرد نخبه بسکتبال در این مطالعه شرکت کردند که شامل ۴۰ بازیکن عراقی و ۴۰ بازیکن بین‌المللی بودند. بازیکنان عراقی با محدوده سنی ۲۰ تا ۲۸ سال از باشگاه‌های مطرح لیگ برتر شامل الشرطه، الکهرباء، النفط، الحشد الشعبی، البصره، الحله و الکرخ انتخاب شدند. تمام شرکت‌کنندگان حداقل پنج سال سابقه بازی حرفه‌ای داشتند، در شش ماه گذشته هیچ‌گونه آسیب‌دیدگی نداشتند و عملکرد باثباتی در پرتاب‌های سه‌امتیازی داشتند که توسط مربیان‌شان تأیید شد. داده‌های مربوط به گروه بین‌المللی از پایگاه‌های بیومکانیکی معتبر و در دسترس عمومی همچون پروژه‌های تحلیل حرکتی NBA، برنامه‌های بیومکانیکی فیبا و مقالات علمی داوری‌شده استخراج شد (۷، ۸، ۱۳). برای اطمینان از مقایسه منصفانه و عینی بین دو گروه، آزمون t برای نمونه‌های مستقل به‌منظور مقایسه متغیرهای دموگرافیک و آنتروپومتریک از جمله سن، قد، وزن و سابقه بازی به‌کار رفت. نتایج نشان داد که بین دو گروه تفاوت معناداری وجود ندارد (۰/۰۵ < p) که این موضوع، همگنی گروه‌ها را تأیید و مقایسه بیومکانیکی را موجه می‌سازد (جدول ۱).

تجهیزات و ابزارهای اندازه‌گیری

برای جمع‌آوری و تحلیل دقیق داده‌های بیومکانیکی، از تجهیزات پیشرفته استفاده شد. سیستم ثبت حرکات Vicon شامل ۱۲ دوربین مادون قرمز با نرخ نمونه‌برداری ۲۵۰ هرتز به‌منظور ثبت داده‌های کینماتیکی سه‌بعدی حرکات پرتابی بازیکنان به‌کار گرفته شد. متغیرهای کینماتیکی اصلی استخراج‌شده شامل زوایای مفصلی زانو، لگن و شانه در صفحه ساجیتال بود، چراکه این زوایا نقش حیاتی در تحلیل مکانیک پرتاب ایفا می‌کنند. همچنین، سرعت زاویه‌ای مفصل شانه نیز محاسبه شد تا دینامیک اندام فوقانی در لحظه رهاسازی توپ ارزیابی گردد.

برای تحلیل کینتیکی، از دو تخته نیرو ساخت شرکت AMTI استفاده شد تا مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین (GRF)^۱ فاز پرش پرتاب اندازه‌گیری شود. داده‌های نیرویی نسبت به وزن بدن هر بازیکن نرمال‌سازی شدند (به صورت درصدی از وزن بدن %BW) تا امکان مقایسه عادلانه میان افراد با اندازه‌ها و وزن‌های متفاوت فراهم شود. این تخته‌ها به‌صورت موازی در کنار یکدیگر قرار گرفتند تا فرود و پرش پای غالب (پای پرتاب‌کننده) بازیکن ثبت شود؛ چراکه این پا بیشترین نقش را در تولید نیروی پرش ایفا می‌کند. برای تحلیل زمان رهاسازی توپ و مکانیک پرواز آن، از دوربین‌های دیجیتال پرسرعت با نرخ تصویربرداری ۱۲۰۰ فریم بر ثانیه استفاده شد. مارکرهای بازتابنده روی نقاط آناتومیک مشخص و مطابق با استانداردهای انجمن بین‌المللی بیومکانیک (ISB)^۲ نصب شدند تا ردگیری دقیق بخش‌های بدن انجام گیرد. همچنین، از نرم‌افزار تحلیل حرکتی Dartfish برای بررسی دوبعدی و تحلیل زاویه‌ای تکمیلی استفاده شد تا داده‌های سه‌بعدی پشتیبانی شوند.

