رفتار حرکتی شماره ۳۴، زمستان ۱۳۹۷، صص ۴۸-۲۹

مقایسهٔ هماهنگی درون‌عضوی و زمان‌بندی اجرای مهارت پرتاب بیسبال در پرتابگران ماهر و مبتدی با تأکید بر فازهای مختلف حرکت

سعید قربانی[1]، آندریاس بوند[2]

۱. استادیار رفتار حرکتی، گروه تربیت بدنی، واحد علی‌آباد کتول، دانشگاه آزاد اسلامی، علی‌آباد کتول، ایران*
۲. استاد رفتار حرکتی، دانشگاه لوکزامبورگ

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۰۶

چکیده

هماهنگی اندام‌های بدن درطول اجرای مهارت پرتاب بیسبال و زمان‌بندی اجرای فازهای مختلف حرکت، به‌طورکامل شناخته‌شده نیست. هدف پژوهش حاضر، توصیف هماهنگی درون‌عضوی و زمان‌بندی اجرای مهارت پرتاب بیسبال با تأکید بر فازهای شش‌گانهٔ آن در پرتابگر ماهر و مقایسهٔ آن‌ها با پرتابگران مبتدی بود. شرکت‌کننده‌های پژوهش شامل هشت پرتابگر مبتدی و یک پرتابگر ماهر بودند. هماهنگی درون‌عضوی شامل هماهنگی بین مفاصل شانه و آرنج بود که با استفاده از نمودارهای زاویه- زاویه نمایش داده شد. نقاط شروع و پایان پرتاب‌ها با استفاده از روش درون‌یابی خطی یکسان‌سازی شدند و به ۲۵۰ نقطهٔ زمانی نرمالیزه شدند. زمان‌بندی، زاویهٔ ابتدا و انتهای هر فاز و حداقل و حداکثر زاویهٔ مفاصل شانه و آرنج در هر فاز، در پرتابگران مبتدی با ماهر مقایسه شدند. نتایج نشان داد که تفاوت نسبتاً آشکاری بین پرتابگران ماهر و مبتدی در هماهنگی درون‌عضوی مفاصل شانه- آرنج به‌خصوص در فازهای ابتدایی آغاز و گام وجود دارد. همچنین، تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای بین پرتابگران مبتدی با پرتابگر ماهر در زوایای ابتدایی، انتهایی و حداقل و حداکثر زاویهٔ ایجادشده در مفاصل شانه و آرنج در فازهای مختلف حرکت وجود دارد. همچنین، پرتابگران مبتدی کل مهارت و فازهای اول، چهارم و پنجم را در زمان کمتری نسبت به پرتابگر ماهر اجرا می‌کنند. دربارهٔ نتایج پژوهش با توجه به ویژگی‌های فضایی- زمانی اجرای مهارت پرتاب بیسبال در پرتابگران ماهر و مبتدی و ملاحظات کاربردی آن درزمینهٔ بهبود مهارت و جلوگیری از آسیب بحث شده است.

واژگان کلیدی: پرتاب بیسبال، هماهنگی درون‌عضوی، زمان‌بندی، فاز حرکت

*نویسندهٔ مسئول Email: s.ghorbani@aliabadiau.ac.ir

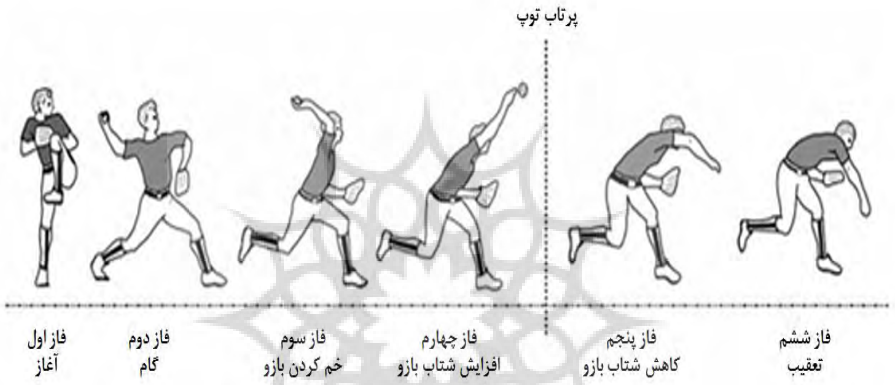
مقدمه

تمامی حرکات پرتاب از بالای شانه تقریباً بیومکانیک مشابهی دارند. حرکت پرتاب بیسبال[1] یکی از پویاترین حرکات پرتاب از بالای شانه به‌شمار می‌رود که دارای سرعت بسیار زیاد توپ و میزان آسیب-دیدگی زیادی است. در ورزش بیسبال، این مهارت برای شروع بازی اجرا می‌شود و توپ به‌وسیلهٔ پرتابگر[2] به‌سمت چوب‌زن[3] تیم حریف پرتاب می‌شود. مهارت پرتاب بیسبال نیازمند قدرت بدنی بالا، زمان‌بندی حرکتی دقیق و هماهنگی بخش‌های مختلف بدن (یعنی مکانیک مناسب) برای جابه‌جایی دقیق توپ با حداکثر سرعت است (۱). به‌واسطهٔ حرکت هماهنگ تمام بخش‌های بدن، انرژی بالستیک زیادی به توپ وارد می‌شود که به افزایش حداکثری سرعت توپ در زمان پرتاب منجر می‌شود. درک درست بیومکانیک مهارت پرتاب بیسبال می‌تواند به بهینه‌کردن حرکت و به حداقل‌رساندن آسیب کمک کند. تغییرات ناشی از مکانیک نامناسب حرکت می‌تواند بر عملکرد پرتابگر تأثیر بگذارد و حتی به افزایش آسیب‌پذیری وی منجر شود. همچنین، آسیب‌های ناشی از حرکت پرتاب بیسبال می‌تواند ناشی از نیرو و گشتاور زیادی باشد که به شانه و آرنج درطول حرکت وارد می‌شود (۶-۲).

مهارت پرتاب بیسبال یک حرکت پیوسته است؛ اما درواقع، برای درک بهتر زنجیرهٔ حرکتی مهارت می‌توان آن را به فازهای مختلف تقسیم کرد. در ادبیات بیومکانیک ورزشی، مهارت پرتاب بیسبال عموماً به شش فاز مختلف تقسیم می‌شود که شامل فازهای آغاز،[4] گام،[5] خم‌کردن بازو،[6] افزایش شتاب بازو،[7] کاهش شتاب بازو،[8] و تعقیب[9] است. در شکل شمارهٔ یک، این مراحل نشان داده شده‌اند. در فاز اول، پرتابگر سعی می‌کند خود را در یک موقعیت مناسب برای آغاز حرکت قرار دهد. برای این کار، پرتابگر پای چپ خود را (برای پرتابگرهای راست‌دست) کمی به‌سمت عقب و سپس، به‌سمت جلو حرکت می‌دهد و سپس، زانو را خم می‌کند و آن را به‌سمت بالا و جلو می‌آورد. در فاز دوم، پرتابگر حرکت خود را به‌سمت هدف ادامه می‌دهد. پای چپ را به‌سمت پایین هدایت می‌کند و ران شروع به چرخش به‌سمت هدف می‌کند. در این فاز، حرکت پا بدن را به‌سمت هدف هدایت می‌کند. در فاز سوم، پرتابگر دست حامل توپ را به‌سمت عقب و پشت سر خود می‌آورد. در انتهای این فاز، آرنج

1. Baseball-Pitch
2. Pitcher
3. Batter
4. Wind-Up
5. Stride
6. Arm Cocking
7. Arm Acceleration
8. Arm Deceleration
9. Follow-Through

پرتابگر کاملاً خم است. در فاز چهارم، آرنج شروع به بازشدن می‌کند که با چرخش شانه همراه است. دست با سرعت زیادی روبه‌جلو و به‌سمت هدف حرکت می‌کند و در انتهای این فاز، توپ به‌سمت هدف پرتاب می‌شود. فاز پنجم با رهاشدن توپ از دست آغاز می‌شود و در این فاز، پرتابگر سعی می‌کند سرعت دست حامل توپ را کاهش دهد. درنهایت در فاز ششم، پرتابگر به کنترل اندام‌های بدن می‌پردازد که با توجه به ماهیت بسیار سریع حرکت پرتاب بیسبال برای جلوگیری از آسیب اندام‌های درگیر در حرکت بسیار مهم است (۱۰-۷).



