

## اثر خستگی عضلات کمربند شانه‌ای بر نیروی عکس‌العمل زمین، زاویه مفصل آرنج و شانه و دقت طی شوت پناستی هندبال

### چکیده

منا شیراوند<sup>۱\*</sup>، نادر فرهپور<sup>۲</sup>،  
مهدی مجلسی<sup>۲</sup>

۱. گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، بروجرد، ایران.  
۲. گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، همدان، ایران.

دریافت: ۱۳۹۵/۹/۲ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۲۴

**هدف:** خستگی، بخش جدایی‌ناپذیر رقابت‌های ورزشی است که اجرای ورزشکاران را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هدف از این پژوهش تعیین اثر خستگی عضلات کمربند شانه‌ای بر تغییرات نیروی عکس‌العمل زمین، زاویه مفصل آرنج و شانه و دقت پرتاب پناستی هندبال بود.

**روش‌ها:** ده هندبالیست مرد سالم حرفه‌ای (با میانگین سنی ۱۸/۹ سال، وزن ۷۲/۷۹ کیلوگرم، قد ۱۷۹ سانتی‌متر، ۵/۶ سال عضویت در تیم) داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. آزمودنی‌ها مجموعاً ۱۶ بار قبل و بعد از اعمال خستگی، با رعایت کامل قوانین، به اهداف تعیین شده در دروازه پرتاب پناستی را انجام دادند. نیروی عکس‌العمل زمین با تخته نیرو و زاویه مفصل آرنج و شانه با دوربین‌های آنالیز حرکت و دقت ضربه به اهداف تعیین شده در دروازه و با مشاهده آزمونگر طی دو مرحله پرتاب (مرحله آمادگی برای ضربه زدن و مرحله رهایی توپ) قبل و بعد از خستگی ثبت شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد نیروی عکس‌العمل زمین و دقت ضربه زدن قبل و بعد از خستگی تفاوت معنی‌داری دارد ( $p \leq 0/05$ )؛ اما خستگی بر زاویه فلکشن آرنج و زوایای فلکشن و آبداکشن شانه اثر معنادار ندارد ( $p \geq 0/05$ )، همچنین زاویه فلکشن آرنج و شانه تحت تأثیر اهداف مختلف بود ( $p \leq 0/05$ ).

**نتیجه‌گیری:** به علت نخبه بودن آزمودنی‌ها، خستگی عضلانی به‌طور کلی نتوانسته بر زوایا و سرعت زاویه‌ای تأثیر معنادار بگذارد؛ اما بر نیروی عکس‌العمل و دقت ضربه زدن تأثیرگذار بوده و در نهایت عملکرد ورزشکار و نتیجه ضربه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

**کلیدواژگان:** خستگی، دقت پرتاب، نیروی عکس‌العمل زمین، زاویه مفصل، ضربه پناستی هندبال

\* نویسنده مسئول: گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، بروجرد، ایران.  
تلفن: ۰۹۱۸۹۵۱۶۵۶۱  
E-mail: mona\_shiravand@yahoo.com

### مقدمه

پرتاب‌های بالای سر توپ و در وضعیتی که دست در حداکثر آبداکشن و فلکشن قرار می‌گیرد، رخ می‌دهد (۳).

پرتاب توپ یک بازیکن هندبال ممکن است تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله خستگی قرار گیرد. هنگامی که ورزشکار طی یک بازی سنگین دچار خستگی می‌شود، نیروی عضلانی و عملکرد سیستم عصبی عضلانی وی با افت قابل توجهی همراه می‌شود (۴). خستگی علاوه بر نیروی عضلانی (۵)، دقت عملکرد (۶) و خلاقیت

هندبال ورزشی سرعتی، پرتحرک و پربرخورد است. قابلیت‌های مختلف آمادگی جسمانی از جمله سرعت، چابکی، انعطاف‌پذیری و استقامت و نیز قدرت عضلانی خوب در مفصل شانه برای بازیکنان در این رشته ضروری است (۱). پرتاب سریع و با قدرت توپ به سمت دروازه یکی از مهم‌ترین تکنیک‌های این رشته است (۲). اغلب آسیب‌های شانه هنگام

## روش شناسی

این مطالعه از نوع مقطعی (Cross sectional) و نیمه تجربی است که در آزمایشگاه بیومکانیک ورزشی انجام پذیرفت. تعداد ۱۰ نفر با میانگین سنی  $26.0 \pm 19.90$  سال، جرم  $71.05 \pm 79.49$  کیلوگرم، قد  $179.0 \pm 9.5$  سانتی متر،  $16/4 \pm 7/4$  سال سابقه تمرین و شاخص توده بدنی  $22.66 \pm 2/94$  به طور داوطلب از بین ورزشکاران مرد نخبه رشته هندبال شهرستان نهاوند که در سال ۱۳۹۴ در مسابقات لیگ کشور شرکت کرده بودند، در این مطالعه مورد آزمون قرار گرفتند. شرایط پذیرش آزمودنی‌ها در این مطالعه عبارت بود از شرکت مستمر در تمرینات تیمی و قرارگیری آن‌ها در لیست بازیکنان حاضر در لیگ قهرمانی هندبال کشور، نداشتن سابقه آسیب جدی اندام تحتانی و فوقانی نظیر دررفتگی مفصلی و کشیدگی عضلانی و یا شکستگی در یک سال گذشته، قرار نداشتن تحت هیچ نوع برنامه دارودرمانی در یک ماه اخیر منتهی به آزمایش. همه آزمودنی‌ها راست دست بودند. همچنین آزمودنی‌ها رضایت‌نامه جهت شرکت در آزمون را تکمیل و سپس مراحل انجام آزمون‌ها و چگونگی اندازه‌گیری متغیرها و شیوه کار به طور کامل برای آزمودنی‌ها تشریح شد. برای اندازه‌گیری متغیرهای کینماتیکی اندام فوقانی آزمودنی‌ها در شوت پنالتهی هندبال از دستگاه تحلیل حرکتی سه‌بعدی Vicon (Vicon Peak, Oxford, UK) شامل چهار دوربین سری T با فرکانس ۲۰۰ هرتز استفاده شد. برای این منظور، طبق مدل مارکرگذاری (Upper Right Limb Model) (Set, Vicon Peak, Oxford, UK) مارکریایی به هر یک از نقاط مهره هفتم گردنی، مهره دوازدهم پشتی، بر روی بخش فوقانی دسته استخوان جناغ سینه، انتهای تحتانی استخوان جناغ، زانده آخرومی، سه مارکر مثلث شکل بر روی تنه بازو، کندیل داخلی و خارجی بازو، بخش میانی و خارجی ساعد، قسمت میانی و خارجی مچ دست و بر روی انتهای سومین استخوان کف‌دستی متصل شدند. اطلاعات به دست آمده از دوربین با استفاده از نرم‌افزار Nexus ۱.۸.۲ پردازش شدند. داده‌های کینماتیکی به دست آمده با استفاده از فیلتر Butterworth سطح چهار و بدون اختلاف‌فازی (Fourth order Butterworth low pass filter, zero lag) با فرکانس برش ۶ Hz هموار شدند و زاویه آرنج و شانه هنگام شوت از نرم‌افزار استخراج شد. برای ثبت نیروی عکس‌العمل زمین از دو صفحه نیرو (Force platform) (type 9281, Kistler Instrument AG, Winterthur, Switzerland) با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز استفاده شد. به منظور یکسان‌سازی اجرای شوت پنالتهی، آزمودنی‌ها بر روی خط