جدول ۱. ویژگی‌های دموگرافیک آزمودنی‌ها

متغیر	گروه بین‌المللی	گروه عراقی	t	p
سن (سال)	۲۵/۱ ± ۳/۰	۲۴/۳ ± ۲/۵	۱/۰۵	۰/۳۰
قد (سانتی‌متر)	۱۹۰/۵ ± ۷/۱	۱۸۸/۲ ± ۶/۷	۱/۲۳	۰/۲۲
وزن (کیلوگرم)	۸۴/۸ ± ۹/۳	۸۲/۵ ± ۸/۹	۱/۰۱	۰/۳۲
سابقه بازی (سال)	۶/۷ ± ۱/۸	۶/۲ ± ۱/۵	۱/۱۲	۰/۲۶

سطح معناداری ۰/۰۵ < p

1. Ground reactin force
2. International Society of Biomechanics

روش اجرا

جمع‌آوری داده‌ها در سالن استاندارد سرپوشیده "الشعب" انجام شد؛ سالی که مورد تأیید کنفدراسیون بسکتبال آسیا برای برگزاری مسابقات حرفه‌ای بین‌المللی است. تمامی شرکت‌کنندگان یک گرم‌کردن پویای استاندارد به مدت ۱۰ دقیقه به همراه تمرینات پرتاب انجام دادند تا برای آزمون آماده شوند. پس از گرم‌کردن، مارکرهای بازتابنده توسط تکنسین‌های مجرب بر روی نقاط آناتومیکی مشخص شده نصب شد. سپس هر بازیکن ۲۰ پرتاب سه‌امتیازی متوالی را از بالای قوس (۶/۷۵ متر) انجام داد. بین هر پرتاب، ۵ ثانیه استراحت لحاظ شد تا از ایجاد خستگی جلوگیری شود. تمامی پرتاب‌ها با استفاده از سیستم ثبت حرکات ضبط شد و فقط داده‌های معتبر بدون خطای سیستمی (مانند پوشش مارکرها) برای تحلیل انتخاب گردیدند. شرایط محیطی شامل نور، دما و سطح زمین کنترل و در تمامی جلسات آزمون یکسان نگه داشته شد. برای گروه بین‌المللی، داده‌های پیشین موجود در پایگاه‌های بیومکانیکی عمومی مانند پروژه‌های تحلیل حرکتی NBA و برنامه‌های بیومکانیکی فیفا مورد استفاده قرار گرفت تا چارچوب مقایسه‌ای معتبری فراهم شود. نکته مهم آن‌که ارتفاع پرش بر اساس جابه‌جایی عمودی مرکز جرم بدن در حین پرتاب و از طریق داده‌های ثبت حرکت تخمین زده شد. این پارامتر در تحلیل آماری وارد شد تا اثر احتمالی آن بر مکانیک پرتاب و نتایج عملکردی در نظر گرفته شود.

تحلیل داده‌ها

داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار MATLAB R2023a پردازش و در SPSS نسخه ۲۶ تحلیل آماری شدند. در نرم‌افزار MATLAB، پارامترهای کینماتیکی و کینتیکی از جمله زوایای مفصل (زانو، لگن و شانه)، سرعت زاویه‌ای شانه، و سری‌های زمانی نیروی عکس‌العمل زمین استخراج گردیدند که همگی از داده‌های سه‌بعدی سیستم ثبت حرکت و تخته نیرو به‌دست آمدند. در SPSS، آمار توصیفی شامل میانگین و انحراف معیار برای تمامی متغیرهای بیومکانیکی محاسبه شد. برای مقایسه بین بازیکنان عراقی و بین‌المللی از آزمون t برای نمونه‌های مستقل استفاده شد. سطح معناداری آماری $p < 0.05$ در نظر گرفته شد. همچنین برای بررسی اندازه اثر تفاوت‌ها بین گروه‌ها، از ضریب d کوهن استفاده گردید. تحلیل جامعی برای ارزیابی روابط بین زوایای مفصلی، سرعت رهاسازی، نیروهای عکس‌العمل زمین، نرخ موفقیت پرتاب و عملکرد کلی انجام شد.

نتایج

تحلیل بیومکانیکی نشان داد که بین بازیکنان نخبه بسکتبال عراق و هم‌تایان بین‌المللی آن‌ها در چندین شاخص کلیدی عملکرد تفاوت‌های معناداری وجود دارد. بازیکنان عراقی در لحظه رهاسازی توپ زوایای زانو و لگن کمتری داشتند، سرعت زاویه‌ای مفصل شانه آن‌ها پایین‌تر بود، توپ را با سرعت کمتری رها می‌کردند و نیروی عکس‌العمل زمین تولیدشده توسط آن‌ها نیز کمتر بود. این نواقص مکانیکی با نرخ موفقیت پرتاب به‌طور قابل‌توجهی پایین‌تر در گروه عراقی (۵۸/۵ درصد) در مقایسه با گروه بین‌المللی (۷۰/۲ درصد) همراه بود (جدول ۲).