شکل ۱- ساختار فازهای مختلف مهارت پرتاب بیسبال، برگرفته از روژاس و همکاران (۱۱)

همراه با پیشرفت فناوری تجزیه‌وتحلیل سه‌بعدی حرکت، ویژگی‌های سینماتیکی و سینتیکی و تأثیر عوامل مختلف بر ویژگیه‌ای سینماتیکی و سینتیکی مهارت‌های ورزشی مختلف مطالعه شده است (۲۱-۱۲). بیومکانیک مهارت پرتاب بیسبال نیز همانند بسیاری از حرکات ورزشی دیگر با هدف بررسی ابعاد دقیق سینماتیکی و سینتیکی مهارت، بهبود عملکرد و جلوگیری از آسیب ورزشکاران مطالعه شده است (۳۰-۲۲،۱۰-۷،۱). مطالعات اولیه توصیف دقیق سینماتیک پرتاب بیسبال را ارائه دادند که به ورزشکاران، مربیان، و متخصصان علوم ورزشی و پزشکی کمک می‌کند نیازهای این مهارت را بهتر درک کنند. این پژوهش‌ها تجزیه‌وتحلیلی کیفی را از متغیرهایی مانند جابه‌جایی، زاویه، سرعت و شتاب در اندام‌های مختلف بدن در زمان اجرای مهارت ارائه کردند؛ به‌عنوان‌مثال، دیلمان[1] و همکاران (۸) به بررسی سینماتیکی حرکت اندام بازو و مفصل شانه طی پرتاب بیسبال پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که مهم‌ترین حرکت در مفصل شانه در پرتاب بیسبال، چرخش داخلی و خارجی

1. Dillman

است. انعطاف‌پذیری بالای مفاصل بازو و کتف به پرتابگر اجازه می‌دهد که بازو را تاحدود ۱۷۵ درجه، چرخش خارجی دهد. تقریباً در فاصلهٔ زمانی ۳۰ میلی‌ثانیه قبل از پرتاب توپ، بازو به چرخش داخلی حدود ۸۰ درجه می‌رسد که در همین نقطهٔ اوج، سرعت زاویه‌ای آن درحدود ۷۰۰۰ درجه بر ثانیه است. وانگ[1] و همکاران (۲۲) به بررسی سینماتیکی مهارت پرتاب بیسبال در مرحلهٔ افزایش شتاب دست پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که چرخش بیرونی حداکثری در مفصل شانه در ابتدای فاز افزایش شتاب بازو باعث ایجاد سرعت بالایی در توپ می‌شود؛ زیرا، جابه‌جایی بیشتر خطی و زاویه‌ای می‌تواند برای سرعت‌بخشیدن به ساعد در زمان پرتاب استفاده شود. کاهش سرعت حرکت مچ دست دقیقاً قبل از پرتاب توپ می‌تواند روش کلیدی و بسیار مهمی برای افزایش سرعت حرکت توپ باشد. نیسن[2] و همکاران (۲۳) تجزیه‌وتحلیلی سه بعدی را از مهارت پرتاب بیسبال در نوجوانان با تأکید بر حرکت مچ و دست انجام دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که حرکت کلی مچ شامل پرونیشن/ سوپینیسشن ۱۵ ± ۶۳ درجه، فلکشن/ اکستنشن مچ ۱۴ ± ۴۴ درجه، فلکشن اولنار/رادیال ۴ ± ۱۲ درجه بود. بیشترین حرکت مچ بین زمان رهاکردن توپ و چرخش داخلی بازو انجام شد که دارای بیشترین سرعت پرونیشن ۶۴۶ ± ۲۰۵۱ درجه بر ثانیه به توان منفی یک بود. دامنهٔ چرخش داخلی بازو شامل ۱۳ ± ۱۲۵ درجه و بیشترین سرعت چرخش داخلی ۴۵۳ ± ۳۳۴۳ درجه بر ثانیه به توان منفی یک بود.

گروه دیگری از پژوهش‌ها عواملی را بررسی کردند که با بهبود عملکرد و جلوگیری از آسیب ارتباط داشتند (۳۴-۳۱، ۶-۲). فورتنباوق[3] و همکاران (۲) گزارش کردند که چندین پارامتر سینماتیکی از لحظهٔ تماس پا در انتهای فاز دوم با افزایش سینتیک اندام فوقانی همراه بود که شامل موقعیت پای جلو، جهت پای جلو، دورشدن شانه و نزدیک‌شدن افقی شانه می‌شد. زمان‌بندی چرخش خارجی شانه، چرخش لگن و چرخش بالاتنه با افزایش سینتیک و کاهش سرعت توپ همراه بود. نیروی کم نگهدارندهٔ پای هدایت‌کننده و یک گام کوتاه با کاهش سرعت توپ همراه بود. کاهش حداکثر چرخش بیرونی شانه، دورشدن شانه، بازشدن زانو و خم‌شدن تنه نیز همراه با کاهش سرعت توپ بود. با پیشرفت پرتابگران، ارزش‌های سینماتیکی ثابت باقی ماندند، تغییرپذیری آن‌ها کاهش یافت و ارزش‌های سینتیکی به‌تدریج افزایش یافتند. با خستگی پرتابگران، ارزش‌های سینتیکی ثابت باقی ماندند؛ اما همراه با افزایش درد بازو بود. اسکامیلا[4] و همکاران (۳۵) عامل خستگی را در مهارت پرتاب بیسبال بررسی کردند. نتایج نشان داد که با افزایش خستگی، پرتابگران قادر به پرتاب بودند؛ اما با

1. Wang
2. Nissen
3. Fortenbaugh
4. Escamilla

کاهش سرعت توپ همراه بود و تنه به‌تدریج به‌صورت عمودی قرار می‌گرفت. این نویسندگان نتیجه‌گیری کردند درصورتی‌که پرتابگر به‌مدت طولانی پرتاب کند، احتمال خطر آسیب‌دیدگی افزایش می‌یابد.

تاکنون پژوهشگران درزمینهٔ مهارت پرتاب بیسبال به تجزیه‌وتحلیل سینماتیکی و سینتیکی این مهارت و همچنین، متغیرهای مهم تأثیرگذار بر بهبود عملکرد و جلوگیری از آسیب پرداخته‌اند. بیشتر پژوهش‌ها بر تجزیه‌وتحلیل مفاصل مختلف بدن به‌صورت انفرادی تمرکز کرده‌اند (۳۹-۳۵، ۲۹، ۲۷، ۲۴، ۲۲، ۸، ۶)؛ بااین‌حال، در یک زنجیرهٔ حرکتی حرکت یک مفصل بر حرکت مفصل مجاور تأثیر می‌گذارد و بنابراین، مطالعهٔ مفاصل به‌طور جداگانه پیچیدگی حرکت هماهنگ اجزای بدن را به‌طورکامل نشان نمی‌دهد؛ ازاین‌رو، یکی از موضوع‌های مهمی که در پژوهش‌های بیومکانیک مهارت پرتاب بیسبال پرداخته نشده است، بررسی هماهنگی[1] اندام‌های مختلف درگیر در اجرای این مهارت در پرتابگران مبتدی با ماهر است. افزون‌براین، مهارت پرتاب بیسبال دارای فازهای مختلف حرکتی است که در پژوهش‌های گذشته به این فازها اشاره شده است؛ اما ازنظر هماهنگی حرکتی بررسی دقیق نشده‌اند. در علم کنترل حرکتی و بیومکانیک، هماهنگی به ارتباط بین حرکات بخش‌های مختلف بدن اطلاق می‌شود. هماهنگی می‌تواند به‌عنوان هماهنگی درون‌عضوی[2] (یعنی ارتباط بین حرکات مفاصل یک عضو بدن، به‌عنوان‌مثال، مفصل شانهٔ دست راست نسبت به مفصل آرنج دست راست) و هماهنگی بین‌عضوی[3] (رابطهٔ بین حرکات دو اندام مختلف نسبت به یکدیگر، به‌عنوان‌مثال، مفصل آرنج دست راست نسبت به مفصل آرنج دست چپ) باشد. در پژوهش حاضر، هماهنگی درون‌عضوی مفاصل شانه- آرنج دست پرتاب‌کننده به‌عنوان اندامی که در مهارت پرتاب بیسبال عمل پرتاب را اجرا می‌کند، بررسی شد؛ ازاین‌رو، این پژوهش دو هدف را دنبال کرده است: ۱- توصیف هماهنگی درون‌عضوی مفاصل شانه- آرنج دست پرتاب‌کننده در فازهای مختلف مهارت پرتاب بیسبال و همچنین، زمان‌بندی اجرای مهارت در پرتابگران ماهر و مبتدی؛ ۲- مقایسهٔ هماهنگی درون‌عضوی و زمان‌بندی اجرای مهارت پرتابگران مبتدی با پرتابگر ماهر.

1. Coordination
2. Intra-Limb Coordination
3. Inter-Limb Coordination

روش پژوهش

روش پژوهش حاضر ازنوع توصیفی- مقایسه‌ای و طرح پژوهش به‌صورت مقایسهٔ دو گروه ماهر و مبتدی است.

نمونه پژوهش شامل هشت دانشجو (چهار دختر و چهار پسر) بود که به‌صورت داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند. میانگین سنی شرکت‌کننده‌ها ۲۳/۷ با انحراف استاندارد ۲/۴ سال بود. تمامی شرکت‌کننده‌ها راست‌دست بودند و هیچ سابقهٔ بازی رسمی یا تفریحی در بیسبال نداشتند. برای مقایسهٔ عملکرد شرکت‌کننده‌های مبتدی با یک الگوی صحیح، از یک پرتابگر ماهر مرد با سن ۳۲ سال و تجربهٔ هشت سال بازی در دومین لیگ بیسبال در آلمان استفاده شد. این پژوهش مطابق با استانداردهای اخلاقی بیان‌شده در بیانیهٔ هلسینکی انجام شد و به تأیید کمیتهٔ اخلاق دانشگاه رسید. از تمامی شرکت‌کننده‌ها رضایت‌نامهٔ کتبی دریافت شد.

