Kharazmi University

Research in Sport Medicine and Technology

Print ISSN: 2252 - 0708 Online ISSN: 2588 - 3925

Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

The comparison of kinematic characteristics of upper extremity of adolescences and adults in three steps shot in handball

Vahideh Ranjbari[1] | Mehdi Rafei Boroujeni[2] | Shahram Lenjannejadian[3]

1. Master in Sport Biomechanics, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
2. Assistant Professor of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
3. Assistant Professor of Sport Biomechanic, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

corresponding author: Mehdi Rafei Boroujeni; m.rafei@spr.ui.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 2021/10/22
Revised: 2022/04/21
Accepted: 2022/05/18

Keywords:
Three-step Shot in Handball, Linear Velocity, Angular Position, Angular Velocity

How to Cite:
Vahideh Ranjbari V., Rafei M., Lenjannejadian S. The comparison of kinematic characteristics of upper extremity of adolescences and adults in three steps shot in handball**.** Research In Sport Medicine and *Technology*, 2022: 12(23): 57-67.

Introduction and aim: The kinematic analysis of elite athletes' performance is an important method to determine effective parameters of sport performances. The purpose of the present study was to compare kinematic characteristics of the upper extremity in adolescence and adult players in three-step shoot in Handball. **Methods:** Nine elite adult handball players working in the Super League (23.55 ± 2.69 years) and ten teen handball players (16.4 ± 0.69 years) participated in this study. The pictures related to the final stage of the shoot were recorded three dimensionally and analyzed by a graphic interface in MATLAB software. The data related to the angular position, angular velocity and peak angular velocity and position corresponding to the upper limb joints of athletes, including the wrist, elbow and shoulder were obtained. Statistical data were used for analysis through student t-test for two independent groups with significance level $p \geq 0.05$ in order to compare two groups. **Findings:** There were significant differences between two groups in angular position of elbow joint during extension at maximum angular velocity and linear velocity of the ball at the time of the release. **Conclusion:** it seems that other factors than cinematic characteristics such as anthropometric characteristics along with muscle strength in adult are important to get the maximum velocity of ball release.

Published by Kharazmi University, Tehran, Iran. Copyright(c) The author(s) This is an open access article under e: CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) DOI:. 10.29252/jsmt.12.1.57.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.23.5.8]
[DOI: 10.29252/jsmt.12.1.59]

پژوهش در طب ورزشی و فناوری
شاپا چاپی: ۰۷۰۸-۲۲۵۲ شاپا الکترونیکی: ۳۹۲۵-۲۵۸۸
Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

مقایسه ویژگیهای کینماتیکی اندام فوقانی در شوت سه‌گام هندبال بین بازیکنان نوجوان و بزرگسال

وحیده رنجبری[۱] | مهدی رافعی بروجنی[۲] | شهرام لنجان‌نژادیان[۳]

۱. کارشناس ارشد بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.
۲. استادیار رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.
۳. استادیار بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

نویسنده مسئول: مهدی رافعی بروجنی m.rafei@spr.ui.ac.ir

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۷/۳۱
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۲/۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۲۸

واژه‌های کلیدی:
شوت سه گام هندبال، سرعت خطی، موقعیت زاویه‌ای، سرعت زاویه‌ای

ارجاع:
وحیده رنجبری، مهدی رافعی بروجنی، شهرام لنجان‌نژادیان. مقایسه ویژگیهای کینماتیکی اندام فوقانی در شوت سه‌گام هندبال بین بازیکنان نوجوان و بزرگسال ۱۲ (۲۳):۶۷-۵۷

چکیده

مقدمه و هدف: تحلیل کینماتیک اجرای ورزشکاران نخبه یک روش مهم در تعیین پارامترهای موثر بر اجراهای ورزشی است. هدف از این پژوهش مقایسه ویژگی‌های کینماتیکی اندام فوقانی بازیکنان نوجوان و بزرگسال در شوت سه گام هندبال بود. روش‌شناسی: تعداد نه هندبالیست بزرگسال نخبه شاغل در لیگ برتر کشور (سن ۲/۶۹±۲۳/۵۵ سال) و ده هندبالیست نوجوان عضو باشگاه‌های لیگ برتری کشور (سن ۰/۶۹±۱۶/۴ سال) در این پژوهش شرکت کردند. تصاویر مربوط به اجرای مرحله‌ی نهایی شوت به صورت سه بعدی ثبت شد و در نرم‌افزار متلب تحلیل و اطلاعات مربوط به موقعیت زاویه‌ای، سرعت زاویه‌ای و بیشینه‌ی سرعت زاویه‌ای و موقعیت مربوط به آن برای مفاصل اندام فوقانی ورزشکاران شامل مچ، آرنج و شانه به‌دست آمد. تحلیل آماری از طریق آزمون تی مستقل در سطح معنی داری ($p\leq۰/۰۵$) انجام شد. یافته‌ها: در موقعیت زاویه‌ای باز شدن مفصل آرنج در بیشینه سرعت زاویه‌ای و سرعت خطی توپ در لحظه رهایی تفاوت بین دو گروه معنی‌دار بود. بحث و نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد عواملی غیر از ویژگی‌های آنتروپومتری همزمان با عامل قدرت عضلات ورزشکاران بزرگسال در رسیدن به سرعت بیشینه در رهایی توپ، کمک کننده می‌باشد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.23.5.8]
[DOI: 10.29252/jsmt.12.1.59]

مقدمه

هندبال نوین یک ورزش دانشگاهی است که در میان نوجوانان و جوانان طرفداران زیادی دارد. وجود سرعت و برخوردهای بدنی در این ورزش به رقابتهای آن هیجان خاصی می‌دهد و همانند سایر رشته‌های ورزشی شرکت کنندگان تلاش در کسب برتری دارند. در این میان کسب دانش بیشتر و رسیدن به عوامل ایجاد برتری مانند قدرت بدنی، مهارت و حتی ابزار دارای اهمیت است(۱). یکی از روشهای رسیدن به دانش مورد نظر علم بیومکانیک است(۲).