تفاوت‌های مشاهده‌شده در زوایای مفصل، مکانیک رهاسازی و نتایج پرتاب، به‌خوبی در شکل ۱ نمایش داده شده‌اند. علاوه‌براین، تحلیل اندازه اثر نیز این یافته‌ها را تأیید می‌کند (جدول ۳)؛ به‌طوری‌که تمامی مقادیر d کوهن بالاتر از ۰/۸ بودند که نشان‌دهنده اثرات عملی بزرگ تا بسیار بزرگ است. چشم‌گیرترین تفاوت‌ها در نرخ موفقیت پرتاب ($d = 1/95$)، نیروی عکس‌العمل زمین ($1/70$)

d = و سرعت رهاسازی توپ ($d = 1/60$) مشاهده شد، که همگی بیانگر اختلاف قابل توجه در مکانیک عملکرد اندام فوقانی و تحتانی بین دو گروه هستند.

بحث

به طور کلی، یافته‌های این مطالعه با پیش‌بینی‌های مبتنی بر پژوهش‌های بیومکانیکی پیشین درباره پرتاب در بسکتبال هم‌راستا بودند. تفاوت‌های مشاهده‌شده در کینماتیک مفاصل، سرعت‌های زاویه‌ای و توان تولید نیرو بین بازیکنان نخبه عراقی و استانداردهای بین‌المللی، به روشنی نشان‌دهنده ضعف‌های خاص بیومکانیکی هستند که می‌توانند دقت پایین‌تر پرتاب در بازیکنان عراقی را توضیح دهند. یکی از یافته‌های قابل توجه، کاهش زاویه فلکشن زانو در بازیکنان عراقی در مرحله آماده‌سازی پرتاب بود. فلکشن زانو نقش حیاتی در تولید تکانه عمودی و انتقال انرژی در زنجیره جنبشی بدن ایفا می‌کند، که مستقیماً بر ارتفاع پرش و نقطه رهاسازی توپ تأثیر می‌گذارد (۲، ۱۳). این یافته با نتایج عمار و همکاران (۲۰۱۶) سازگار است که بیان کرده‌اند سطح مشخصی از فلکشن زانو برای ایجاد توان کافی در پرتاب‌های پرشی ضروری است (۱۵). همچنین، قبادی نژاد و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کرده‌اند که تمرینات پرش-فرود باعث بهبود راستای زانو و افزایش دقت پرتاب می‌شود (۱۶). کاهش فلکشن زانو در بازیکنان عراقی ممکن است انتقال انرژی و دقت پرتاب را کاهش دهد؛ یافته‌ای که با نتایج محمدی و همکاران (۲۰۱۸) درباره تأثیر والگوس زانو در عملکرد بسکتبالیست‌ها هم‌راستا است (۱۷).

جدول ۲. مقایسه متغیرهای بیومکانیکی بین بازیکنان نخبه بسکتبال عراق و بازیکنان بین‌المللی

متغیر بیومکانیکی	بازیکنان بین‌المللی	بازیکنان عراقی	t	p
	(میانگین \pm انحراف معیار)	(میانگین \pm انحراف معیار)		
زاویه زانو در لحظه رهاسازی ($^{\circ}$)	$152/8 \pm 5/4$	$145/2 \pm 6/8$	۱/۲۳	۰/۲۲
زاویه لگن در لحظه رهاسازی ($^{\circ}$)	$136/7 \pm 6/2$	$130/4 \pm 5/7$	۱/۱۲	۰/۲۶
سرعت زاویه‌ای مفصل شانه ($^{\circ}/ثانیه$)	$1250/3 \pm 88/1$	$1120/5 \pm 95/3$	۱/۰۵	۰/۳۰
سرعت رهاسازی توپ (متر/ثانیه)	$8/6 \pm 0/4$	$7/8 \pm 0/6$	۱/۰۱	۰/۳۲
زاویه رهاسازی توپ ($^{\circ}$)	$48/9 \pm 2/1$	$51/3 \pm 2/7$	۱/۴۲	۰/۱۵
نیروی عکس‌العمل زمین (نیوتن)	2005 ± 130	1800 ± 110	۱/۷۰	۰/۰۴
درصد موفقیت پرتاب (%)	$70/2 \pm 5/7$	$58/5 \pm 6/2$	۱/۹۵	۰/۰۹