جهت ضبط داده‌ها، درمجموع، چهار نشانگر بازتابنده روی مفاصل لگن، شانه، آرنج و مچ دست راست نصب شدند. نشانگرهای لگن، شانه و آرنج، زاویهٔ مفصلی شانه و نشانگرهای شانه، آرنج و مچ، زاویهٔ مفصلی آرنج را تشکیل دادند. چهار دوربین دیجیتال موقعیت مکانی و زمانی نشانگرها را درطول عملکرد پرتابگر ماهر و شرکت‌کننده‌های مبتدی فیلم‌برداری کردند. سپس، با استفاده از نرم‌افزار سیمی موشن[1]نسخهٔ ۵/۰ ساخت کشور آلمان، داده‌های سینماتیکی مربوط به زاویهٔ مفاصل به‌دست آمدند.

در این پژوهش، داده‌های سینماتیکی شامل هماهنگی درون‌عضوی شانه-آرنج بودند. برای بررسی هماهنگی درون‌عضوی، داده‌های مربوط به زاویهٔ مفاصل از نرم‌افزار استخراج شدند. با توجه به مدت زمان متفاوت فیلم‌های گرفته‌شده از هر پرتاب، با استفاده از روش درون‌یابی خطی[2]نقاط شروع و پایان هر پرتاب یکسان‌سازی شدند. سپس، هر پرتاب به ۲۵۰ نقطهٔ زمانی نرمالیزه شد. در مرحلهٔ بعد با توجه به مدت زمانی که طول کشیده بود تا پرتابگر ماهر هرکدام از فازهای شش‌گانهٔ مهارت را اجرا کند، تعدادی از این نقاط زمانی به آن فاز اختصاص یافتند. در جدول شمارهٔ یک، مدت زمان اجرای هر فاز به‌وسیلهٔ پرتابگر ماهر و همچنین، تعداد نقاط اختصاص‌داده‌شده به آن فاز آمده‌اند. داده‌ها با استفاده از یک فیلتر باترورث[3]در فرکانس برش هفت هرتز صاف شدند. نمودار زاویه- زاویه برای نمایش الگوی حرکتی مهارت و فازهای شش‌گانهٔ آن استفاده شد. همچنین، زمان‌بندی حرکت به

1. Simi Motion
2. Linear Interpolation
3. Butterworth

مدت زمانی اطلاق می‌شود که پرتابگران ماهر و مبتدی کل مهارت بیسبال و هر مرحله از آن را اجرا کردند.

جدول ۱- مدت زمان اجرای کل مهارت و فازهای حرکتی شش‌گانهٔ آن توسط پرتابگر ماهر و تعداد نقاط اختصاص‌داده‌شده به آن‌ها

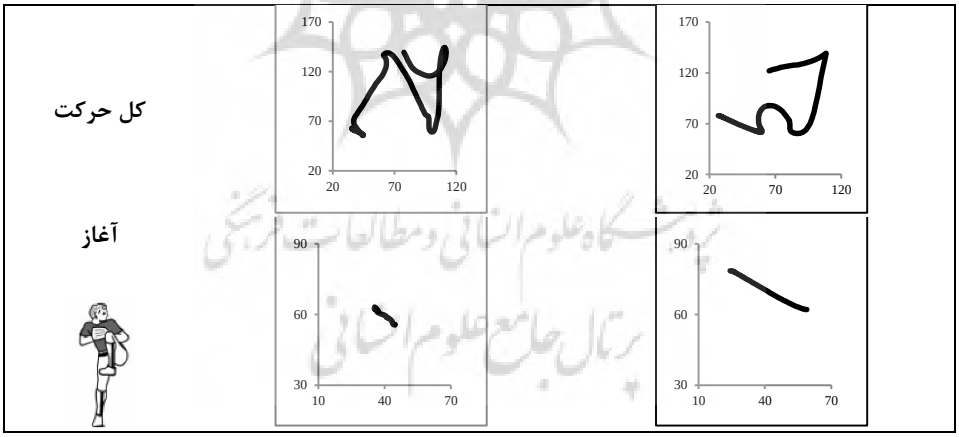
فاز حرکتی	مدت زمان (ثانیه)	تعداد نقاط
آغاز	۱/۰۷۲	۱۰۰
گام	۰/۹۵۸	۹۰
خم‌کردن بازو	۰/۱۶۸	۱۵
افزایش شتاب بازو	۰/۰۹۳	۱۰
کاهش شتاب بازو	۰/۰۷۵	۱۰
تعقیب	۰/۲۳۶	۲۵
کل حرکت	۲/۶۰۲	۲۵۰

جهت اجرای پروتکل پژوهش، پس از هماهنگی اولیه با پرتابگر ماهر، او در آزمایشگاه حاضر شد و پس از نصب نشانگرهای بازتابنده بر روی مفاصل وی، او درمجموع سه پرتاب بیسبال را انجام داد. تمامی پرتاب‌ها به‌وسیلهٔ دوربین‌ها ضبط شدند و پس از بررسی انجام‌شده به‌وسیلهٔ پرتابگر، او یک پرتاب را به‌عنوان بهترین پرتاب انتخاب کرد و این پرتاب برای تجزیه‌وتحلیل استفاده شد. شرکت‌کننده‌های مبتدی نیز به‌صورت انفرادی در آزمایشگاه حاضر شدند و پروتکل پژوهش را اجرا کردند. ابتدا اطلاعات کلی پژوهش به شرکت‌کننده ارائه شد و وی فرم رضایت‌نامه و پرسش‌نامهٔ اطلاعات اولیه شامل سن، دست برتر و تجربهٔ قبلی در بیسبال را تکمیل کرد. پس از نصب نشانگرهای بازتابنده روی مفاصل، وی پنج پرتاب را اجرا کرد که تمامی آن‌ها ضبط شدند. برای آشنایی شرکت‌کننده با مهارتی که باید اجرا شود، وی اطلاعات اولیهٔ مربوط به مهارت بسیبال را قبل از اجرای پرتاب‌ها دریافت کرد. این اطلاعات شامل تصاویر مربوط به هر فاز مهارت (مطابق با شکل شمارهٔ یک) و توضیحاتی برای اجرای آن بود. پس از مطالعهٔ این اطلاعات، شرکت‌کننده پرتاب‌های خود را اجرا کرد. بین هر پرتاب پنج ثانیه زمان استراحت وجود داشت. برای شبیه‌سازی پرتاب بیسبال، یک هدف به فاصله پنج‌متری از شرکت‌کننده تعبیه شد و از وی خواسته شد توپ را به‌سمت هدف تعیین‌شده پرتاب کند. در این پژوهش، از یک توپ استاندارد بیسبال سفیدرنگ با اندازهٔ ۲۳ × ۲۴ سانتی‌متر و وزن ۱۵۰ گرم استفاده شد.

از آمار توصیفی شامل میانگین و انحراف معیار برای توصیف متغیرهای هماهنگی درون‌عضوی و زمان‌بندی استفاده شد. از آزمون تی تک‌نمونه‌ای برای مقایسهٔ متغیرهای هماهنگی درون‌عضوی و زمان‌بندی اجرای مهارت پرتابگران مبتدی با پرتابگر ماهر استفاده شد. در متغیر هماهنگی درون‌عضوی، با توجه به اینکه مهارت به ۲۵۰ نقطهٔ زمانی مختلف تقسیم شده بود، برای مقایسهٔ پرتاب پرتابگران مبتدی با پرتابگر ماهر نقاط زاویه‌ای ابتدا و انتها و حداقل و حداکثر زاویهٔ مفاصل شانه و آرنج، به‌عنوان نقاط مرجع درنظرگرفته شدند. سطح معناداری ۰/۰۵ درنظرگرفته شد. از نرم‌افزار اس.پی.اس.اس.[1] نسخهٔ ۲۲ برای انجام تجزیه‌وتحلیل آماری استفاده شد.