تحلیل بیومکانیکی و حرکت شناختی تکنیک‌های یک رشته ورزشی خاص، که شامل کینماتیک و کینتیک می‌شود، اطلاعاتی را فراهم می‌آورد که اساس آگاهی دقیق و کامل از ساختار واقعی آنها بوده و از این طریق تکنیک‌های جدید و کارآمدتر در آموزش ایجاد می‌شوند (۳). اطلاعات حاصل از داده‌های مربوط به پارامترهای کینماتیکی که به جابه‌جایی، سرعت و شتاب اندام‌های درگیر در اجرای این مهارت می‌پردازد، می‌تواند اطلاعات بسیاری جهت یاری رساندن به مربیان در راستای طراحی تمرینات مناسب همچنین اصلاح تکنیک و الگوی حرکت فراهم آورد (٤). تحلیل داده‌های کینماتیکی مربوط به ورزشکار ماهر و استفاده از آن به عنوان یک مدل و توصیف کمی حرکت، برای جمع‌آوری اطلاعات ارزشمند از پارامترهایی که در اجرا موثرند، دارای اهمیت است (۵).

در مطالعات قبلی، شوت ایستا، شوت ایستا همراه با دورخیز و شوت جفت بررسی شده‌است و گزارش شده‌است که سرعت رهایی توپ عامل اصلی و تعیین کننده در موفقیت شوت می‌باشد (۳, ٦). چند مطالعه نشان دادند که سرعت توپ بوسیله تکنیک پرتاب، زمان‌بندی حرکات متوالی اجزاء بدن، قدرت و توان اندام فوقانی و تحتانی تعیین می‌شود (۹-۷). ملاحظه تفاوت‌های جنسیتی و تاثیر آن بر کینماتیک شوت نشان داده که سرعت رهایی توپ در مردان به‌طور معنی‌داری بالاتر از زنان بوده، اما تفاوت‌های کینماتیکی و تکنیکی خاصی وجود ندارد (۱۰). با وجود عدم تأثیر تفاوت‌های جنسیتی در کینماتیک شوت هندبال، سرعت بیشینه‌ی نقطه انتهایی در بخشهای دست و مچ زنان و مردانی که با تکنیک یکسان پرتاب کردند متفاوت است (۱۱). واگنر(۲۰۱۰) با مقایسه سینماتیک شوت پرشی در هندبالیست‌های نخبه و آماتور، تفاوت معنی‌داری در سرعت توپ، حداکثر چرخش داخلی تنه و همچنین سرعت زاویه‌ای فلکشن تنه و چرخش شانه در هنگام رها کردن توپ مشاهده کرد (٤). او همچنین(۲۰۱۱) تاثیر معنی‌دار دویدن، حرکات لگن و تنه قبل از پرتاب بر سرعت توپ را گزارش کرد (۱۲). با توجه به اینکه سرعت‌رهایی توپ مهمترین عامل در پرتابهای هندبال می‌باشد، به نظر می‌رسد که یکی از عوامل مهم در افزایش سرعت پرتاب، کینماتیک مربوط به الگوی حرکتی مورد استفاده است (٦).

مهارت‌های ورزشی از اشکال حرکات تخصصی هستند. حرکات تخصصی، در واقع حرکات بنیادی پیشرفته‌ای هستند که با نیازهای خاص یک فعالیت ورزشی، تفریحی یا فعالیت‌های خاص در زندگی روزانه تطابق یافته‌اند و برای اجرای آن مهارت‌های خاص و پیچیده، پالایش یافته و ترکیب شده‌اند(۱۳). از این رو، آشنایی با مبانی بیومکانیک حرکات راهی است برای درک حرکات پایه یا پیچیده‌ای که از جمله در فعالیت های ورزشی مشاهده می‌شود و هدف از آن بهبود کیفیت حرکات و توانا کردن شخص در اجرای فنون حرکت است(١٤). با رسیدن فرد به بلوغ و بالیدگی جسمانی دیگر تفاوت‌های

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.23.5.8]
[DOI: 10.29252/jsmt.12.1.59]

کمی نشان دهنده‌ی میزان رشد و بالیدگی نخواهد بود وتأکید بیشتر بر بهینه کردن و پالایش مهارت‌هایی است که فرد تا آن زمان آموخته است. نشانه‌های کمی، منعکس کننده پیشرفت یکنواخت اجرای حرکت در سنین جوانی است(۱۵). پسران در سیزده سالگی به اوج سرعت نمو جهشی خود می‌رسند(این دوره حدود ٤ سال است) و تا پانزده سالگی به طور تدریجی کم می‌شود و نهایتا" در هفده یا هجده سالگی به اتمام می‌رسد(۱۳). بنون و تومیس (۲۰۰۰) نشان دادند که افزایش قدرت به دنبال نمو و رشد ابعاد جسمی مانند قد افزایش می‌یابد. هرچند کم بودن توده عضلانی می‌تواند باعث عملکرد ضعیف‌تر آن‌ها شود(١٦). چند مطالعه نشان‌داده‌اند که سرعت توپ هندبال بوسیله تکنیک پرتاب، زمان‌بندی حرکات متوالی اجزاء بدن، قدرت و توان اندام فوقانی و تحتانی تعیین می‌شود (۹-۷).