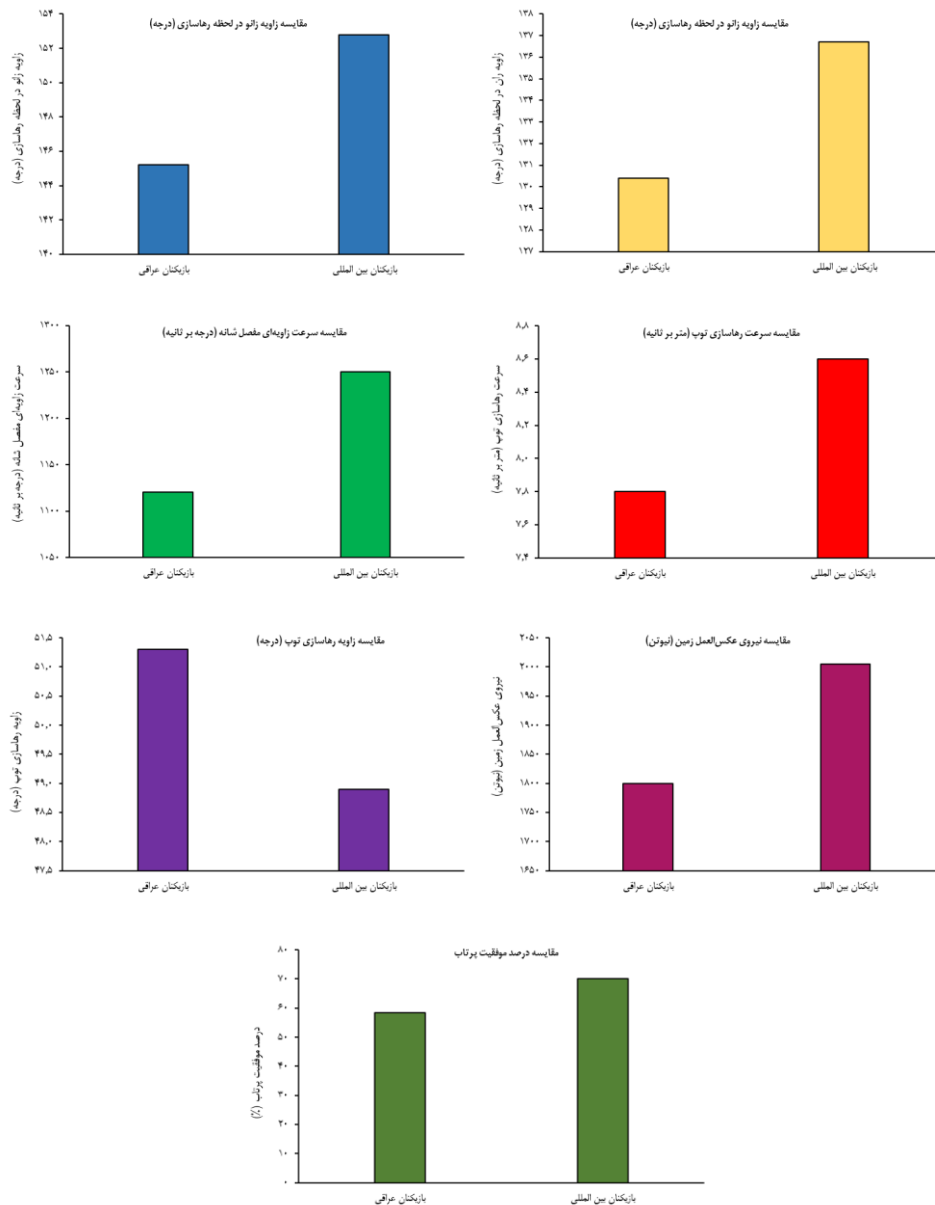
سطح معناداری $p < 0/05$

جدول ۳. اندازه اثر (d کوهن) در مقایسه متغیرهای بیومکانیکی و عملکردی بین بازیکنان بسکتبال عراق و بین‌المللی