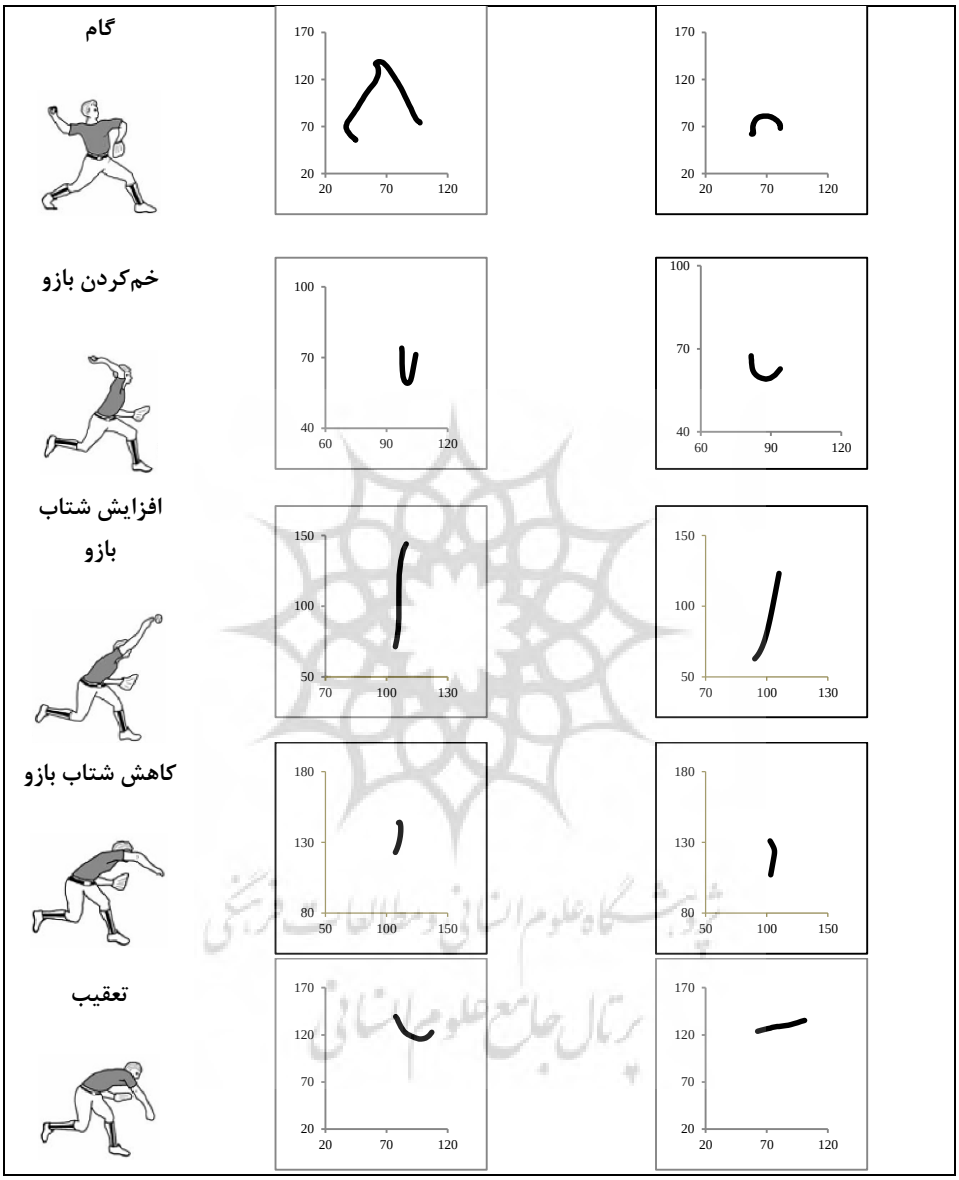
نتایج

در شکل شمارهٔ دو، نمودارهای زاویه- زاویهٔ متغیر هماهنگی درون‌عضوی شانه- آرنج در پرتابگران ماهر و مبتدی آمده است. همچنین، در جدول شمارهٔ دو، میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای پژوهش ارائه شده است. در ادامه، تفاوت‌های بین پرتابگران مبتدی و ماهر برای هریک از فازهای حرکتی بررسی شده‌اند.



شکل ۲- نمودارهای زاویه- زاویه برای هماهنگی درون‌عضوی مفاصل شانه- آرنج

1. SPSS



ادامهٔ شکل ۲- نمودارهای زاویه- زاویه برای هماهنگی درون‌عضوی مفاصل شانه-آرنج

* نمودارهای سمت چپ مربوط به پرتابگر ماهر و نمودارهای سمت راست مربوط به میانگین پرتابگران مبتدی هستند. محور x مربوط به مفصل شانه و محور y مربوط به مفصل آرنج هستند.

جدول ۲- میانگین و انحراف استاندارد مؤلفه‌های هماهنگی درون‌عضوی پرتابگران مبتدی و ماهر

مفصل/ زمان فاز	پرتابگر	آغاز	گام	خم‌کردن بازو	افزایش شتاب بازو	کاهش شتاب بازو	تعقیب
مفصل شانه ابتدای فاز	ماهر	۳۶/۱۳	۴۴/۸۱	۹۷/۵۶	۱۰۴/۳۶	۱۰۹/۷۷	۱۰۷/۲۸
	مبتدی	۲۰/۴۶ ± ۶/۵۷	۵۶/۹۰ ± ۲۳/۸۳	۸۲/۶۶ ± ۱۳/۹۶	۹۹/۷۹ ± ۹/۱۱	۱۱۱/۵۱ ± ۵/۶۷	۱۰۶/۹۲ ± ۸/۶۹
مفصل شانه انتهای فاز	ماهر	۴۴/۸۱	۹۷/۵۶	۱۰۴/۳۶	۱۰۹/۷۷	۱۰۷/۲۸	۷۷/۶۱
	مبتدی	۵۶/۹۷ ± ۲۳/۷۷	۸۲/۶۶ ± ۱۳/۹۶	۹۹/۷۹ ± ۹/۱۱	۱۱۱/۵۱ ± ۵/۶۷	۱۰۶/۹۲ ± ۸/۶۹	۶۵/۵۸ ± ۲۰/۴۵
مفصل شانه حداقل	ماهر	۳۵/۳۹	۳۶/۹۴	۹۷/۵۶	۱۰۴/۳۶	۱۰۷/۲۸	۷۷/۶۱
	مبتدی	۲۹/۸۵ ± ۶/۲۷	۳۶/۹۷ ± ۲۲/۸۷	۸۰/۳۲ ± ۱۶/۳۵	۹۹/۴۵ ± ۸/۵۰	۱۰۶/۲۹ ± ۷/۳۱	۶۵/۱۵ ± ۲۰/۱۴
مفصل شانه حداکثر	ماهر	۴۴/۸۱	۹۷/۵۶	۱۰۴/۳۶	۱۰۹/۷۷	۱۱۱/۶۱	۱۰۷/۲۸
	مبتدی	۵۸/۲۱ ± ۲۱/۶۴	۸۷/۲۰ ± ۱۳/۵۹	۹۹/۷۹ ± ۹/۱۱	۱۱۲/۰۴ ± ۵/۹۲	۱۱۴/۰۰ ± ۶/۶۵	۱۰۶/۹۲ ± ۸/۶۹
مفصل آرنج ابتدای فاز	ماهر	۶۱/۹۶	۵۵/۶۶	۷۴/۰۲	۷۱/۳۰	۱۴۳/۹۴	۱۲۲/۷۹
	مبتدی	۷۶/۸۵ ± ۳۹/۴۸	۵۱/۴۴ ± ۱۷/۱۳	۷۸/۵۸ ± ۲۱/۵۸	۶۸/۳۴ ± ۱۵/۶۰	۱۲۸/۱۸ ± ۶/۸۵	۱۳۵/۴۱ ± ۸/۸۲
مفصل آرنج انتهای فاز	ماهر	۵۵/۶۶	۷۴/۰۲	۷۱/۳۰	۱۴۳/۹۴	۱۲۲/۷۹	۱۳۹/۴۹
	مبتدی	۵۱/۳۲ ± ۱۷/۲۱	۷۸/۵۸ ± ۲۱/۵۸	۶۸/۳۴ ± ۱۵/۶۰	۱۲۸/۱۸ ± ۶/۸۵	۱۳۵/۴۱ ± ۸/۸۲	۱۲۳/۷۸ ± ۹/۵۱
مفصل آرنج حداقل	ماهر	۵۵/۵۳	۵۵/۶۶	۵۹/۰۳	۷۱/۳۰	۱۲۲/۷۹	۱۱۵/۵۱
	مبتدی	۵۱/۶۹ ± ۱۶/۱۲	۴۷/۵۱ ± ۱۲/۲۸	۶۳/۲۷ ± ۲۰/۱۰	۶۸/۳۴ ± ۱۵/۶۰	۱۲۶/۴۹ ± ۶/۲۳	۱۲۲/۳۵ ± ۱۰/۰۴
مفصل آرنج حداکثر	ماهر	۶۳/۱۳	۱۳۸/۸۱	۷۴/۰۲	۱۴۳/۹۴	۱۴۳/۹۴	۱۳۹/۴۹
	مبتدی	۷۷/۵۲ ± ۴۰/۹۰	۱۱۰/۱۴ ± ۲۷/۷۰	۸۰/۶۷ ± ۱۸/۱۰	۱۲۸/۱۸ ± ۶/۸۵	۱۴۲/۲۶ ± ۵/۴۱	۱۳۵/۵۶ ± ۹/۱۵

در آغاز حرکت که پرتابگر در موقعیت ایستاده و آمادهٔ حرکت بود، پرتابگر ماهر زاویهٔ ۳۶ درجه‌ای در مفصل شانه و ۶۲ درجه‌ای در مفصل آرنج داشت؛ درحالی‌که پرتابگران مبتدی زاویه‌ای حدود ۲۰ درجه در مفصل شانه و حدود ۷۷ درجه در مفصل آرنج داشتند که این نشان‌دهندهٔ تفاوت نسبی در حالت ابتدایی شروع پرتاب در پرتابگران ماهر و مبتدی است. این نتایج نشان می‌دهد که پرتابگران مبتدی در حالت ایستای اولیه مفصل آرنج خود را نسبت به پرتابگر ماهر بیشتر خم کردند و مفصل