با مرور مطالعات قبلی مشاهده شد که ویژگی‌های کینماتیکی شوت هندبال در دوره‌های سنی مختلف مطالعه نشده‌است. از آنجایی که رشد وتکامل و تجربه از جمله عوامل رسیدن ورزشکار به حداکثر توانایی در اجرای مهارت‌های ورزشی است (۱۵) و مطالعات نشان داده‌اند که سن شانزده سالگی مناسب‌ترین زمان برای انتخاب درست بازیکنان هندبال می‌باشد (۱۷) در این پژوهش تلاش شد تا به این پرسش پاسخ داده شود که آیا در دوره نوجوانی هم هندبالیست‌های ماهر به طور کامل الگوی حرکتی را اجرا می‌کنند و تنها به دلیل نرسیدن به حداکثر توانایی در بعضی از فاکتورها بین آنها و بزرگسالان تفاوت وجود دارد یا اینکه خود الگوی حرکتی که اجرا می‌شود نیز از افراد ماهر و بزرگسال متفاوت است؟ به طور مشخص هدف این پژوهش مطالعه ویژگی‌های کینماتیکی شوت سه گام هندبال بین بازیکنان نوجوان و بزرگسال بود.

روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش علی–مقایسه‌ای ۹ مرد بزرگسال، (۸ نفر راست دست و یک نفر چپ دست) با میانگین سنی(۲/٦۹±۲۳/۵۵ سال) و قد(۵/٦۳±۱۸۵/٤٤ سانتی‌متر) از تیم بزرگسالان باشگاه سپاهان و ۱۰ نفر نوجوان(۸ نفر راست دست و ۲ نفر چپ دست) با میانگین سنی(١٦/٤±/٦۹ سال) و قد(۵/۰۳±۱۷۹/۷ سانتی‌متر) از باشگاه مس پارس اصفهان، داوطلبانه به عنوان آزمودنی شرکت کردند.

از آزمودنی‌ها خواسته شد که فرم رضایت‌نامه را پر کنند. در این پژوهش از دو دوربین کاسیو به منظور تصویربرداری از حرکت ورزشکاران استفاده شد. برای مشخص کردن فضای کالیبره از فریم کالیبره‌ای با ابعاد ۳۵۰×۲۰۰×۲۵۰ استفاده شد. با توجه به کیفیت مورد نیاز تصاویر، سرعت۱۲۰ فریم برثانیه برای بررسی تکنیک مورد نظر انتخاب و برای مشخص شدن محل دقیق مفاصل مورد نیاز، از قطعات ۲×۲ سانتی متری چسب پارچه‌ای سفید رنگ روی بدن استفاده شد. برای تصویربرداری و بدست آمدن ریتم اجرای تکنیک توسط هر ورزشکار به‌طوری‌که مرحله‌ی نهایی شوت سه گام تا لحظه رهایی توپ، داخل فریم کالیبره قرار گیرد، آزمودنی‌ها چندین بار اجرای حرکت خواسته شده را به انجام برسانند. برای مشخص کردن بهتر مفاصل از مارکرهای پارچه‌ای در مفصل آخرمی ترقوه‌ای برای نمایاندن مفصل شانه، اپی‌کوندیل خارجی و داخلی مفصل آرنج، برآمدگی خارجی و داخلی مچ دست(در دو انتهای خطی که به طور قرینه از مچ دست عبور می کند)، سطح خارجی دست در انتهای اولین استخوان کف دستی، انتهای استخوان وسط کف دستی در سمت

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.23.5.8]
[DOI: 10.29252/jsmt.12.1.59]

پشت دست و مفصل ران روی برجستگی سر استخوان ران استفاده شد. در ابتدا به‌علت این‌که آزمون دهندگان اکثرا" راست دست بودند، دوربین‌ها در سمت راست آنها قرار داده شدند. برای تصویربرداری از بازیکنان چپ‌دست محل دوربینها به صورت قرینه نسبت به خط فرضی طولی گذرنده از وسط زمین، عوض می‌شد. محوطه کالیبره در قسمت وسط زمین هندبال تقریبا روی ٦ متر دروازه باابعاد ۲/۵ متر طول ۲ متر عرض و ۳ متر ارتفاع در نظر گرفته شد. دوربین۲ تقریبا نزدیک به ٦ متر سمت مخالف زمین، رو به دروازه هدف با زوم ۷۰ قرار داده شد و دوربین۱ در منتهی‌الیه گوشه راست زمین به سمت دروازه‌ای که ضربات زده می‌شد، با زوم ۵۰ رو به محیط کالیبره قرار گرفت. زاویه بین دو دوربین ۱۲۰ درجه بود و عدد زوم هر دو دوربین روی صفحه نمایش قابل کنترل بود. عدد زوم به نحوی انتخاب شد که بزرگترین تصویر با رعایت پوشش کامل حرکت ثبت شود.

آزمودنی‌ها ٤ مرتبه بعد از به دست آوردن آمادگی لازم در زمان دلخواه خود، شوت سه‌گام را اجرا کردند. تصویربرداری این پژوهش سه‌بعدی بوده که با اخذ تصویر از حداقل دو دوربین امکان پذیر می‌شود. برای به‌دست آوردن اطلاعات عددی لازم از برنامه‌نویسی در نرم‌افزار متلب با طراحی چند رابط گرافیکی استفاده شد و تحلیل تصاویر هر یک از دوربین‌ها با استفاده از رابط گرافیکی دوبعدی انجام گرفت. برای همزمان کردن تصاویر دو دوربین، آزمودنی‌ها می‌بایست توپ را زمین زده بعد از دریافت آن، تکنیک خواسته شده را اجرا می‌کردند. لحظه دریافت توپ، لحظه همزمان کردن تصاویر در نظر گرفته شد. دوربین‌ها در بهترین محل متصور برای آن‌ها که حداکثر دید از مارکرها راداشته باشند، قرار گرفتند و در صورت خاموش شدن، تکان خوردن و یا جابه‌جایی کالیبراسیون دوباره انجام می‌شد. بعد از تهیه تمام تصاویر، بهترین حرکت هر فرد از میان ٤ اجرای شوت انتخاب شد. معیار انتخاب بهترین حرکت، نظر مربیانی که فیلم ها را مشاهده می‌کردند و کسب بیشترین سرعت رهایی توپ بود که پس از تحلیل، نتایج آن در پژوهش گزارش شده‌است. برای آنالیز داده‌ها، از نرم‌افزار متلب با طراحی چند رابط گرافیکی استفاده شد و تحلیل تصاویر دوربین‌ها انجام گرفت (شکل ۱).