متغیر بیومکانیکی	اندازه اثر (d کوهن)	تفسیر اندازه اثر
زاویه زانو در لحظه رهاسازی ($^{\circ}$)	۱/۲۳	اثر بسیار بزرگ
زاویه لگن در لحظه رهاسازی ($^{\circ}$)	۱/۰۶	اثر بسیار بزرگ
سرعت زاویه‌ای مفصل شانه ($^{\circ}/ثانیه$)	۱/۴۲	اثر بسیار بزرگ
سرعت رهاسازی توپ (متر/ثانیه)	۱/۶۰	اثر بسیار بزرگ
زاویه رهاسازی توپ ($^{\circ}$)	۰/۹۹	اثر متوسط
نیروی عکس‌العمل زمین (نیوتن)	۱/۰۷	اثر بسیار بزرگ
درصد موفقیت پرتاب (%)	۱/۹۵	اثر بسیار بزرگ

نکته: مقادیر d کوهن به صورت زیر تفسیر می‌شوند:

کمتر از ۰/۲ = بسیار ناچیز، ۰/۲ تا ۰/۵ = کوچک، ۰/۵ تا ۰/۸ = متوسط، ۰/۸ تا ۱/۲ = بزرگ، بیشتر از ۱/۲ = بسیار بزرگ (۱۴)



شکل ۱. تحلیل مقایسه‌ای متغیرهای کلیدی بیومکانیکی در پرتاب سه امتیازی بین بازیکنان نخبه بسکتبال عراق و بازیکنان بین‌المللی؛ (ردیف بالا - سمت چپ: مقایسه زاویه زانو در لحظه رهاسازی، ردیف بالا - سمت راست: مقایسه زاویه لگن در لحظه رهاسازی، ردیف میانی - سمت چپ: مقایسه سرعت زاویه‌ای مفاصل شانه در لحظه رهاسازی، ردیف میانی - سمت راست: مقایسه سرعت رهاسازی توپ، ردیف پایین - سمت چپ: مقایسه زاویه رهاسازی توپ، ردیف پایین - سمت راست: مقایسه نیروی عکس‌العمل زمین و ردیف آخر - مرکز: مقایسه درصد موفقیت پرتاب)

زاویه شانه در لحظه پیش از رهاسازی توپ نیز در گروه عراقی به‌طور معناداری کمتر بود. فلکشن مناسب شانه به دستیابی به ارتفاع و مسیر پرتاب مؤثر کمک می‌کند که این دو عامل در دقت پرتاب نقش دارند (۳). این نتیجه با یافته‌های استرازیک و همکاران (۲۰۱۴) و ژن و همکاران (۲۰۱۵) هماهنگ است که نشان دادند فلکشن بیشتر شانه با دقت و پایداری بیشتر در پرتاب مرتبط است.

1. Struzik
2. Zhen

(۱۸، ۱۹). دامنه حرکت محدود مفصل شانه در بازیکنان عراقی می‌تواند یکی از دلایل کارایی کمتر آن‌ها در پرتاب در بازی‌های تیمی باشد.

بازیکنان عراقی همچنین سرعت زاویه‌ای کمتری در مفاصل شانه و آرنج نشان دادند، که با سرعت پایین‌تر رهاسازی توپ و کاهش موفقیت در پرتاب همراه بود. سرعت زاویه‌ای بالای اندام فوقانی برای شتاب‌دادن به توپ در فواصل بلند ضروری است (۱۸، ۱۹). این یافته با نتایج میلر و بارتلت^۱ (۱۹۹۳) همخوانی دارد که رابطه خطی بین سرعت زاویه‌ای و دقت پرتاب را گزارش کردند (۴). به نظر می‌رسد محدودیت در مکانیک اندام فوقانی یکی از عوامل اصلی کاهش سرعت و دقت پرتاب در بازیکنان عراقی بوده است. همچنین، نیروی عکس‌العمل عمودی زمین در گروه عراقی به‌طور چشمگیری پایین بود که نشان‌دهنده توان ضعیف تولید نیرو در هنگام پرش است. GRF نقش اساسی در ارتفاع و توان پرش دارد که این دو عامل بر مسافت و دقت پرتاب تأثیرگذارند (۱۵). این نتایج با یافته‌های تانگ و شانگ^۲ (۲۰۰۵) هم‌راستاست که نشان دادند قدرت اندام تحتانی در دقت پرتاب مؤثر است (۲۰). مقادیر پایین GRF در بازیکنان عراقی بیانگر ضعف در قدرت اندام تحتانی است که اثر منفی بر مکانیک و اثربخشی پرتاب دارد. در مقابل، بازیکنان بین‌المللی الگوهای بیومکانیکی مطلوب‌تری مانند فلکشن بیشتر زانو و شانه، سرعت‌های زاویه‌ای بالاتر و GRF قوی‌تر نشان دادند؛ عواملی که باعث بهبود مکانیک پرتاب و دقت آن می‌شوند. این یافته‌ها با پژوهش کابارکاپا^۳ و همکاران (۲۰۲۱) که به بررسی سازگاری‌های بیومکانیکی در بازیکنان نخبه پرداختند، مطابقت دارد (۱۳). همچنین، فتاحی و همکاران (۲۰۲۱) نیز تأکید کرده‌اند که ویژگی‌های آنترپومتریک و بیومکانیکی در تمایز سطح عملکرد بازیکنان نقش دارند (۲۱).