شانهٔ خود را بیشتر دور کردند. در ادامهٔ حرکت، پرتابگران ماهر و مبتدی مفصل شانهٔ خود را دورتر و مفصل آرنج خود را خم‌تر کردند تاجایی‌که پرتابگر ماهر زاویهٔ مفصل شانهٔ خود را در انتهای این فاز به ۴۵ درجه رساند و پرتابگران مبتدی به حدود ۵۷ درجه رساندند. پرتابگر ماهر زاویهٔ مفصل آرنج خود را در انتهای فاز اول به حدود ۵۶ درجه رساند؛ درحالی‌که پرتابگران مبتدی زاویه‌ای درحدود ۵۱ درجه داشتند. حداقل زاویهٔ مفصل شانه برای پرتابگران ماهر و مبتدی به‌ترتیب ۳۵ و ۳۰ درجه و حداکثر زاویه به‌ترتیب ۴۵ و ۵۸ درجه بود. حداقل زاویهٔ مفصل آرنج در پرتابگران ماهر و مبتدی به‌ترتیب ۵۶ و ۵۲ و حداکثر زاویه به‌ترتیب ۶۳ و ۷۸ درجه بود. در زاویهٔ ابتدایی و حداقل زاویهٔ مفصل شانه، بین پرتابگران مبتدی با ماهر تفاوت معناداری وجود داشت (به‌ترتیب $t = -6.73 , P < 0.001$ و $t = -7.00 , P < 0.001$).

در ابتدای مرحلهٔ گام‌برداشتن، پرتابگر ماهر زاویهٔ ۴۵ درجه‌ای در مفصل شانه و ۵۶ درجه‌ای در مفصل آرنج داشت؛ درحالی‌که پرتابگران مبتدی زاویه‌ای حدود ۵۷ درجه در مفصل شانه و حدود ۵۱ درجه در مفصل آرنج داشتند. در ادامهٔ حرکت، پرتابگران ماهر و مبتدی مفصل شانه را دورتر و مفصل آرنج را بازتر کردند. مفصل شانه حرکت چرخش خارجی را نیز به‌همراه داشت. در انتهای این فاز، مفصل شانهٔ پرتابگر ماهر به ۹۸ درجه و مفصل شانهٔ پرتابگران مبتدی به حدود ۸۳ درجه رسید. پرتابگر ماهر زاویهٔ مفصل آرنج خود را در انتهای این فاز به حدود ۷۴ درجه رساند و پرتابگران مبتدی زاویه‌ای درحدود ۷۹ درجه داشتند. حداقل زاویهٔ مفصل شانه برای پرتابگران ماهر و مبتدی ۳۷ درجه و حداکثر زاویهٔ مفصل شانه در پرتابگران ماهر و مبتدی، به‌ترتیب ۹۸ و ۸۷ درجه بود. حداقل زاویهٔ مفصل آرنج در پرتابگران ماهر و مبتدی به‌ترتیب ۵۶ و ۴۸ و حداکثر زاویه به‌ترتیب ۱۳۹ و ۱۱۰ درجه بود. نتایج حاکی از تفاوت معنادار بین پرتابگران مبتدی با ماهر در زاویهٔ انتهایی مفصل شانه و حداکثر زاویهٔ مفصل آرنج بود (به‌ترتیب، $t = -3.01 , P < 0.05$ و $t = -2.92 , P < 0.05$).

در فاز سوم، پرتابگر ماهر در ابتدای حرکت، در مفصل شانه زاویهٔ ۹۸ درجه‌ای و در مفصل آرنج زاویهٔ ۷۴ درجه‌ای داشت و پرتابگران مبتدی زاویه‌ای حدود ۸۳ و ۷۹ درجه‌ای به ترتیب در مفاصل شانه و آرنج داشتند. در ادامهٔ حرکت، پرتابگران ماهر و مبتدی مفصل شانه را دورتر و مفصل آرنج را خم‌تر کردند. مفصل شانه حرکت چرخش خارجی را نیز انجام داد. در انتهای این فاز، مفصل شانهٔ پرتابگر ماهر به ۱۰۴ درجه و پرتابگران مبتدی به حدود ۱۰۰ درجه رسید. پرتابگر ماهر زاویهٔ مفصل آرنج خود را در انتهای این فاز به حدود ۷۱ درجه رساند و پرتابگران مبتدی زاویه‌ای درحدود ۶۸ درجه داشتند. حداقل زاویهٔ مفصل شانه برای پرتابگران ماهر و مبتدی به‌ترتیب ۹۸ و ۸۰ درجه و حداکثر زاویه به‌ترتیب ۱۰۴ و ۱۰۰ درجه بود. حداقل زاویهٔ مفصل آرنج در پرتابگران ماهر و مبتدی به‌ترتیب

۵۹ و ۶۳ و حداکثر زاویه به‌ترتیب ۷۴ و ۸۱ درجه بود. بین پرتابگران مبتدی با ماهر در زاویهٔ ابتدایی و حداقل زاویهٔ مفصل شانه تفاوت معناداری مشاهده شد (به‌ترتیب $t = -3.01 , P < 0.05$ و $P < 0.05 , t = -2.98$).

در آغاز فاز چهارم، مفاصل شانه و آرنج برای پرتابگر ماهر به‌ترتیب زاویهٔ ۱۰۴ و ۷۱ درجه‌ای و برای پرتابگران مبتدی به‌ترتیب زاویهٔ حدود ۱۰۰ و ۶۸ درجه‌ای داشت. در ادامهٔ حرکت، پرتابگران ماهر و مبتدی مفصل شانهٔ خود را تا حدودی دورتر و مفصل آرنج خود را بسیار بازتر کردند که این حرکت برای پرتاب توپ به‌سمت هدف انجام شد. در این فاز، پرتابگران ماهر و مبتدی حرکت چرخش داخلی مفصل شانه را نیز انجام دادند. در انتهای این فاز، پرتابگر ماهر زاویهٔ مفصل شانه را به ۱۱۰ درجه رساند و پرتابگران مبتدی به حدود ۱۱۲ درجه رساندند. زاویهٔ مفصل آرنج در انتهای این فاز برای پرتابگران ماهر و مبتدی به‌ترتیب ۱۴۴ و حدود ۱۲۸ درجه بود. حداقل زاویهٔ مفصل شانه برای پرتابگران ماهر و مبتدی به‌ترتیب ۱۰۴ و ۹۹ درجه و حداکثر زاویه به‌ترتیب ۱۱۰ و ۱۱۲ درجه بود. حداقل زاویهٔ مفصل آرنج در پرتابگران ماهر و مبتدی به‌ترتیب ۷۱ و ۶۸ و حداکثر زاویه به‌ترتیب ۱۴۴ و ۱۲۸ درجه بود. بین پرتابگران مبتدی و ماهر در زاویهٔ انتهایی و حداکثر زاویهٔ مفصل آرنج تفاوت معناداری مشاهده شد (به‌ترتیب $t = -6.50 , P < 0.001$ و $t = -6.50 , P < 0.001$).

در فاز پنجم، پرتابگر ماهر برای مفصل شانه زاویهٔ ۱۱۰ درجه‌ای و برای مفصل آرنج زاویهٔ ۱۴۴ درجه‌ای داشت؛ درحالی‌که پرتابگران مبتدی زاویه‌ای حدود ۱۱۲ و ۱۲۸ درجه‌ای به ترتیب در مفاصل شانه و آرنج داشتند. در ادامهٔ حرکت، کاهش زاویه به‌همراه حرکت نزدیک‌شدن در مفصل شانه و حرکت خم‌شدن در مفصل آرنج پرتابگران ماهر و مبتدی مشاهده شد. در انتهای این فاز، مفصل شانهٔ پرتابگران ماهر و مبتدی به ۱۰۷ درجه رسید. پرتابگر ماهر زاویهٔ مفصل آرنج خود را در انتهای این فاز به حدود ۱۲۳ درجه رساند و پرتابگران مبتدی زاویه‌ای درحدود ۱۳۵ درجه‌ای داشتند. حداقل زاویهٔ مفصل شانه برای پرتابگران ماهر و مبتدی به‌ترتیب ۱۰۷ و ۱۰۶ درجه و حداکثر زاویه به‌ترتیب ۱۱۲ و ۱۱۴ درجه بود. حداقل زاویهٔ مفصل آرنج در پرتابگران ماهر و مبتدی به‌ترتیب ۱۲۳ و ۱۲۶ و حداکثر زاویه به‌ترتیب ۱۴۴ و ۱۴۲ درجه بود. بین پرتابگران مبتدی با ماهر در زاویهٔ ابتدایی و انتهایی در مفصل آرنج تفاوت معناداری مشاهده شد (به‌ترتیب $t = -6.50 , P < 0.001$ و $P < 0.01 , t = -4.04$).