ورزشکار را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در نتیجه خطر بروز آسیب افزایش می‌یابد (۷).

خستگی علاوه بر قدرت عضلات و واکنش به محرک‌ها هماهنگی حرکات پیچیده را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱)، همچنین می‌تواند روی یادگیری و اجرای حرکتی و تمرکز فرد تأثیر بگذارد (۸). از دیگر تأثیرات مخرب خستگی می‌توان به کاهش کنترل عصبی-عضلانی و حسی-حرکتی اشاره کرد که واقع این اختلالات می‌تواند در افزایش خطر آسیب دیدگی اندام تحتانی سهیم باشد (۹)، همچنین خستگی علاوه بر کاهش نیروی مفصل و فعالیت عضلات، موجب افزایش گشتاور (۱۰) تغییر دامنه حرکتی و زوایای مفاصل می‌شود (۱۱).

خستگی عضلانی بر نیروی عکس‌العمل نیز بی‌تأثیر نیست. یافته‌های Kellis و همکاران نشان دادند خستگی اکستنسورهای زانو منجر به کاهش نیروی عکس‌العمل زمین و زوایای فلکشن زانو در برخورد اولیه می‌شود. در مقابل، خستگی فلکسورهای زانو تأثیری بر نیروی عکس‌العمل زمین ندارد (۱۲).

اثر خستگی بر عملکرد ورزشکار در رشته‌های مختلفی از جمله اسکی (۱۳)، بسکتبال (۱۴)، گلف (۱۵)، فوتبال (۱۶)، راه رفتن (۱۷)، پرتاب بیسبال (۱۸)، فرود تک پا (۱۰) مورد بررسی قرار گرفته است؛ اما تعداد تحقیقات انجام گرفته در زمینه تأثیر خستگی بر عملکرد یک بازیکن هندبال بسیار اندک است. Forestier و Nougier نشان دادند که خستگی عضلات چند مفصله موجب کاهش تعداد پرتاب‌های موفق بازیکنان هندبال می‌شود (۱۹). در مقابل SIMSEK نشان داد که خستگی روی دقت ضربه پنالتهی هندبال تأثیر ندارد (۱). Uygur و همکاران در بررسی اثر خستگی روی متغیرهای کینماتیکی پرتاب آزاد بسکتبال نشان داد که خستگی بر زوایای هیچ یک از مفاصل و همچنین موفق و ناموفق بودن شوت تأثیر ندارد (۱۴). نتایج تحقیقات Ignjatovic و همکاران بر شوت پرشی بسکتبال حاکی از عدم تأثیر خستگی بر زوایای فلکشن ران و زانو و وضعیت ساعد و تنه، همچنین زاویه رهایی و سرعت توپ بود (۲۰). با توجه به تحقیقات کم و نتایج متفاوت در زمینه بروز خستگی عضلانی و عملکرد بازیکن هندبال در دقت ضربه پنالتهی و تغییرات زوایای مفاصل و نیروی عکس‌العمل زمین، محقق بر آن است که تأثیر خستگی عضلات کمر بند شانه‌ای را بر نیروی عکس‌العمل زمین، تغییرات زاویه مفصل آرنج و شانه، و دقت حرکت طی پرتاب پنالتهی هندبال مورد بررسی قرار دهد.



شکل ۲. وضعیت شروع حرکت آبداکشن (راست)، وضعیت انتهای حرکت آبداکشن (چپ)

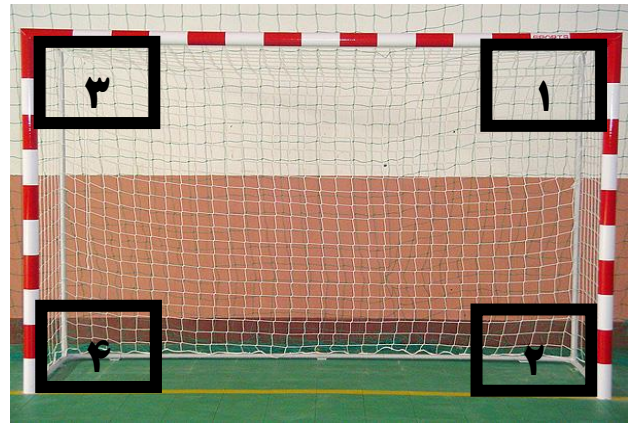
۲). متغیرهای کینماتیکی و کینتیکی و دقت پرتاب شوت پناستی هندبال قبل و بعد از خستگی ثبت شد.