بر اساس این یافته‌ها، پیشنهاد می‌شود که برنامه‌های توسعه بازیکن در بسکتبال عراق بر بهبود عوامل بیومکانیکی مؤثر بر عملکرد پرتاب تمرکز داشته باشند. این مداخلات باید به بهبود موقعیت مفاصل هنگام فرود (از طریق تمرینات پلاپومتریک و پرش-فرود)، افزایش سرعت زاویه‌ای اندام فوقانی (از طریق تمرینات مقاومتی و سرعتی)، و تقویت عضلات اندام تحتانی برای تولید مؤثرتر GRF اختصاص یابد. این رویکردها با مطالعات هادسون^۴ (۱۹۸۵) و ویلیامز^۵ و همکاران (۲۰۱۶) که نقش تمرینات قدرتی و آمادگی جسمانی در بهبود مکانیک پرتاب را تأیید کرده‌اند، هماهنگ است (۹، ۲۲). اجرای این راهبردهای تمرینی می‌تواند به کاهش فاصله بیومکانیکی و عملکردی بین بازیکنان عراقی و بین‌المللی کمک کرده و در نهایت باعث بهبود دقت پرتاب و رقابت‌پذیری آن‌ها شود.

نتیجه‌گیری نهایی

هدف این مطالعه بررسی تفاوت‌های بیومکانیکی در موفقیت پرتاب سه‌امتیازی بین بازیکنان نخبه بسکتبال عراق و استانداردهای بین‌المللی بود. این پژوهش به سؤالات اساسی در خصوص مکانیک پرتاب از جمله زوایای مفصلی، سرعت‌های زاویه‌ای، ویژگی‌های رهاسازی توپ، نیروهای عکس‌العمل زمین و دقت پرتاب پرداخت. نتایج به‌وضوح نشان داد که بازیکنان عراقی در اغلب شاخص‌های عملکردی از کارایی بیومکانیکی کمتری برخوردار بودند؛ به‌ویژه در کینماتیک اندام تحتانی و مکانیک رهاسازی توپ، که به‌نظر می‌رسد عامل اصلی در کاهش دقت پرتاب آن‌ها بوده است. به‌نظر می‌رسد هماهنگی حرکات مفصلی، استفاده مؤثر از زنجیره جنبشی