در آخرین فاز مهارت، پرتابگران ماهر و مبتدی در مفصل شانه، زاویهٔ ۱۰۷ درجه‌ای و در مفصل آرنج، زاویهٔ ۱۲۳ درجه‌ای داشتند و پرتابگران مبتدی زاویه‌ای حدود ۱۰۷ و ۱۳۵ درجه‌ای به‌ترتیب در مفاصل شانه و آرنج داشتند. در ادامهٔ حرکت، پرتابگران ماهر و مبتدی مفصل شانهٔ خود را نزدیک‌تر کردند. در انتهای مهارت، پرتابگر ماهر مفصل آرنج خود را بازتر کرد و پرتابگران مبتدی خم‌تر کردند. در انتهای این فاز، زاویهٔ مفصل شانهٔ پرتابگران ماهر و مبتدی به‌ترتیب به ۷۷ و ۶۵ درجه رسید. پرتابگر ماهر زاویهٔ مفصل آرنج خود را در انتهای این فاز به حدود ۱۴۰ درجه رساند و پرتابگران مبتدی

زاویه‌ای درحدود ۱۲۴ درجه‌ای داشتند. حداقل زاویهٔ مفصل شانه برای پرتابگران ماهر و مبتدی به‌ترتیب ۷۸ و ۶۵ درجه و حداکثر زاویه ۱۰۷ درجه بود. حداقل زاویهٔ مفصل آرنج در پرتابگران ماهر و مبتدی به‌ترتیب ۱۱۵ و ۱۲۲ و حداکثر زاویه به‌ترتیب ۱۳۹ و ۱۳۶ درجه بود. در زاویهٔ ابتدایی و انتهایی در مفصل آرنج، بین پرتابگران مبتدی با ماهر تفاوت معناداری مشاهده شد (به‌ترتیب $P < 0.01$, $t = -4.04$ و $P < 0.01$, $t = -4.66$).

در جدول شمارهٔ سه، میانگین و انحراف استاندارد زمان‌بندی اجرای حرکت کل و فازهای مختلف آن به‌وسیلهٔ پرتابگران ماهر و مبتدی و نتایج مقایسهٔ آن‌ها آمده است. پرتابگر ماهر مهارت را در ۲/۶۰۲ ثانیه و پرتابگران مبتدی آن را در ۲/۰۶۵ ثانیه اجرا کرد. نتایج آزمون تی نشان داد که پرتابگران مبتدی به‌طور معناداری زمان کمتری را صرف اجرای مهارت کردند ($P < 0.05$, $t = -2.50$). پرتابگر ماهر ۱/۰۷۲ ثانیه را صرف اجرای فاز اول حرکت کرد؛ درحالی‌که اجرای این فاز به‌وسیلهٔ پرتابگران مبتدی ۰/۸۰۲ ثانیه طول کشید که این زمان به‌طور معناداری نسبت به پرتابگر ماهر کوتاه‌تر بود ($P < 0.05$, $t = -2.84$). در فاز دوم، پرتابگر ماهر ۰/۹۵۸ ثانیه صرف اجرای حرکت کرد و پرتابگران مبتدی در ۰/۷۸۱ ثانیه فاز دوم را اجرا کردند. در این فاز، تفاوت معناداری مشاهده نشد. زمان اجرای فاز چهارم مهارت برای پرتابگران ماهر و مبتدی به‌ترتیب ۰/۰۹۳ و ۰۶۹ ثانیه بود. این تفاوت ازنظر آماری معنادار بود ($P < 0.01$, $t = -4.26$). در فاز پنجم نیز تفاوت معناداری بین پرتابگران مبتدی با ۰/۰۶۱ ثانیه و پرتابگر ماهر با ۰/۰۷۵ ثانیه مشاهده شد ($P < 0.05$, $t = -3.15$). پرتابگر ماهر فاز ششم را در ۰/۲۳۶ ثانیه اجرا کرد و پرتابگران مبتدی آن را در ۰/۲۰۲ ثانیه اجرا کردند. در این فاز، تفاوت معناداری بین آن‌ها وجود نداشت.

جدول ۳- مقایسهٔ زمان اجرای کل مهارت و فازهای حرکتی شش‌گانهٔ آن (به ثانیه) توسط پرتابگر ماهر و شرکت‌کننده‌های مبتدی

پرتابگر	ماهر	مبتدی	t	sig
آغاز	۱/۰۷۲	۰/۸۰۲ ± ۰/۲۶۸	-۲/۸۴	۰/۰۲۵*
گام	۰/۹۵۸	۰/۷۸۱ ± ۰/۲۹۱	-۱/۷۱	۰/۱۳۰
خم‌کردن بازو	۰/۱۶۸	۰/۱۴۸ ± ۰/۰۶۳	-۰/۸۴	۰/۴۲۵
افزایش شتاب بازو	۰/۰۹۳	۰/۰۶۹ ± ۰/۰۱۵	-۴/۲۶	۰/۰۰۴**
کاهش شتاب بازو	۰/۰۷۵	۰/۰۶۱ ± ۰/۰۱۲	-۳/۱۵	۰/۰۱۶*
تعقیب	۰/۲۳۶	۰/۲۰۲ ± ۰/۰۵۵	-۱/۷۴	۰/۱۲۵
کل حرکت	۲/۶۰۲	۲/۰۶۵ ± ۰/۶۰۶	-۲/۵۰	۰/۰۴۱*

** معناداری در سطح ۰/۰۱ ، *معناداری در سطح ۰/۰۵

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی و توصیف هماهنگی درون‌عضوی مفاصل شانه- آرنج و زمان‌بندی اجرای مهارت پرتاب بیسبال با تأکید بر فازهای شش‌گانهٔ حرکت در پرتابگر ماهر و همچنین، مقایسهٔ آن با پرتابگران مبتدی بود. نمودارهای زاویه- زاویه و داده‌های سینماتیکی نشان دادند که تفاوت نسبتاً آشکاری بین پرتابگران ماهر و مبتدی در هماهنگی درون‌عضوی مفاصل شانه- آرنج وجود داشت. ازلحاظ الگوی حرکتی، این تفاوت‌ها در فازهای ابتدایی شامل آغاز و گام مشهود بودند.

در وضعیت ایستایی ابتدایی حرکت، تفاوت نسبتاً زیادی بین پرتابگران ماهر و مبتدی مشاهده شد که عمدتاً مربوط به زاویهٔ مفصل شانه بود. در حالت ایستای اولیه، پرتابگران مبتدی مفصل شانهٔ خود را نسبت به پرتابگر ماهر بیشتر دور کردند. این امر ممکن است بدین‌دلیل باشد که پرتابگر ماهر به‌دلیل مهارت زیاد سعی در قراردادن بدن در موقعیتی آسوده‌تر و برقراری تعادل بهتر بین مفاصل در ابتدای حرکت داشته است (۸). همچنین، ممکن است پرتابگر ماهر با نزدیک‌تر نگه‌داشتن بازو به بدن سعی در ایجاد انقباض کمتر در عضلات شانه و بازو و درنتیجه، صرف انرژی کمتر در ابتدای حرکت داشته است؛ درحالی‌که پرتابگران مبتدی چنین اقتصاد حرکتی را رعایت نکرده‌اند.

در مرحلهٔ گام، بین پرتابگران مبتدی با ماهر در زاویهٔ انتهایی مفصل شانه و حداکثر زاویهٔ مفصل آرنج تفاوت معناداری وجود داشت. به‌همین‌ترتیب، در ابتدای فاز سوم نیز بین زاویهٔ مفصل شانه بین پرتابگران ماهر و مبتدی تفاوت معناداری وجود داشت. در این دو مرحله که دقیقاً قبل از مرحلهٔ افزایش شتاب بازو اجرا می‌شوند، پرتابگر ماهر نسبت به پرتابگران مبتدی بازوی خود را نسبت به بدن بیشتر دور کرده است. این امر ممکن است بدین‌دلیل باشد که پرتابگر ماهر با دورکردن بازو از بدن درصدد ایجاد نیروی بیشتری در دست خود برای پرتاب توپ با شدت و شتاب بیشتری به‌سمت هدف بوده است؛ درحالی‌که پرتابگران مبتدی به‌دلیل نداشتن تجربه و آشنایی با مهارت، فقط درصدد اجرای مهارت بدون درنظرگرفتن سرعت و شتاب توپ به‌سمت هدف بودند (۴۰،۴۱).

طی اجرای فاز افزایش شتاب بازو، پرتابگران ماهر و مبتدی مفصل شانهٔ خود را تاحدودی دورتر و مفصل آرنج خود را بسیار بازتر کردند که این حرکت برای پرتاب توپ به‌سمت هدف صورت گرفت. بین پرتابگران مبتدی با ماهر در زاویهٔ انتهایی مفصل آرنج تفاوت معناداری مشاهده شد، به‌طوری‌که پرتابگر ماهر زاویهٔ بیشتری در مفصل آرنج خود داشت (۱۴۴ درجه دربرابر ۱۲۸ درجه). در انتهای این مرحله، پرتابگر ماهر با بازکردن بیشتر مفصل آرنج درصدد ایجاد نیروی بیشتر و درنتیجه، اجرای پرتاب سریع‌تری به‌سمت هدف بود که احتمالاً پرتابگران مبتدی به‌دلیل کمبود تجربه چنین اجرایی را نداشتند (۴۰،۴۱).