شکل۱. مراحل مشخص کردن مفاصل توسط نشانگر و ذخیره‌ی مختصات مربوط به آن در دوربین‌ها

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.23.5.8]
[DOI: 10.29252/jsmt.12.1.59]

برای محاسبهٔ متغیرهای سینماتیکی از ٦ مارکر بر روی سطح خارجی دست، مچ، آرنج، شانه، لگن و ران استفاده شد. با پردازش تصاویر، مختصات دوبعدی مارکرها از هر یک از دوربین‌ها به‌دست آمده و با استفاده از روابط تبدیل خطی مستقیم (DLT: Direct Linear Transform) مختصات سه بعدی مارکرها محاسبه شد (۱۸).

$$x_1 + C_1X_1 + C_2Y_1 + C_3Z_1 + C_4 + C_9x_1X_1 + C_{10}x_1Y_1 + C_{11}x_1Z_1 = 0$$

$$y_1 + C_5X_1 + C_6Y_1 + C_7Z_1 + C_8 + C_9y_1X_1 + C_{10}y_1Y_1 + C_{11}y_1Z_1 = 0$$

پس از محاسبهٔ مختصات سه بعدی مارکرها، ابتدا اطلاعات به دست آمده برای حذف نویز با استفاده از روش میانگین پنج نقطه‌ای هموارسازی شد. سپس با استفاده از روابط جبری و هندسی بردار سه بعدی مربوط به هر لینک مشخص و زوایای بین لینک‌ها محاسبه گردید. به این ترتیب زوایای مفاصل مچ، آرنج و شانه برای ارائه و تحلیل به دست آمد. برای محاسبهٔ سرعت‌های زاویه‌ای نیز مشتق گیری عددی با استفاده از تفاضلات پیشرو مرتبه دوم انجام شد. برای محاسبهٔ سرعت خطی نیز از مختصات نقاط مورد نظر مشتق‌گیری عددی به همین روش صورت گرفت. روابط ریاضی مورد استفاده به شرح زیر است:

هموارسازی با استفاده از میانگین پنج نقطه‌ای:

$$\overline{x_i} = (x_{i-2} + x_{i-1} + x_i + x_{i+1} + x_{i+2})/5$$

بردار هر لینک با استفاده از مختصات نقاط ابتدا و انتها:

$$\overrightarrow{L_i} = (x_2 - x_1)\hat{\imath} + (y_2 - y_1)\hat{\jmath} + (z_2 - z_1)\hat{k}$$

زوایای مربوط به هر لینک با صفحات آناتومیک:

$$\theta_{ii} = \overrightarrow{L_i}.\hat{\imath} \quad , \quad \theta_{ij} = \overrightarrow{L_i}.\hat{\jmath} \quad , \ldots$$

زاویهٔ مطلق بین هر دو لینک:

$$\cos\alpha_{ij} = \frac{\overrightarrow{L_i}.\overrightarrow{L_j}}{|\overrightarrow{L_i}|\times|\overrightarrow{L_j}|}$$

مشتق عددی با استفاده از تفاضلات پیشرو مرتبهٔ دوم:

$$\dot{x_i} = (-3x_i + 4x_{i+1} - x_{i+2})/(2 * h)$$

برای تحلیل داده ها از میانگین و انحراف استاندارد برای وصف داده ها و از روش آماری تی مستقل با سطح معنی داری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها

شاخصهای توصیفی ویژگی‌های کینماتیکی شوت سه گام بازیکنان مرد رشته هندبال تحت مطالعه و همچنین نتایج حاصل از مقایسه دو گروه در جدول۱ آمده است. با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده شد که گروه بزرگسال در زمان کمتری از کل زمان مرحله نهایی شوت اقدام به پرتاب کرده‌اند و همچنین موقعیت زاویه‌ای باز شدن مفصل آرنج در بیشینه سرعت زاویه‌ای آن در گروه نوجوان متفاوت با گروه بزرگسال است و گروه بزرگسال سرعت خطی بالاتری در لحظه رهایی توپ کسب کرده‌اند. با توجه به علامت گذاری توپ و مچ بصورت یکسان در فریم‌های فیلم سرعت خطی مچ و توپ و سرعت

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.23.5.8]
[DOI: 10.29252/jsmt.12.1.59]

زاویه‌ای لحظه رهایی توپ همانند سرعت زاویه‌ای مفصل مچ دست در لحظه رهایی متصور شده است. در نهایت نتایج آزمون آماری نشان داد که ویژگی‌های کینماتیکی شوت سه گام هندبال، به‌جز موقعیت زاویه‌ای باز شدن مفصل آرنج در بیشینه سرعت زاویه‌ای آن و سرعت خطی توپ و مچ در لحظه‌ی رهایی توپ، در دو گروه سنی نوجوان و بزرگسال تفاوت معنی‌داری نداشت.

جدول۱. جدول شاخصهای توصیفی ویژگی های کینماتیکی شوت سه گام بازیکنان مرد رشته هندبال به تفکیک گروه سنی