به‌منظور ارزیابی تأثیر خستگی بر تغییرات زاویه مفصل آرنج و شانه، نیروی عکس‌العمل زمین و دقت پرتاب، ضربه پناستی هندبال در مرحله آمادگی، مرحله‌ای که فرد دست را به عقب می‌برد و مرحله پرتاب، مرحله‌ای که فرد با سرعت دست خود را به سمت جلو می‌برد و توپ را رها می‌کند، بررسی شد. در این پژوهش برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک (Shapiro-Wilk test) استفاده شد. جهت تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ و آزمون Repeated measure در سطح معناداری ( $p \leq 0.05$ ) استفاده شد.

## نتایج

حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در مراحل مختلف برای پاهای جلو و عقب در نمودار ۱ نشان داده شده است. تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که خستگی به‌طور معنی‌داری موجب کاهش نیروی عکس‌العمل زمین در مرحله آمادگی شد ( $F=1/41$  و  $P=0/000$ ). البته میانگین نیروی عکس‌العمل زمین بین دو پا، هنگام رهایی توپ مشابه بود ( $P=0/38$  و  $F=0/82$ )؛ اما میزان نیروی عکس‌العمل در پرتاب توپ به هدف‌های مختلف به‌طور معناداری متفاوت بود ( $F=4/14$  و  $P=0/05$ ). میزان تغییرات نیروی عکس‌العمل زمین در پای عقب و جلو در قبل و بعد از خستگی هنگام شوت به سمت چهار هدف در نمودار ۲ نشان داده شده است. تعامل بین فاکتور نیروی عکس‌العمل زمین در پای جلو و عقب با فاکتور هدف پرتاب معنی‌دار بود. نتایج در مرحله‌ی رهایی نیز نشان داد که به‌طور کلی خستگی تأثیر معنی‌داری روی نیروی عکس‌العمل داشته

پناستی می‌ایستادند و در هر نوبت، پرتاب توپ را به یکی از گوشه‌های دروازه (هدف ۱: راست - بالا، هدف ۲: راست - پایین، هدف ۳: چپ - بالا و هدف ۴: چپ - پایین) پرتاب می‌کردند. در هر یک از این گوشه‌ها یک هدف مربع شکل به ابعاد  $50 \times 50$  سانتی‌متر در نظر گرفته شد (شکل ۱). نحوه امتیازدهی به دقت پرتاب به این صورت بود که برای هر یک از محل‌های برخورد به ترتیب داخل محدوده (۵ امتیاز)، روی خط محدوده (سه امتیاز)، خارج از منطقه معین شده در داخل دروازه (۱ امتیاز) و بیرون از دروازه صفر امتیاز تعلق می‌گرفت. امتیاز ضربه‌ها از طریق مشاهده توسط آزمونگر ثبت شد. به‌منظور اجرای پروتکل خستگی، ابتدا برای هر آزمودنی مقادیر یک



شکل ۱- محل‌های مشخص شده در داخل دروازه جهت تعیین مسیر صحیح توپ طی اجرای پناستی

تکرار بیشینه در حرکت آبداکشن از رابطه زیر تعیین شد. در این رابطه منظور از بار، وزنه استفاده شده می‌باشد و تعداد تکرار نیز در واقع تعیین‌کننده تعداد دفعاتی است که با آن وزنه، آزمودنی توانسته حرکت صحیح آبداکشن را اجرا نماید.

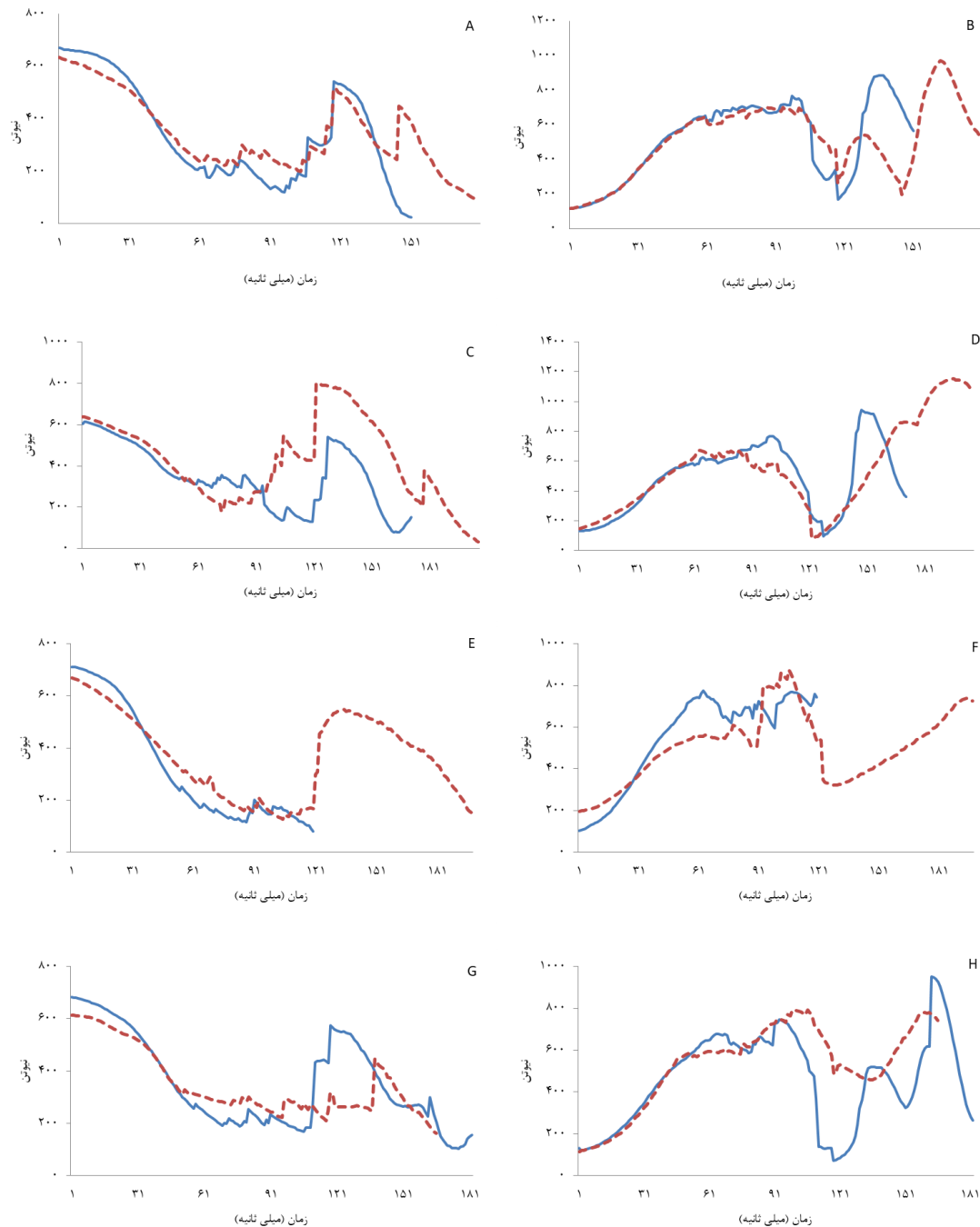
سپس به‌منظور ایجاد خستگی، حرکت آبداکشن با وزنه‌ای معادل ۶۰