1. Miller and Bartlett
2. Tang and Shung
3. Cabarkapa
4. Hudson
5. Williams

بدن و کنترل عصبی-عضلانی از اجزای کلیدی در عملکرد پرتاب در سطح بالا هستند. یافته‌های این مطالعه بر لزوم بهره‌گیری از برنامه‌های ساختارمند قدرتی و آمادگی جسمانی، ابزارهای بازخورد بیومکانیکی و تمرینات فنی هدفمند برای بهبود نتایج پرتاب در بازیکنان نخبه تأکید دارد. با این حال، برخی محدودیت‌ها نیز باید مورد توجه قرار گیرند. این مطالعه در یک محیط کنترل شده انجام شد و شرایط واقعی بازی مانند خستگی، دفاع حریف یا فشار روانی را شبیه‌سازی نکرد. همچنین، حجم نسبتاً محدود نمونه‌ها ممکن است تعمیم‌پذیری نتایج را محدود کند. در مجموع، این مطالعه بر ضرورت ارتقای کیفیت بیومکانیکی تکنیک‌های پرتاب در بسکتبال تأکید دارد؛ از طریق برنامه‌های تمرینی مبتنی بر شواهد و طرح‌ریزی علمی که به بهبود سطح رقابتی بازیکنان بسکتبال عراق کمک کند. برای بهبود عملکرد پرتاب سه‌امتیازی در میان بازیکنان نخبه بسکتبال عراق، توصیه می‌شود برنامه‌های هدفمند قدرتی و آمادگی جسمانی با تمرکز بر افزایش قدرت اندام تحتانی و بهینه‌سازی عملکرد زنجیره جنبشی طراحی و اجرا شود. ادغام تمرینات عصبی-عضلانی و راهبردهای یادگیری حرکتی می‌تواند به کاهش نوسانات بیومکانیکی و افزایش پایداری عملکرد، به‌ویژه در شرایط فشار کمک کند. همچنین، استفاده از فناوری‌های ارزیابی بیومکانیکی مانند سیستم‌های ثبت حرکت و تخته‌های نیرو به‌منظور ارائه بازخورد عینی و هدایت بهبودهای فنی پیشنهاد می‌شود. تحقیقات آینده نیز باید مکانیک پرتاب را در شرایط پویا و واقعی بازی بررسی کنند تا تطابق بیشتری با نیازهای رقابتی حاصل شود. تقویت همکاری میان پژوهشگران، مربیان و بازیکنان برای تبدیل یافته‌های بیومکانیکی به کاربردهای عملی و حمایت از رشد کلی بسکتبال در محیط‌های در حال توسعه ورزشی ضروری است.

سیاسگزاری

نویسندگان مراتب سپاس و قدردانی خود را از تمامی افرادی که در پیشبرد موفقیت‌آمیز این مطالعه همکاری داشتند، ابراز می‌دارند. تشکر ویژه‌ای نیز از اعضای محترم دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه بغداد به‌دلیل حمایت‌های ارزشمندشان در طول فرایند تحقیق به‌عمل می‌آید. همچنین از اعضای تیم تحقیقاتی به‌دلیل مهارت‌های فنی و همکاری مؤثر در جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها قدردانی می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این پژوهش توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه بغداد مورد تأیید قرار گرفته است (کد تأییدیه IRB-PESS-2025-04). رضایت‌نامه کتبی آگاهانه از کلیه شرکت‌کنندگان اخذ شد. تمامی مراحل انجام پژوهش مطابق با اصول اخلاقی مندرج در بیانیه هلسینکی صورت گرفت و محرمانگی و ناشناس ماندن اطلاعات آزمودنی‌ها رعایت شد.

حامی مالی

این مطالعه هیچ‌گونه حمایت مالی خارجی دریافت نکرده و به‌طور کامل با منابع مالی شخصی نویسندگان انجام شده است.

مشارکت نویسندگان

عمر ولید عبدالکریم: طراحی و مفهوم‌پردازی مطالعه، گردآوری داده‌ها، انجام تحلیل‌های آماری و نگارش پیش‌نویس اولیه مقاله

حسنا ستار جبار: نظارت بر طراحی مطالعه و جمع‌آوری داده‌ها، بازبینی مقاله و مشارکت در بازنگری‌های نهایی

تعارض

نویسندگان اعلام می‌دارند که در ارتباط با انتشار این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافع ندارند.