در فاز پنجم که با پرتاب توپ به‌سمت هدف آغاز شد، بین پرتابگران مبتدی با ماهر در زاویهٔ ابتدایی و انتهایی مفصل آرنج تفاوت معناداری مشاهده شد. در این فاز، پرتابگر ماهر نسبت به پرتابگران مبتدی زاویهٔ کمتری را در مفصل آرنج داشت. همچنین، در فاز ششم، پرتابگر ماهر نسبت به پرتابگران مبتدی به‌طور معناداری زاویهٔ بیشتری را در مفصل آرنج داشت. این تفاوت‌ها در این دو فاز ممکن است واکنشی به رهاسازی توپ، تلاش برای کاهش شتاب بازو، آرام‌سازی عضو پرتاب‌کننده و درنهایت، کاهش آسیب باشد.

نتایج پژوهش برای متغیر زمان‌بندی نشان داد که پرتابگر ماهر بیش از سه‌چهارم زمان کل اجرای حرکت را (۲/۰۳۰ از ۲/۶۰۲ ثانیه) برای اجرای فازهای اول و دوم شامل آغاز و گام صرف کرده است. حدود یک چهارم باقی‌ماندهٔ زمان اجرای حرکت برای اجرای چهار فاز باقی‌مانده صرف شده است که با سرعت بسیار زیاد و در زمان کمی به‌وسیلهٔ پرتابگر ماهر اجرا شده است. این نتیجه نشان‌دهندهٔ این است که پرتابگر ماهر بخش بزرگی از زمان کلی پرتاب را برای برنامه‌ریزی، آماده‌سازی و هدف‌گیری قبل از رهاسازی توپ صرف می‌کند تا بدین‌وسیله پرتاب دقیقی را برنامه‌ریزی و اجرا کند (۲۸). نتایج نشان داد که پرتابگران مبتدی نیز الگوی نسبتاً مشابهی را ازنظر تقسیم زمان اجرای حرکت در فازهای مختلف نشان دادند؛ به‌طوری‌که آن‌ها نیز حدود سه‌چهارم زمان اجرای کل حرکت را صرف اجرای فازهای آغاز و گام کردند (۱/۵۸۳ از ۲/۰۶۵ ثانیه) و یک‌چهارم زمان باقی‌مانده را صرف اجرای چهار فاز دیگر کردند. نتایج آمار استنباطی حاکی از این بود که پرتابگران مبتدی به‌طور معناداری زمان کمتری را صرف اجرای کل مهارت کرده‌اند (جدول شمارهٔ چهار را مشاهده کنید). با توجه به نتایج پژوهش، تفاوت معناداری بین پرتابگران ماهر و مبتدی در فازهای اول، چهارم و پنجم وجود داشته است. پژوهش‌های مختلفی به اهمیت زمان‌بندی مناسب برای اجرای مهارت پرتاب بیسبال اشاره کرده‌اند (۴۴-۴۲). طبق نتایج این پژوهش‌ها، زمان‌بندی مناسب در اجرای مهارت پرتاب بیسبال می‌تواند به افزایش سرعت پرتاب توپ به‌سمت هدف منجر شود. در پژوهش حاضر، سرعت توپ جزو متغیرهای اندازه‌گیری‌شده نبوده است؛ اما می‌توان انتظار داشت که تفاوت الگوی زمانی پرتابگر ماهر نسبت به پرتابگران مبتدی به‌دلیل اهمیت متغیر زمان‌بندی در افزایش سرعت توپ درهنگام پرتاب بوده باشد.

به‌طورخلاصه، پژوهش حاضر هماهنگی درون‌عضوی دست پرتاب‌کننده (مفاصل شانه- آرنج) و زمان-بندی اجرای مهارت پرتاب بیسبال را با تأکید بر فازهای شش‌گانهٔ آن بررسی کرد. در این پژوهش، توصیف دقیقی از الگوی حرکتی، زمان‌بندی کل مهارت و فازهای شش‌گانهٔ آن در پرتابگران ماهر و

مبتدی ارائه شد. در بخش مقایسه، نتایج نشان داد که تفاوت‌های زیادی بین پرتابگران مبتدی با پرتابگر ماهر در زوایای ابتدایی، انتهایی و حداقل و حداکثر زاویهٔ ایجادشده در مفاصل شانه و آرنج در فازهای مختلف حرکت وجود دارد. در متغیر زمان‌بندی، پرتابگران مبتدی کل مهارت و فازهای اول، چهارم و پنجم را در زمان کمتری نسبت به پرتابگر ماهر اجرا کردند. این نتایج نشان‌دهندهٔ وجود تفاوت‌های عمده بین پرتابگران ماهر و مبتدی در اجرای مهارت پرتاب بیسبال است. نتایج پژوهش ملاحظات کاربردی نیز به‌همراه دارد. با شناخت تفاوت‌های بین پرتابگران مبتدی با پرتابگر ماهر، مربیان بیسبال می‌توانند راهکارهای تکنیکی را برای بهبود عملکرد پرتابگران مبتدی ارائه دهند. همچنین، با توجه به الگوی صحیح فضایی- زمانی ارائه‌شده برای این مهارت به‌وسیلهٔ پرتابگر ماهر، از آسیب‌دیدگی پرتابگران مبتدی درطی اجرای این مهارت جلوگیری می‌شود (۳۲،۳۱، ۵-۲). درنهایت، در این پژوهش محدودیت‌هایی نیز وجود داشت. ابتدا، تعداد نسبتاً کم پرتابگران مبتدی یک محدودیت بالقوه است و پژوهش‌های آینده می‌توانند با بررسی تعداد بیشتری از پرتابگران مبتدی به بررسی دقیق‌تر تفاوت‌های پرتابگران ماهر و مبتدی بپردازند. محدودیت دیگر این پژوهش، استفاده از یک پرتابگر ماهر در سطح لیگ دوی کشوری بود. استفاده از یک پرتابگر حرفه‌ای و با سابقهٔ حضور در مسابقات بین‌المللی ممکن است تفاوت‌های پرتابگران ماهر و مبتدی را به‌صورت دقیق‌تری نمایان کند. پیشنهاد می‌شود پژوهشگران آینده از پرتابگران حرفه‌ای و با سابقهٔ طولانی شرکت در مسابقات بین‌المللی برای بررسی تفاوت‌های پرتابگران ماهر و مبتدی استفاده کنند.

منابع

1. Murray TA, Cook TD, Werner SL, Schlegel TF, Hawkins RJ. The effects of extended play on professional baseball pitchers. Am J Sports Med. 2001;29(2):137-42.
2. Fortenbaugh D, Fleisig GS, Andrews JR. Baseball pitching biomechanics in relation to injury risk and performance. J Athl Train. 2009;1(4):314-20.
3. Fleisig GS, Andrews JR. Prevention of elbow injuries in youth baseball pitchers. Sports Health. 2012;4(5):419-24.
4. Hurd WJ, Kaufman KR. Glenohumeral rotational motion and strength and baseball pitching biomechanics. J Athl Train. 2012;47(3):247-56.
5. Meister K. Injuries to the shoulder in the throwing athlete part one: biomechanics/ pathophysiology/ classification of injury. Am J Sports Med. 2000;28(2):265-75.
6. Whiteley R. Baseball throwing mechanics as they relate to pathology and performance-A Review. J Sports Sci Med. 2007; 6:1-20.
7. Fleisig GS, Escamilla RF, Andrews JR. Biomechanics of throwing. In: JE Zachazewski, DJ Magee, WS Quillen, editors. Athletic injuries and rehabilitation. Philadelphia, PA: WB Saunders Co; 1996. p. 332-53.
8. Dillman CJ, Fleisig GS, Andrews JR. Biomechanics of pitching with emphasis upon shoulder kinematics. J Orthop Sport Phys. 1993; 18:402-8.