$$1RM = \frac{\text{مقدار بار}}{1 - 0/02(\text{تعداد تکرار})}$$

درصد یک تکرار بیشینه تا زمانی که فرد دیگر قادر به اجرای حرکت آبداکشن کامل نباشد ادامه یافت. یک حرکت آبداکشن کامل بدین ترتیب بود که دست از کنار بدن و از وضعیت آناتومیک شروع به حرکت کرده و تا زاویه حدود ۱۵۰ درجه بالا می‌آمد. برای اجرای حرکات یکسان، توسط یک طناب راهنما موقعیت ارتفاع مچ دست مشخص شد (شکل

در جدول ۱ میانگین و انحراف استاندارد دقت پرتاب قبل و بعد از خستگی در پرتاب به اهداف مختلف نشان داده شده است. نتایج تحلیل آماری نشان داد که خستگی موجب کاهش معنی داری در

است (F = ۱/۸۷ و P = ۰/۰۰۰)؛ اما این تأثیر در پرتاب به سمت اهداف مختلف یکسان بوده است؛ یعنی تمام اهداف پس از خستگی تغییراتشان مشابه بوده است (F = ۲/۵۳ و P = ۰/۱۴).

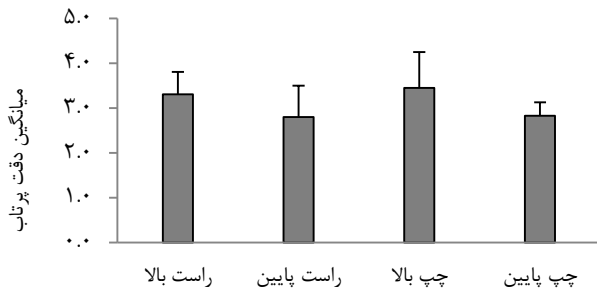


نمودار ۲. میزان تغییرات نیروی عکس‌العمل زمین در پای عقب و جلو در قبل و بعد از خستگی هنگام شوت به سمت چهار هدف (A): پای عقب، ضربه به هدف ۴، B: پای جلو، ضربه به هدف ۴، C: پای عقب، ضربه به هدف ۲، D: پای جلو، ضربه به هدف ۲، E: پای عقب، ضربه به هدف ۳، F: پای جلو، ضربه به هدف ۳، G: پای عقب، ضربه به هدف ۱، H: پای جلو، ضربه به هدف ۱. (خط ممتد: قبل از خستگی، نقطه چین: بعد از خستگی)

جدول ۱.

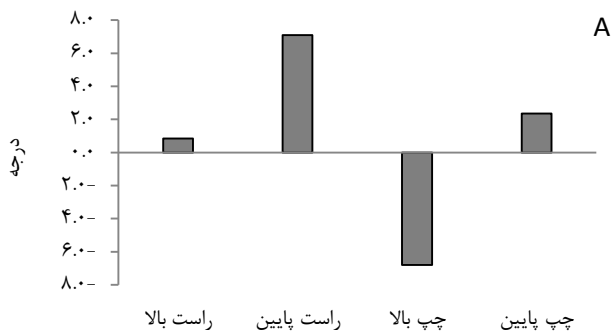
میانگین و انحراف استاندارد دقت حرکت قبل و بعد از خستگی

هدف	هدف ۱	هدف ۲	هدف ۳	هدف ۴
قبل از خستگی	۳/۴±۰/۷۵	۲/۸۸±۰/۷	۳/۷۸±۰/۷۹	۳/۰۶±۱/۱۷
بعد از خستگی	۳/۲۳±۰/۷۳	۲/۷۱±۰/۹۹	۳/۱۱±۰/۶۸	۲/۶۰±۰/۸۱