ویژگی‌های کینماتیکی	انحراف معیار±میانگین		مقدار	sig
	بزرگسالان	نوجوانان	t	
درصد زمان رهایی توپ نسبت به کل مرحله نهایی شوت سه گام	۷۷/۳۱±۸/۵۹	۸۲/۷۸±۷/۷۳	-۱/٤٦	۰/۱٦
سرعت زاویه‌ای خم شدن مفصل مچ در لحظه رهایی (درجه/ثانیه)	۱۸۷۸/۰۱±۳۸۹/۹	۱۲۵۳/۷±۲۲۱/۹۹	۱/۲۸	۰/۲۲
موقعیت زاویه‌ای خم شدن مفصل مچ در لحظه رهایی (درجه)	۲۲/۲۳±۱۷/۵۴	۱۸/۸±۱۲/۹۶	-۰/٤۹	۰/٦۳
بیشینه سرعت زاویه‌ای خم شدن مفصل مچ در مرحله نهایی شوت (درجه/ثانیه)	۲۳۴۴/۰۹±٤۰۱/۴۹	۱۷۲۹/۲۳±۲٦۵/۱۹	۱/۸۱	۰/۸۹
موقعیت زاویه‌ای مفصل مچ در بیشینه سرعت زاویه‌ای خم شدن (درجه)	۲٤/۸۳±۱۵/۹۸	۱۳/۰۲±۷/۶۲	-۲/۰۹	۰/۰۵
سرعت زاویه‌ای بازشدن مفصل آرنج در لحظه رهایی (درجه/ثانیه)	۹۵۲/۰۹±۱۷۲/۹۶	۸۳۹/۵۱±۱۸۵/۰۵	۰/۵٦	۰/۵۸
موقعیت زاویه‌ای بازشدن مفصل آرنج در لحظه رهایی (درجه)	۱٦/۵±۱۲/۷۵	۲۳/۷۱±۹/۷۶	۱/۳۹	۰/۱۸
بیشینه سرعت زاویه‌ای باز شدن مفصل آرنج در مرحله نهایی شوت (درجه/ثانیه)	۱۷۸۴/۰۷±۳۴۶/۴۲	۱۰۱۳/۸۳±۳٦۹/۴۲	۱/۵۹	۰/۱۳
موقعیت زاویه‌ای مفصل آرنج در بیشینه سرعت زاویه‌ای باز شدن آن (درجه)	۱۵/۵۷±۱۲/۲۱	٤۰/۳۹±۲۱/۷۷	۳/۰۱	*۰/۰۱
سرعت زاویه‌ای نزدیک شدن مفصل شانه در لحظه رهایی (درجه/ثانیه)	۵٤٤/۳۸/±۱۵۹/۲۱	۵۲۸/۲۹±۱۸۹/۷۵	-۰/۳۲	۰/۷۵
موقعیت زاویه‌ای نزدیک شدن مفصل شانه در لحظه رهایی (درجه)	۱۶۳/۷۸±۱۴/۳۱	۱۵۷/۳۸±۱۵/۳۵	۰/۹٤	۰/۳٦
بیشینه سرعت زاویه‌ای نزدیک شدن مفصل شانه در مرحله نهایی شوت(درجه/ثانیه)	٦۹۱/۱۷±۱۳۰/۷۱	٦۲۹/۷۰±۱۳۸/۰۱	-۲/۰	۰/۰٦
موقعیت زاویه‌ای مفصل شانه در بیشینه سرعت نزدیک شدن آن (درجه)	۱۴۰/۰۷±۱۳/۵۲	۱۴۳/۲۳±۱۷/۱۴	-۰/٤٤	۰/٦٦
سرعت زاویه‌ای بازشدن مفصل شانه در لحظه رهایی (درجه/ثانیه)	۹۱۳/۳۹±۲۲۵/۸۷	٦۹٤/۰٦±۲۳۵/٤۲	-۱/۱۳	۰/۲۸
موقعیت زاویه‌ای بازشدن مفصل شانه در لحظه رهایی (درجه)	۱۰۴/۱۷±۹/۱۶	۱۰۴/۳۲±۱۴/۲۸	-۰/۲۷	۰/۹۸
بیشینه سرعت زاویه‌ای بازشدن مفصل شانه در مرحله نهایی شوت (درجه/ثانیه)	۱۰٤۸/۲±۲۴۹/۴۷	۸۵٦/۷±۱۲۰/۷۲	-۰/٤۹	۰/٦۳
موقعیت زاویه‌ای مفصل شانه در بیشینه سرعت بازشدن آن (درجه)	۹۵/۷۲±۷/۵۵	۱۰۱/۵۳±۷/۹۱	-۱/٦۳	۰/۱۲
سرعت خطی مچ در لحظه رهایی (متر/ثانیه)	۱۰/۲۹±۱/۳۹	۷/۱۸±۰/۸۴	۵/۹۷	*۰/۰۰۱
سرعت خطی توپ در لحظه رهایی(متر/ثانیه)	۱۸/۸۰±۱/۳۹	۱۴/۶۰±۱/۰۲	۱/۲۱	*۰/۰۰۱

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش شوت سه‌گام هندبال که یکی از کاربردی‌ترین شوت‌های این بازی است، بررسی شد. نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مربوط به مفاصل اندام فوقانی شامل مچ، آرنج و شانه بازیکنان هندبال نخبه می‌باشد. بررسی این نتایج که در جدول شماره ۱ آمده است نشان می‌دهد موقعیت زاویه‌ای هر سه مفصل در لحظه رهایی و بیشینه سرعت خم و بازشدن مچ، بازشدن آرنج و نزدیک و باز شدن شانه، دارای مقادیر نزدیک به هم در دو رده سنی می‌باشند. وجود چنین تشابهی در الگوهای حرکتی به جز متفاوت بودن سرعت خطی توپ و مچ و موقعیت زاویه‌ای آرنج در بیشینه سرعت

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.23.5.8]
[DOI: 10.29252/jsmt.12.1.59]

زاویه‌ای آن نشان می‌دهد نوجوانان که به‌طور نسبی مهارت‌های پایه‌ای را خوب آموخته‌اند، آن‌ها را در مهارت‌های پیچیده ورزشی ترکیب کرده و به‌کار می‌گیرند (۱۵). وجود تفاوت در موقعیت زاویه‌ای آرنج در بیشینه سرعت زاویه‌ای آن ممکن است به تفاوت در تکنیک اجرای این دو گروه و تلاش برای رسیدن به بالاترین سرعت رهایی توپ باشد.