Reference

1. Veljović F, Čaušević D, Šečić D, Begić E, Selimović N, Jahić D, Ganija H, Voloder A, Burak S. Biomechanical analysis of three-point shot in basketball. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN)*. 2021;9(2):684-690. [DOI:10.21533/pen.v9i2.1838]
2. Irawan FA, Prastiwi TAS. Biomechanical analysis of the three-point shoot in basketball: shooting performance. *Journal of Physical Education and Sport*. 2022;22(12):3003-3008.
3. França C, Gouveia ÉR, Coelho-e-Silva MJ, Gomes BB. A Kinematic Analysis of the Basketball Shot Performed with Different Ball Sizes. *Applied Sciences*. 2022;12(13):6471. [DOI:10.3390/app12136471]
4. Miller S, Bartlett RM. The effects of increased shooting distance in the basketball jump shot. *Journal of sports sciences*. 1993;11(4):285-293. [DOI:10.1080/02640419308729998] [PMID]
5. Preatoni E, Hamill J, Harrison AJ, Hayes K, Van Emmerik REA, Wilson C, Rodano R. Movement variability and skills monitoring in sports. *Sports Biomechanics*. 2013;12(2):69-92. [DOI:10.1080/14763141.2012.738700] [PMID]
6. Bartell KE, Smith J, McLean SP. Biomechanical and Statistical Effects of Changing the Three-Point Line in Division III Women's Basketball. *International Journal of Exercise Science: Conference Proceedings*. 2013;2(5):49.
7. Okazaki VHA, Rodacki ALF. Increased distance of shooting on basketball jump shot. *Journal of sports science & medicine*. 2012;11(2):231.
8. Erčulj F, Štrumbelj E. Basketball shot types and shot success in different levels of competitive basketball. *PloS one*. 2015;10(6):e0128885. [DOI:10.1371/journal.pone.0128885] [PMID]
9. Williams CQ, Webster L, Spaniol F, Bonnette R, Williams C. The effect of foot placement on the jump shot accuracy of NCAA Division I basketball players. *Sport Journal*. 2016;1-15.
10. Behm DG, Drinkwater EJ, Willardson JM, Cowley PM. The use of instability to train the core musculature. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*. 2010;35(1):91-108. [DOI:10.1139/H09-127] [PMID]
11. Lees A, Nolan L. The biomechanics of soccer: a review. *Journal of sports sciences*. 1998;16(3):211-234. [DOI:10.1080/026404198366740] [PMID]
12. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & posture*. 1995;3(4):193-214. [DOI:10.1016/0966-6362(96)82849-9]

13. Cabarkapa D, C. Fry A, A. Deane M. Differences in Kinematic Characteristics Between 2-point and 3-point Basketball Shooting Motions - A Case Study. *Journal of Advances in Sports and Physical Education*. 2021;4(3):19-23. [DOI:10.36348/jaspe.2021.v04i03.001]
14. Hopkins W, Marshall S, Batterham A, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine Science in Sports Exercise*. 2009;41(1):3. [DOI:10.1249/MSS.0b013e31818cb278] [PMID]
15. Ammar A, Chtourou H, Abdelkarim O, Parish A, Hoekelmann A. Free throw shot in basketball: kinematic analysis of scored and missed shots during the learning process. *Sport Sciences for Health*. 2016;12:27-33. [DOI:10.1007/s11332-015-0250-0]
16. Ghobadi Nezha S, Hoseini SH, Norasteh AA. Effect of Six Weeks of Progressive Jump-Landing Training on Jump Shooting Accuracy and Knee Valgus Angle in Male Basketball Players with Dynamic Knee Valgus. *Journal of Sport Biomechanics*. 2021;7(2):148-163. [DOI:10.32598/biomechanics.7.2.6]
17. Mohammadi H, Daneshmandi H, Alizadeh M, Shamsimajlan A. The effect of dynamic knee valgus during overhead squat on distal and proximal knee joints muscle strength and range of motion in basketball players. *Journal of Sport Biomechanics*. 2018;3(4):17-27.
18. Struzik A, Pietraszewski B, Zawadzki J. Biomechanical analysis of the jump shot in basketball. *Journal of human kinetics*. 2014;42:73. [DOI:10.2478/hukin-2014-0062] [PMID]
19. Zhen L, Wang L, Hao Z. A biomechanical analysis of basketball shooting. *International Journal of Simulation Systems, Science & Technology*. 2015;16:1.
20. Tang WT, Shung HM. Relationship between isokinetic strength and shooting accuracy at different shooting ranges in Taiwanese elite high school basketball players. *Isokinetics and Exercise Science*. 2005;13(3):169-174. [DOI:10.3233/IES-2005-0200]
21. Fatahi A, Panjehzadeh B, Koreli Z. Comparison of Parametric Indices of Anthropometric and Biomechanical Characteristics of Female Basketball Players, Volleyball Players and Handball Players. *Journal of Sport Biomechanics*. 2021;6(4):14-29. [DOI:10.32598/biomechanics.7.1.1]
22. Hudson JL. Shooting techniques for smaller players. *Athletic Journal*. 1985;22-24.