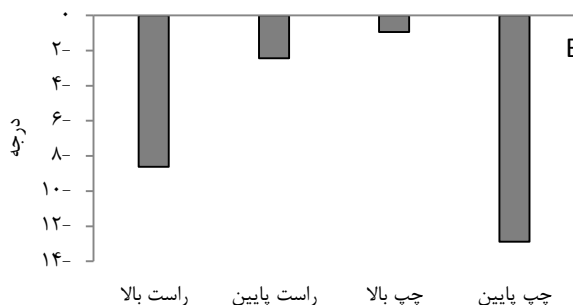


نمودار ۴. دقت پرتاب به اهداف مختلف

در دو مرحله آمادگی و رهایی به‌طور معناداری متفاوت بود. تحلیل آماری نشان داد که در مرحله آمادگی در میزان زاویه فلکشن آرنج برای پرتاب به چهار هدف تفاوت معنی‌داری وجود دارد ( $F=۰/۰۲$  و  $P=۶/۴۷$ ). در این خصوص به‌طور معناداری میزان زاویه فلکشن در پرتاب به گوشه چپ - بالا حدود ۱۱٪ از پرتاب به گوشه راست - بالا ( $P=۰/۰۳$ ) و حدود ۷٪ هنگام پرتاب به گوشه چپ - پایین کمتر است ( $P=۰/۰۱۷$ ). در حالی که در سایر اهداف اندکی کاهش (غیر معنی‌دار) نیز رخ داده است. نتایج به‌دست‌آمده از داده‌های مرحله رهایی توپ نشان داد که در میزان زاویه رهایی بین چهار هدف پرتاب تفاوت معنی‌داری وجود داشت ( $P=۰/۱۸$  و  $F=۶/۷۳$ )، در مرحله رهایی نیز زاویه رهایی قبل از خستگی در پرتاب به گوشه‌ی راست - بالا نسبت به راست - پایین ۷٪ کاهش نشان داده است.

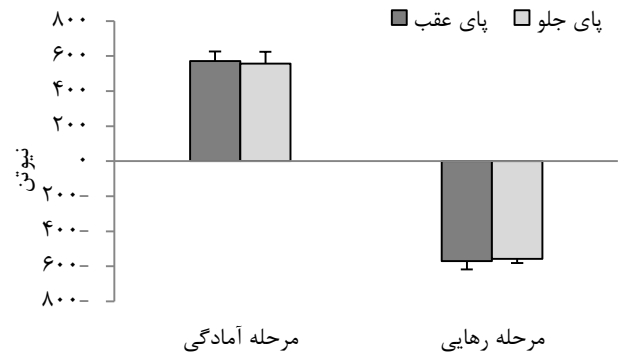


A



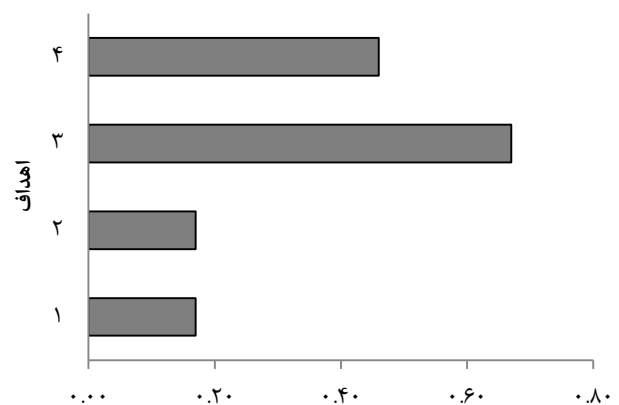
B

مودار ۵. میزان تغییرات در زاویه‌ی فلکشن آرنج در مرحله‌ی آمادگی (A) و مرحله رهایی (B) قبل و بعد از خستگی



نمودار ۱. میزان تغییرات در نیروی عکس‌العمل زمین در مرحله آمادگی و مرحله رهایی قبل و بعد از خستگی

دقت پرتاب به اهداف مختلف شده است ( $F=۹/۶۵$  و  $P=۰/۰۱$ ). تعامل بین فاکتور خستگی و دقت پرتاب به اهداف مختلف معنی‌دار نبود ( $F=۰/۹۷$  و  $P=۰/۴۵$ )، یعنی بعد از ایجاد خستگی دقت پرتاب به سمت اهداف مختلف به میزان یکسانی کاهش یافته است (نمودار ۳). دقت پرتاب در اهداف بالا (چه راست و چه چپ) نسبت به اهداف پایین



نمودار ۳. میزان تغییرات در دقت ضربه قبل و بعد از خستگی

بیشتر بود. همچنین تفاوت دقت حرکت در پرتاب راست بالا و راست پایین ( $P=۰/۰۰۰$ ) و چپ بالا و چپ پایین ( $P=۰/۰۰۱$ ) معنی‌دار بود (نمودار ۴).

درصد تغییرات در زاویه آرنج بعد از خستگی نسبت به قبل از خستگی

## جدول ۲.

میانگین و انحراف استاندارد زاویه فلکشن شانه در مرحله آمادگی و رهایی به درجه

مرحله	مراحل	هدف ۱	هدف ۲	هدف ۳	هدف ۴
مرحله آمادگی	قبل از خستگی	۲۸/۸۴±۳۲/۹۲	۱۹/۹۵±۲۱/۱۰	۲۲/۴۴±۲۶/۴۵	۲۲/۹۵±۱۷/۴۶
	بعد از خستگی	۱۸/۲۸±۱۶/۳۸	۱۶/۸۱±۱۵/۷۷	۲۵/۹۸±۲۳/۷۲	۱۹/۱۶±۱۳/۳۱
مرحله رهایی	قبل از خستگی	۳۵/۵۷±۲۰/۱۹	۲۷/۱۸±۱۰/۶۱	۳۲/۹۱±۱۸/۴۳	۲۶/۲۵±۱۰/۵۴
	بعد از خستگی	۵۱/۵۳±۱۸/۵۲	۲۵/۴۶±۱۱/۱۶	۲۹/۵۶±۱۰/۴۳	۲۷/۰۱±۱۱/۵۶

که این کاهش معنی دار می باشد ( $P = ۰/۰۱۳$ ).