رده سنی بزرگسالان در زمان کمتری از کل زمان مرحله نهایی شوت اقدام به پرتاب کرده‌اند، همین‌طور ٦٦/٧ درصد بزرگسالان و ٦٠ درصد نوجوانان بیشینه‌ی سرعت زاویه‌ای بازشدن آرنج را در مرحله‌ی بالا رفتن دست قبل از پرتاب به‌دست آورده‌اند. این تفاوت‌ها ممکن است به پالایش مهارت در گروه سنی بزرگسالان مربوط بوده و نشان می‌دهد افزایش سن بر اجرای مهارت‌های افراد اثرگذار است (۱۵). بیدو و همکاران (۲۰۰٤) اعتقاد دارد که اجرا و تغییرپذیری حرکت برای تکنیکهای مختلف شوت در فازهای مختلف آن و سطوح مختلف مهارت، متفاوت است. آنها ادعا می‌کنند که بازیکنان ماهر هندبال توانایی جایگزین کردن تغییرپذیری حرکت در فاز شتاب به دقت در شوت را دارا هستند و قادر به کنترل حرکت می‌باشند، اگرچه تغییرپذیری حرکت در فرود با شوت در حال دویدن کاهش می‌یابد (۱۹).

در سرعت زاویه‌ای بازشدن آرنج و بازشدن و نزدیک شدن شانه در لحظه رهایی، بیشینه سرعت زاویه‌ای خم شدن مچ وبازشدن شانه در مرحله نهایی شوت نوجوانان نتایج بهتری داشتند ولی تفاوت معناداری در این مقادیر مشاهده نشد. با افزایش سن و رشد و نمو کودکان، نوجوانان و جوانان قدرت عضلانی آن‌ها افزایش پیدا می‌کند. قدرت عضلانی تنها مربوط به اندازه‌ی عضله نیست. با رشد و بالیدگی، نوجوانان به عامل دیگری غیراز نمو عضله می‌رسند که به افزایش قدرت آن‌ها کمک می‌کند. این عامل به احتمال زیاد پیشرفت هماهنگی عضله در فراخوانی تارچه‌ها یعنی بالا رفتن مهارت در استفاده از عضلات مختلف برای تولید نیرو (۱۵) و نهایتا" افزایش سرعت پرتاب نوجوانان است. واگنر و همکاران (۲۰۱۰) تفاوت معنی‌داری در بیشینه سرعت زاویه‌ای چرخش داخلی شانه بین بازیکنان نخبه و سطح پایین به‌دست نیاوردند. آنها همچنین نشان دادند که بازیکنانی که سرعت رهایی توپ پایین‌تری دارند ممکن است توانایی تولید بیشینه سرعت زاویه‌ای بالاتری در چرخش داخلی شانه و نه در رهایی توپ داشته باشند (٤). ون دن تیلار و کابری (۲۰۱۲) برای بررسی تاثیر تفاوتهای جنسیتی در ویژگی های کینماتیکی، پرتاب بالای سر هندبالیستهای نخبه را بررسی کردند. تفاوت عمده‌ای در کینماتیک به جز سرعت بیشینه نقطه انتهایی در بخشهای دست و مچ زنان و مردانی که با تکنیک یکسان پرتاب کردند، مشاهده نشد (۱۰). با توجه به‌اینکه پسران نوجوان و زنان به رشد عضلانی و قدرت همانند مردان بزرگسال نمی‌رسند، نتایج پژوهش فوق مشابه با پژوهش ما به نظر می‌رسد.

مقادیر سرعت زاویه‌ای توپ و خم‌شدن مچ در لحظه‌رهایی، بیشینه سرعت زاویه‌ای آرنج و بیشینه سرعت زاویه‌ای نزدیک‌شدن شانه در مرحله نهایی شوت و سرعت خطی مچ و توپ در لحظه رهایی در گروه بزرگسال بیشتر می‌باشد اما این تفاوت معنی‌دار نیست. از آن‌جایی که در دوران قبل از بلوغ و جوانی، مهارت از نظر کمی پیشرفت می‌کند و بخشی از این پیشرفتهای کمی نتیجه‌ی رشد مستمر به‌ویژه در دوران بلوغ بوده که با افزایش قدرت همراه است (۱۵)، می‌توان عدم وجود تفاوت معنی‌دار را توجیه کرد. واگنر و همکاران (۲۰۰۸) تفاوت معنی‌دار در سرعت رهایی توپ و خم‌شدن مچ بین بازیکنان سطوح مختلف، گزارش کردند (۲۰). ون دن تیلار و اتما (۲۰۰٤) نشان دادند که بیشینه باز شدن آرنج

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.23.5.8]
[DOI: 10.29252/jsmt.12.1.59]

به‌طور عمده‌ای در سرعت رهایی توپ سهیم است (۱۱). واگنر و همکاران (۲۰۰٦) کینماتیک و سرعت توپ در شوت با پرش هندبال را در سه گروه با سطح متفاوت اجرا، بررسی کردند و پی‌بردند که تفاوتهای معنی‌داری بین گروهها در سرعت توپ، سرعت مچ و انگشتان، دامنه زاویه خم و بازشدن شانه و سرعت زاویه‌ای بیشینه در خم و باز شدن و چرخش داخلی شانه، خم شدن ساعد و انحراف به سمت زند زیرین در مچ وجود دارد. آنها معتقدند علت اصلی افزایش سرعت توپ، افزایش سرعت زاویه‌ای شانه، مخصوصا" خم شدن شانه، باز شدن ساعد و انحراف به سمت زند زیرین مچ می‌باشد (۲۱). واگنر(۲۰۱۰) قابلیت رسیدن بازیکنان نخبه به سرعت زاویه‌ای چرخش داخلی شانه در حدود ۵۰۰۰ درجه بر ثانیه را گزارش کرد(٤). در این پژوهش ما به مقدار بیشینه سرعت زاویه‌ای نزدیک شدن شانه در حدود ٤۸۹۱ درجه بر ثانیه در گروه بزرگسال رسیدیم. همچنین سرعت زاویه‌ای باز شدن آرنج مچ بازیکنان نخبه در حدود ۱۵۲٦ درجه بر ثانیه گزارش شده است (٤) که این مقادیر در پژوهش ما به ترتیب حدود ۲۹۰۰ درجه بر ثانیه به‌دست آمده است. به نظر می‌رسد این تفاوتها به‌علت تفاوت در تکنیک باز کردن آرنج دست پرتاب بازیکنان گروه بزرگسال ما باشد.