9. Pappas AM, Zawacki RM, Sullivan TJ. Biomechanics of baseball pitching: A preliminary report. Am J Sports Med. 1985;13(4):216-22.
10. Werner SL, Fleisig GS, Dillman CJ, Andrews JR. Biomechanics of the elbow during baseball pitching. J Orthop Sports Phys Ther. 1993;17(6):274-8.
11. Rojas IL, Provencher MT, Bhatia S, Foucher KC, Bach BR Jr, Romeo AA, et al. Biceps activity during windmill softball pitching: injury implications and comparison with overhand throwing. Am J Sports Med. 2009;37(3):558-65.
12. Naeimikia M, Gholami A, Arabameri E. Effect of visual manipulation during walking training on functional balance and selected kinematic parameters of gait in older women. Mot Behav. 2013;13:41-56. (In Persian).
13. Rajabi R, Mohammadpour S. The relationship between sagittal plane kinematics of trunk, knee and anterior tibial shear force during single-leg landing. Sci J Kurdistan Univ Med Sci. 2014;19(2):47-56. (In Persian).
14. Hejazi Dinan P, Farahmann F, Mokhtarzadeh Salmasi H, Rezaeean H. Kinematic analysis of the Mae-Geri technique in Karate. Res Sports Rehabil. 2013;1(1):21-32. (In Persian)
15. EntezariKhorasani Z, Farsi A, VaezMousavi MK, Abdoli B. The effect of skilled and learning model on accuracy and dynamic characteristics acquisition of basketball free throw skill. Mot Behav. 2018;10(31):65-82. (In Persian).
16. Asadi A, Farsi AR, Abdoli B. Effect of increasing the distance of an external focus of attention on performance and kinematic of horizontal jump in skilled athletes. Mot Behav. 2016;8(23):65-78. (In Persian).
17. Fazeli D, Moradi N. The effect of task constraint on learning of movement pattern and parameter during observational learning. Mot Behav. 2017;8(26):17-34. (In Persian).
18. Tanabe H, Fujii K, Kouzaki M. Inter- and intra-lower limb joint coordination of non-expert classical ballet dancers. Hum Mov Sci. 2014; 34:41-56.
19. Bund A, Ghorbani S, Rathjens F. A Three-dimensional movement analysis of the spike in Fistball. Sports. 2016;4(4):55.
20. Farsi A, Bahmanbegloo Z, Abdoli B, Ghorbani S. The effect of observational practice by a point-light model on learning a novel motor skill. Percep Motor Skill. 2016;123(2):477-88.
21. Ghorbani S, Bund A. Observational learning of a new motor skill: The effect of highlighting relative motion information. Int J Sports Sci Coach. 2016;15(4):514-22.
22. Wang YT, Ford HT, Ford HT, Shin DM. Three-dimensional kinematic analysis of baseball pitching in acceleration phase. Percep Motor Skill. 1995;80(1):43-8.
23. Nissen C, Westwell M, Ounpuu S, Patel M, Tate J, Pierz K, et al. Adolescent baseball pitching technique: a detailed three-dimensional biomechanical analysis. Med Sci Sports Exerc. 2007; 39:1347-57.
24. Barrentine SW, Matsuo T, Escamilla RF, Fleisig GS, Andrews JR. Kinematic analysis of the wrist and forearm during baseball pitching. J Appl Biomech.1998;14(1):24-39.

25. Escamilla RF, Fleisig GS, Barrentine SW, Zheng N, Andrews JR. Kinematic comparisons of throwing different types of baseball pitches. J Appl Biomech. 1998; 14:1-23.
26. Feltner M, Dapena J. Dynamics of the shoulder and elbow joints of the throwing arm during a baseball pitch. Int J Sport Biomech. 1986; 2:235-59.
27. Fleisig GS, Barrentine SW, Zheng N, Escamilla RF, Andrews JR. Kinematic and kinetic comparison of baseball pitching among various levels of development. J Biomech. 1999;32(12):1371-5.
28. Matsuo T, Escamilla RF, Fleisig GS, Barrentine SW, Andrews JF. Comparison of 382 kinematic and temporal parameters between different pitch velocity groups. J Appl Biomech. 2001;17(1):1-13.
29. Park SS, Loebenberg ML, Rokito AS, Zuckerman JD. The shoulder in baseball pitching: biomechanics and related injuries-part 1. Bull NYU Hosp Jt Dis. 2002; 61(1):268-79.
30. Van Trigt B, Schallig W, van der Graaff D, Hoozemans M J M, Veeger D. Knee angle and stride length in association with ball speed in youth baseball pitchers. Sports. 2018; 6:51.
31. Oyama S. Baseball pitching kinematics, joint loads, and injury prevention. J Sport Health Sci.2012;1(2):80-91.
32. Oyama S, Yu B, Blackburn JT, Padua DA, Li L, Myers JB. Improper trunk rotation sequence is associated with increased maximal shoulder external rotation angle and shoulder joint force in high school baseball pitchers. Am J Sports Med. 2014;42(9): 2089-94.
33. Fleisig GS, Andrews JR, Dillman CJ, Escamilla RF. Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. Am J Sports Med. 1995; 23:233-9.
34. Chou PP, Huang Y, Gu Y, Liu C, Chen S, Hsu K, Wang R, Huang M, Lin H. Change in pitching biomechanics in the late-inning in Taiwanese high school baseball pitchers. J Strength Cond Res. 2015;29(6):1500-8.
35. Escamilla RF, Barrentine SW, Fleisig GS, Zheng N, Takada Y, Kingsley D, Andrews JR. Pitching biomechanics as a pitcher approaches muscular fatigue during a simulated baseball game. Am J Sports Med. 2007;35(1):23-33.
36. Nissen CW, Westwell M, Ounpuu S, Patel M, Solomito M, Tate J. A biomechanical comparison of the fastball and curveball in adolescent baseball pitchers. Am J Sports Med. 2009;37(8):1492-8.
37. Wagner H, Pfusterschmeid J, Klous M, von Duvillard SP, Müller E. Movement variability and skill level of various throwing techniques. Hum Movement Sci. 2012;31(1):78-90.
38. Davis JT, Limpisvasti O, Fluhme D, Mohr KJ, Yocum LA, Elattrache NS, et al. The effect of pitching biomechanics on the upper extremity in youth and adolescent baseball pitchers. Am J Sports Med. 2009;37(8):1484-91.
39. Murata A. Shoulder joint movement of the non-throwing arm during baseball Pitch comparison between skilled and unskilled pitchers. J Biomech. 2001; 34:1643-7.
40. Iwase H, Murata A. Discussion on skillful baseball pitch using three-dimensional cinematographic analysis-comparison of baseball pitch between skilled and unskilled pitchers-IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. e-Systems and e-Man for Cybernetics in Cyberspace. 2001; Cat.No.01CH37236.

41. Fleisig GS, Jameson EG, Dillman CJ, Andrews JR. Biomechanics of overhead sports. In: Garrett Jr WF, Kirkendall DT, editors. Exercise and sport science. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins; 2000. p. 563-584.
42. Stodden DF, Fleisig GS, McLean SP, Andrews JR. Relationship of biomechanical factors to baseball pitching velocity: Within pitcher variation. J Appl Biomech. 2005; 21:44-56.
43. Urbin MA, Fleisig GS, Abebe A, Andrews JR. Associations between timing in the baseball pitch and shoulder kinetics, elbow kinetics, and ball speed. Am J Sports Med. 2013;31(2):336-42.
44. Aguinaldo AL, Chambers H. Correlation of throwing mechanics with elbow valgus load in adult baseball pitchers. Am J Sports Med. 2009;37(10):2043-8.

استناد به مقاله

قربانی سعید، بوند آندریاس. مقایسهٔ هماهنگی درون‌عضوی و زمان‌بندی اجرای مهارت پرتاب بیسبال در پرتابگران ماهر و مبتدی با تأکید بر فازهای مختلف حرکت. رفتارحرکتی. زمستان ۱۳۹۷؛ ۱۰(۳۴): ۴۸-۲۹. شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/mbj.2018.5752.1666

Ghorbani S, Bund A. Comparing Intra-Limb Coordination and Timing of Performing a Baseball-Pitch in Skilled and Unskilled Pitchers with Emphasis on Different Movement Phases. Motor Behavior. Winter 2019; 10 (34): 29-48. (In Persian). Doi: 10.22089/mbj.2018.5752.1666

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Comparing Intra-Limb Coordination and Timing of Performing a Baseball-Pitch in Skilled and Unskilled Pitchers with Emphasis on Different Movement Phases

Saeed Ghorbani[1], Andreas Bund[2]

1. Assistant Professor of Motor Behavior, Department of Physical Education, Aliabad Katoul Branch, Islamic Azad University, Aliabad Katoul, Iran*
2. Professor of Motor Behavior, University of Luxembourg

Received: 2018/04/22 **Accepted: 2018/08/28**

Abstract

The coordination of body limbs and the timing during performing of a Baseball-pitch and its different movement phases are relatively unknown. The purpose of the present study was to describe and compare the coordination between the shoulder-elbow joints and timing during execution of a Baseball-pitch by skilled and unskilled subjects emphasizing movement phases. The subjects consisted of a skilled male pitcher and eight beginner pitchers. Intra-limb coordination was obtained for the shoulder-elbow joints and was shown by angle-angle plots. Start and end points of all pitchers were normalized by linear interpolation method to 250 points. Timing, angles of the beginning and end of each phase, and the minimum and maximum angles of shoulder and elbow joints in each phase were compared between skilled and unskilled pitchers. The results indicated that there is a relatively clear difference in the coordination patterns between the joints of the shoulder-elbow, especially in the first and second phases between skilled and unskilled pitchers. There were also many differences between unskilled pitchers with the skilled pitcher at the beginning and end as well as the minimum and maximum angles of shoulder and elbow joints in different phases. Considering the timing variable, the time of performing the whole movement and the first, fourth, and fifth phases in unskilled pitchers was significantly shorter than that of the skilled pitcher. The results were discussed with regard to spatiotemporal characteristics of the performing Baseball-pitch in skilled and unskilled pitchers. Also, were discussed practical considerations for improving skills and preventing injury.

Keywords: Baseball-Pitch, Intra-Limb Coordination, Timing, Movement Phase

*Corresponding Author Email: s.ghorbani@aliabadiau.ac.ir