میانگین و انحراف استاندارد زاویه فلکشن شانه در دو مرحله آمادگی و رهایی در شرایط قبل و بعد از خستگی در چهار حرکت در جدول ۲ نشان داده شده است.

نتایج تحلیل آماری بیانگر عدم وجود تفاوت آماری معنی داری در میزان فلکشن شانه برای زدن ضربه به چهار گوشه ( $F = ۰/۵۳$  و  $P = ۰/۶۷$ ) و همچنین عدم تأثیر متقابل معنی دار فاکتور خستگی و فاکتور حرکت ( $F = ۲/۵۱$  و  $P = ۰/۱۴$ ) طی مرحله آمادگی است.

همچنین در مرحله رهایی توپ به چهار هدف در فلکشن شانه تفاوت معناداری وجود دارد ( $F = ۱۱/۲۵$  و  $P = ۰/۰۰۵$ )، در این رابطه میزان زاویه فلکشن شانه در رهایی توپ به گوشه راست بالا حدود ۳۹٪ از هنگام پرتاب به راست-پایین ( $P = ۰/۰۰۴$ ) و حدود ۲۸٪ از هنگام پرتاب به چپ-بالا ( $P = ۰/۰۱۴$ ) و حدود ۳۸٪ از هنگام پرتاب به چپ-پایین ( $P = ۰/۰۰۴$ ) به طور معناداری بیشتر بوده است. هر چند که در مجموع خستگی اثر معناداری در مقدار زاویه فلکشن شانه نداشت ( $P = ۰/۶۱$ ) اما تأثیر متقابل بین فاکتورهای خستگی و حرکت معنادار بود ( $P = ۰/۰۴$  و  $F = ۴/۴۵$ ) (نمودار ۶).

میانگین و انحراف استاندارد زاویه آبداکشن شانه در مرحله آمادگی و رهایی در شرایط قبل و بعد از خستگی در چهار حرکت در جدول ۳ نشان داده شده است.

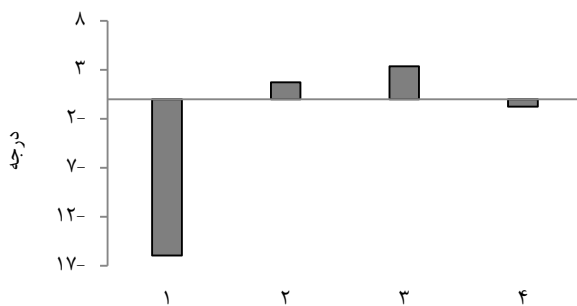
مجموعاً خستگی تأثیر معناداری در مقدار زاویه آبداکشن شانه نداشته ( $F = ۴/۵۴$  و  $P = ۰/۶۲$ )، همچنین زاویه آبداکشن شانه در مرحله آمادگی

## جدول ۳.

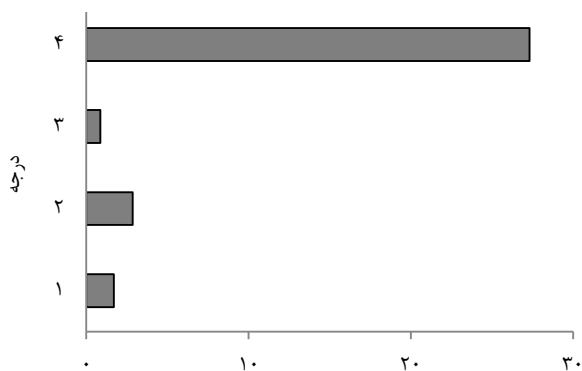
میانگین و انحراف استاندارد زاویه آبداکشن شانه در مرحله آمادگی و رهایی

مرحله	مراحل	هدف ۱	هدف ۲	هدف ۳	هدف ۴
مرحله آمادگی	قبل از خستگی	۴۵/۳۵±۲۳/۵۱	۴۷/۳۳±۲۰/۲۸	۴۶/۷۶±۲۱/۰۱	۴۶/۴۷±۲۲/۰۰
	بعد از خستگی	۴۳/۶۵±۱۸/۳۹	۴۴/۴۷±۲۲/۴۸	۴۵/۸۹±۱۹/۶۷	۱۹/۱۶±۱۳/۳۱
مرحله رهایی	قبل از خستگی	۹۴/۳۹±۱۰/۵۷	۹۴/۲۶±۱۰/۹۳	۹۸/۰۴±۱۱/۱۲	۹۵/۳۶±۱۰/۰۷
	بعد از خستگی	۸۹/۶۸±۸/۰۹	۹۴/۲۲±۹/۹۷	۹۳/۶۵±۱۱/۲۸	۹۴/۴۰±۱۵/۵۶

بین هدف‌های پرتابی تفاوت معناداری نشان نداده است ( $P = ۰/۱۱۴$ ) و ( $F = ۲/۸۵$ )، اما تأثیر متقابل بین فاکتور خستگی و فاکتور هدف معنی دار بوده است ( $F = ۱۳/۳۹$  و  $P = ۰/۰۰۳$ ) که نشان‌دهنده تغییر معنی دار در