بررسی مقدار سرعت خطی رهایی توپ نشان می‌دهد که میانگین اجرای گروه بزرگسال دارای تفاوت معنی‌دار با گروه نوجوان می‌باشد. پوری، بن و سیبلا (۲۰۰۵)، سیبیلا، پوری و بن (۲۰۰۳) وان دن تیلار و اتما (۲۰۰٤ و ۲۰۰۷)، واگنر و همکاران (۲۰۰۸ و ۲۰۱۰) اعتقاد دارند سرعت رهایی توپ مهمترین عامل تعیین‌کننده در اجرای شوت هندبال است(۲۲ و۲۰ و ۱۱ و ٦ و ٤ و ۳). نتایج واگنر و همکاران (۲۰۱۰) نشان می‌دهد بازیکنان با قد بلندتر و وزن بیشتر قابلیت رسیدن به سرعت بالاتر رهایی توپ را دارا می‌باشند. این نتایج از تجربه‌ی داشتن وزن بالای ۹۰ کیلوگرم و قد بلندتر از ۱/۹۰ متر برای بازیکنان عقب زمین که باید پرتاب‌های با سرعت رهایی بالاتری داشته باشند حمایت می‌کند (٤). در این پژوهش عدم وجود تفاوت معنی‌دار در اکثر پارامترهای به‌دست آمده از دو گروه، به جز سرعت رهایی توپ نشان می‌دهد که احتمالا" ویژگی‌های آنتروپومتری یکی از عوامل موثر در سرعت رهایی توپ می‌باشد. علت آن علاوه بر عامل قدرت عضلانی بالاتر بازیکنان گروه بزرگسال، به بلندتر بودن بازوهای گشتاور عضلاتی که مسئول تولید نیرو و توان در اجرای تکنیک شوت است، مربوط می‌باشد. با توجه به پژوهشهای موجود ویژگیهای آنتروپومتری گروه‌های مختلف باعث ایجاد تفاوت در سرعت رهایی توپ می‌شود. دبان (۲۰۱۱) در مورد تاثیر متغیرهای آنتروپومتریک عمومی، متغیرهای خاص هندبال، توان بالا تنه و قدرت روی سرعت پرتاب توپ در موقعیت ایستا و پیش بینی این سرعت، پژوهش کرد. متغیرهای آنترپومتریک عمومی مثل قد، توده بدن، توده بدون چربی و شاخص توده بدن و پارامترهای خاص هندبال مانند اندازه دست و اندازه بازو اندازه گرفته شد، قدرت دینامیکی بالاتنه در آزمایش پرتاب توپ مدیسن ۲ کیلوگرمی و قدرت با استفاده از آزمون پرس سینه با یک تکرار بیشینه ارزیابی شد. اجرا در پرتاب توپ مدیسن بهترین پیش‌بینی کننده بود. متغیرهای آنتروپومتریک عمومی پیش‌بینی بهتری از متغیرهای آنتروپومتریکی خاص هندبال داشتند(۹). بر اساس نتایج پژوهش لافای (۲۰۱۲)، بازیکنان نخبه، قدبلندتر و سنگین‌تر از بازیکنان ماهر بودند و قدرت بالاتنه بیشتری داشتند. این پژوهشها به وجود اهمیت بالای ویژگی‌های آنتروپومتریک در تفاوت داشتن سرعت رهایی توپ در دو گروه بزرگسال و نوجوان، با وجود عدم تفاوت در سایر پارامترهای کینماتیکی، قوت می‌بخشد (۲۳). شلفاوی (۲۰۱۱) با کمیت دادن به

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.23.5.8]
[DOI: 10.29252/jsmt.12.1.59]

تفاوتهای سرعت شوت به‌عنوان تابعی از موقعیت، سن، نوع شوت و هدف شوت نشان‌داد که بازیکنان عقب زمین در مقایسه با بازیکنان چرخشی‌زن، گوش و دروازه‌بانان و همین‌طور بازیکنان چرخشی زن نسبت به بازیکنان گوش و دروازه‌بانان سرعت شوت بالاتری داشتند (۲٤). با توجه به نتایج او، تخصص بازیکنان هندبال احتمالا یکی از عوامل به‌وجود آمدن پراکندگی در نتایج پژوهش ما شده است. نتایج پژوهش سیبیلا، پوری و بن (۲۰۰۳) در مورد بازیکنان نخبه هندبال اسلوونی(۳) و پوری، بن و سیبلا (۲۰۰۵) در مورد بازیکنان تیم ملی اسلوونی(٦) سرعت رهایی توپ را حدود ۲٤ متربرثانیه و واگنر (۲۰۱۰) این مقدار را حدود ۲۲/۳ متربرثانیه (٤) گزارش کرده‌اند این مقدار حدود ۱۸/۲۸ متربرثانیه برای گروه بزرگسال و حدود ۱٤/۱۸ متربرثانیه برای گروه نوجوان در پژوهش حاضر می‌باشد. این تفاوت در سرعت رهایی توپ ممکن است به‌علت تفاوت سطح اجرا، تفاوتهای آنتروپومتریکی و تفاوت سن بازیکنان نخبه اروپایی با آزمودنی‌های این پژوهش باشد.