نمودار ۶. میزان تغییرات در زاویه فلکشن شانه در مرحله رهایی قبل و بعد از خستگی



نمودار ۷. میزان تغییرات در زاویه آبداکشن شانه در مرحله آمادگی قبل و بعد از خستگی

کرد که با توجه به اینکه خستگی منجر به افزایش نوسانات نیرو می‌شود، ظرفیت فرد را در رسیدن به نیروی مورد نظر مختل می‌کند که سبب انحراف و تغییر استراتژی حرکت از مسیر مورد نظر و هدف اصلی می‌شود. این مسئله دارای اهمیتی خاص است؛ زیرا اغلب و از جمله در این نوع شوت، دقت حرکت است که عملکرد موفقیت‌آمیز را افزایش می‌دهد. این نتیجه با یافته‌های SIMSEK مغایر است. این محقق با بررسی اثر خستگی بر دقت پناستی هندبال ثابت کرد که خستگی تأثیری بر شوت دقیق و غیردقیق ندارد. همچنین بیان کردند که زمان مؤثر در یک رقابت هندبال ۷۰ درصد کل زمان بازی و رقابت است، ۵۷/۵ درصد این زمان را حمله‌ها تشکیل می‌دهند (۱)، بازیکنان مجبورند تا در حین یک مسابقه دفعات زیادی را به دقت شوت اختصاص دهند و در نتیجه باید خود را با خستگی به‌عنوان نتیجه‌ای از موقعیت بازی، وفق دهند. به عبارتی با شرایط خستگی سازگار می‌شوند. در بررسی دیگری که Supej روی بسکتبالیست‌ها انجام داد، نشان داد خستگی بر دقت شوت بی‌تأثیر است. شاید بتوان پروتکل خستگی را علت این ناهم‌سویی عنوان کرد (۲۴). در پژوهش SIMSEK آزمودنی‌ها خستگی هوازی دریافت کرده بودند، اما در پژوهش حاضر خسته شدن عضلات کمر بند شانه‌ای مدنظر بود. در واقع می‌توان فرض کرد، خستگی عضلات کمر بند شانه‌ای منجر به کاهش توان این عضلات در تولید نیرو شده‌اند، این کاهش نیرو می‌تواند بر عملکرد موفق فرد تأثیر منفی بگذارد. همچنین نتایج نشان داد دقت ضربه در زوایای مختلف تفاوت معنی‌داری داشته است. بعد از بررسی زوایای مفاصل مشخص شد که به‌طور کلی خستگی روی زوایای مفاصل آرنج و شانه تأثیر معنی‌دار نداشته است. علت این امر را می‌توان در فاکتورهای مورد نیاز این نوع پرتاب دانست. به علت اینکه هماهنگی و دقت نسبت به قدرت در این نوع پرتاب در بازیکنان نخبه از اهمیت بیشتری برخوردار است و در واقع پرتاب پناستی به قدرت کمتری (زیر بیشینه) نیاز دارد و با توجه به این موضوع که فعالیت‌های زیر بیشینه کمتر از خستگی متأثر می‌شوند، پس می‌توان رد شدن فرضیه تأثیر خستگی بر زوایای مفاصل مورد نظر را توجیه کرد. این نتیجه را تحقیقات Uygun که روی پرتاب آزاد بسکتبال (۱۴) و Ignjatovic روی شوت پرشی بسکتبال انجام دادند، تأیید می‌کند. آن‌ها نیز در بررسی‌های خود دریافتند که خستگی بر زاویه‌های مفاصل تأثیر معنی‌دار ندارد (۲۰).

در حالی که تحقیقات فوق‌الذکر، یافته‌های پژوهش حاضر را در مورد عدم تفاوت معنی‌دار زوایای مفاصل قبل و بعد از خستگی، تأیید می‌کند، یافته‌های مخالفی نیز از مطالعات Dingwell و همکاران به دست آمد (۲۵). Dingwell و همکاران در بررسی روی دو چرخه‌سواران، گزارش کردند که

هدف‌های مختلف بعد از خستگی نسبت به قبل از خستگی می‌باشد (نمودار ۷). نتایج تحلیل‌ها نشان داد در زاویه آبداکشن شانه در مرحله‌ی رهایی توپ بین اهداف پرتابی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ( $F=2/06$  و  $P=0/19$ )، علاوه بر این تأثیر متقابل بین فاکتورهای خستگی و هدف نیز معنی‌دار نبوده است ( $F=2/51$  و  $P=0/14$ ).

## بحث

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر خستگی عضلات کمر بند شانه‌ای بر نیروی عکس‌العمل زمین، زاویه فلکشن آرنج، زوایای فلکشن و آبداکشن شانه، و دقت ضربه طی پرتاب پناستی هندبال صورت گرفت. یافته‌های پژوهش حاضر، نشان داد مقدار نیروی عکس‌العمل زمین در هنگام ضربه پناستی هندبال با خستگی کاهش می‌یابد. برای کنترل صحیح بدن، حفظ و نگهداری ثبات نیروی عکس‌العمل زمین ضروری است؛ هنگام خستگی، توانایی حفظ و نگهداری بدن در تماس با زمین کاهش می‌یابد و بر این اساس نیروی عکس‌العمل زمین بعد از خستگی کاهش می‌یابد. Zadpoor و Nikooyan در پژوهش خود به بررسی اثر خستگی عضلانی بر نیروی عکس‌العمل زمین در فرودهای تک‌پا و دوپا پرداخته و یافته‌های پژوهش حاضر را مبنی بر کاهش معنی‌دار نیروی عکس‌العمل زمین تأیید می‌کنند (۲۱). همچنین Kellis و همکاران در پژوهشی به بررسی اثرات خستگی بر عضلات موافق و مخالف ران و نیروی عکس‌العمل طی فرود با پا پرداخت و نشان داد خستگی اکستنسورهای زانو منجر به کاهش معنی‌دار نیروی عکس‌العمل زمین می‌شود. البته آن‌ها نشان دادند که خستگی فلکسورهای زانو روی نیروی عکس‌العمل زمین بی‌تأثیر است (۱۲).

در این پژوهش دقت ضربه پناستی هندبال متأثر از خستگی بود، به‌طوری که دقت حرکت بعد از خستگی کاهش یافت. این یافته مشابه نتایج Ivoilov و همکاران می‌باشد که نشان دادند دقت شوت بسکتبال با خستگی کاهش می‌یابد (۲۲). Ahmed اثر خستگی روی دقت دریافت و پاس را در بسکتبالیست‌ها را در پژوهشی مورد بررسی قرار داد و نشان داد خستگی موجب کاهش دقت مهارت پاس بسکتبال در افراد مبتدی می‌شود. البته آن‌ها این کاهش را در افراد ماهر تأیید نکردند (۲۳). همچنین Forestier و Nougier در پژوهشی تأثیر خستگی عضلانی را بر هماهنگی حرکات چند مفصله در هندبالیست‌ها را بررسی کرد که نشان دادند تعداد تلاش‌های موفق با خستگی کاهش می‌یابد (۱۹). این نتیجه را این‌گونه می‌توان توجیه

نسبت به شانه دارد.