از آنجایی‌که نتایج پژوهش، تفاوت معناداری در اجرای نوجوانان و بزرگسالان نشان نمی‌دهد؛ بنابراین به‌نظر می‌رسد مربیان می‌توانند نوجوانانی که مهارت‌های پایه‌ای را به‌خوبی آموخته‌اند همانند گروه بزرگسالان در نظر گرفته و برنامه‌های تمرینی تقریبا مشابه با بزرگسالان برای آنان طراحی کنند. البته با توجه به‌اینکه استخوان‌های نوجوانان هنوز در حال نمو است و ممکن است در مقابل کشش و فشار در ناحیه اپی‌فیز آسیب‌پذیر باشند، این احتمال وجود دارد که تمرین با وزنه یا حرکات با شدت بالا صدمه زننده بوده یا با تکرار آن فرد دچار آسیب‌های مزمن شود. لذا نوجوانان هنگامی که تمرین با وزنه آزاد را به‌منظور افزایش قدرت انجام می‌دهند باید تحت نظارت باشند یا از روشهای دیگری مثل تمرین‌های با وزن بدن، کش‌های تمرینی و توپ پزشکی استفاده کنند.

References

1. Poorkiani, M., Najafpoor, M., Miri, H. (2011). Handball: technics tactics and rules. Tehran. Bamdad Ketab. 17,33,40. (Persian).
2. Meriç, B., Aydin, M., Çolak, T., Özbek, A., & Bulgan, Ç. (2009). 3D kinematic analysis of overarm movements for different sports. Kinesiology, 41(1.), 105-112.
3. Šibila, M., Pori, P., & Bon, M. (2003). Basic kinematic differences between two types of jumps shot techniques in handball. Universitatis Palackianae Olomucensis Gymnica, 33(1), 19-26.
4. Wagner, H., Buchecker, M., Von Duvillard, S.P., Müller, E. (2010). Kinematic description of elite vs. low level players in team-handball jump throw. Journal of Sports Science & Medicine, 9(1), 15-23.
5. Yotov, I., Arakchiyski., Z. (2011). Kinematic Structure of the Jump Shot in Handball Game, Vienna / Austria - Publisher: Ehf Web Periodical
6. Pori, P., Bon, M., Šibila, M. (2005). Jump shot performance in team handball–a kinematic model evaluated on the basis of expert modelling. Kinesiology, 37(1), 40-49.
7. Rivilla-Garcia, J., Grande, I., Sampedro, J., & Van Den Tillaar, R. (2011). Influence of opposition on ball velocity in the handball jump throw. Journal of Sports Science & Medicine, 10(3), 534–539.
8. Rocha, E.K., Silva, F.C., Soares, D.P., Loss, J.F. (2005). Analysis of different handball throwing from the ball and segments velocities on. FIEP bulletin. 75(1): 434-437.
9. Debanne, T., & Laffaye, G. (2011). Predicting the throwing velocity of the ball in handball with anthropometric variables and isotonic tests. Journal of Sports Sciences, 29(7), 705-713.
10. Van Den Tillaar, R., & Cabri, J. M. (2012). Gender differences in the kinematics and ball velocity of overarm throwing in elite team handball players. Journal of Sports Sciences, 30(8), 807-813.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.23.5.8]
[DOI: 10.29252/jsmt.12.1.59]

11. Van Den Tillaar, R., Ettema, G. (2004). A force-velocity relationship and coordination patterns in overarm throwing. Journal of Sports Science and Medicine, 3(4): 211-219.
12. Wagner, H., Pfusterschmied, J., von Duvillard, S. P., Müller, E. (2011). Performance and kinematics of various throwing techniques in team-handball. Journal of Sports Science & Medicine, 10(1), 73-80.
13. Gallahue, D.L., Ozmun, J.C. (2006). Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults. Translated by Hemayattalab, R., Movahedi, A., Farsi, A., Fooladian, J. 6th ed. New York: McGraw-Hill. (Persian)
14. Sadeghi, H. (2006). Introduction to biomechanic of sport. Tehran. Samt. Pp 3, 9. (Persian)
15. Haywood, K.M. (2009). Life Span Motor Development. Mehdi Namazizadeh and Mohammad Ali Aslankhani. Tehran. Samt. Pp 13-18, 266-68, 302-303, 394-95. (Persian).
16. Beunen, G., & Thomis, M. (2000). Muscular strength development in children and adolescents. Pediatric Exercise Science, 12(2), 174-197.
17. Zubik, M., Spieszny, M., Sumara, M. (2013). Identifying talented handball players–the possibilities of examining the players by means of speed-force and coordination tests. Central European Journal of Sport Sciences and Medicine, 4(4), 53-62.
18. Payton, C., Bartlett, R. (2008). Biomechanical evaluation of movement in sport and exercise: The BASES guidelines. New York: Routledge.
19. Bideau, B., Multon, F., Kulpa, R., Fradet, L., Arnaldi, B., & Delamarche, P. (2004). Using virtual reality to analyze links between handball thrower kinematics and goalkeeper's reactions. Neuroscience Letters, 372(1-2), 119-122.
20. Wagner, H., Müller, E. (2008). The effects of differential and variable training on the quality parameters of a handball throw. Sports Biomechanics, 7(1), 54-71.
21. Wagner, H., Klous, M., and Müller. E. (2006). Kinematics of the upward jumping throw in handball: Comparison of players with different level of performance. in Proceedings of the XXIV International Symposium on Biomechanics in Sports. Department of Sport Science and Kinesiology, University of Salzburg, Austria Salzburg.
22. Van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2007). A three-dimensional analysis of overarm throwing in experienced handball players. Journal of Applied Biomechanics, 23(1), 12-19.
23. Laffaye, G., Debanne, T., & Choukou, A.M. (2012). Is the ball velocity dependent on expertise? A multidimensional study in handball. International Journal of Performance Analysis in Sport, 12(3), 629-642.
24. Shalfawi, S.A., Seiler, S., Tønnessen, E., & Haugen, T.A. (2014). Shooting velocity aspects in Norwegian elite team handball. Serb Journal Sports Sciences, 8, 33-40.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1401.20.23.5.8]
[DOI: 10.29252/jsmt.12.1.59]