همچنین می‌توان فرض کرد که آزمودنی‌ها با تجربه دریافته‌اند که با خستگی احتمال آسیب‌دیدگی افزایش می‌یابد بنابراین از لحاظ روانی بعد از خسته شدن زوایا و سرعت دست خود را کنترل می‌کنند.

## نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این پژوهش نشان داد خستگی بر زاویه‌ی فلکشن آرنج و زوایای فلکشن و آبداکشن شانه تأثیری ندارد، اما زاویه‌ی فلکشن آرنج و شانه تحت تأثیر اهداف مختلف بود. همچنین دقت ضربه و نیروی عکس‌العمل زمین متأثر از خستگی است. در واقع دقت و نیروی عکس‌العمل زمین بعد از خستگی کاهش داشت.

به علت ماهر بودن آزمودنی‌ها، به‌طورکلی خستگی عضلانی نتوانسته بر کنترل پوسچر، زوایا تأثیر معنی‌دار بگذارد، اما به هر حال روی دقت ضربه زدن تأثیرگذار بوده است. ماهر بودن این ورزشکاران به کمک آن‌ها آمده و موجب شده زوایای دستشان به‌عنوان یک برنامه حرکتی که به مرحله خود کاری رسیده، دائمی باشد و حتی با خستگی نیز تغییر نکنند، اما با تمام این موارد بر دقت ضربه زدن و در واقع نتیجه نهایی که ورزشکار به دنبال آن است، تأثیرگذار بوده است.

زوایای مفاصل بعد از خستگی تغییر می‌کند. این تغییرات شامل کاهش زاویه میچ پا، افزایش زاویه فلکشن زانو و ران بود، که البته علت این ناهم‌سویی می‌تواند ناشی از تفاوت پژوهش آن‌ها با پژوهش حاضر در انتخاب مفاصل جهت ارزیابی باشد. در پژوهش Dingwell و همکاران زوایای اندام تحتانی شامل ران، زانو و میچ پا مورد بررسی قرار گرفت (۲۵)، اما در این تحقیق، زوایای مفاصل شانه و آرنج مدنظر بوده است. به عبارتی بررسی مفاصل اندام فوقانی و تحتانی دو مقوله مجزا هستند و چون در بررسی اندام تحتانی نیروی وزن بدن عاملی تأثیرگذار بر نتایج است، الگوی متفاوتی از تأثیر خستگی ارائه خواهد داد.

با اینکه خستگی به‌طورکلی تأثیری معنادار روی زوایا نداشته اما زاویه فلکشن تحت تأثیر اهداف مختلف بوده است، به‌طوری‌که میزان زاویه فلکشن آرنج در پرتاب چپ-بالا در مرحله آمادگی برای ضربه زدن، ۱۱ درصد و نسبت به راست-پایین در مرحله رهایی توپ ۷ درصد کاهش داشت؛ همچنین این زاویه بعد از خستگی در هدف راست-بالا نسبت به دیگر اهداف افزایش داشت. در واقع، به‌طورکلی و بدون در نظر گرفتن عامل خستگی و سایر عوامل و با توجه به نتایج که تفاوت معنی‌داری از تأثیر خستگی روی زوایای فلکشن و آبداکشن شانه برای ضربه زدن به چهار هدف نشان نداد، اما تفاوت بین زاویه آرنج در اهداف بالا(راست و چپ بالا) معنی‌دار بود، می‌توان بیان نمود که زاویه قرارگیری مفصل آرنج نسبت به دیگر زوایای بررسی شده، وضعیت پاسجری متفاوتی را ایجاد می‌کند و در واقع زاویه آرنج نقش پررنگ‌تری در پرتاب پنالته هندبال

## References

1. ŞİMŞEK B. Effects of muscle fatigue on shooting accuracy in handball players: middle east technical university; 2012.
2. Clanton RE, Dwight MP. Team handball: Steps to success: Human Kinetics Publishers; 1997.
3. Bak K, Magnusson SP. Shoulder strength and range of motion in symptomatic and pain-free elite swimmers. The American Journal of Sports Medicine. 1997;25(4):454-459.
4. Bompa TO. Theory and methodology of training: the key to athletic performance: Kendall Hunt Publishing Company; 1994.
5. Taylor JL, Butler JE, Gandevia S. Changes in muscle afferents, motoneurons and motor drive during muscle fatigue. European journal of applied physiology. 2000;83(2-3):106-115.
6. Michalsik LB, Madsen K, Aagaard P. Match performance and physiological capacity of female elite team handball players. International journal of sports medicine. 2014;35(07):595-607.
7. MacIntosh BR, Gardiner PF, McComas AJ. Skeletal muscle: form and function: Human Kinetics; 2006.
8. Kluka DA. Motor behavior: From learning to performance: Morton; 1999.
9. Zech A, Steib S, Hentschke C, Eckhardt H, Pfeifer K. Effects of localized and general fatigue on static and dynamic postural control in male team handball athletes. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2012;26(4):1162-1168.
10. Hedayatpour N, Hamedinia MR. Fatigue Induced Changes in Knee Joint Force, Angular Velocity and Joint Moments During Saggital Perturbations of Single-Leg Stance. World. 2012;6(3):321-327.
11. Bini RR, Diefenthaler F, Mota CB. Fatigue effects on the coordinative pattern during cycling: Kinetics and kinematics evaluation. Journal of Electromyography and Kinesiology.



2010;20(1):102-107.

12. Kellis E, Kouvelioti V. Agonist versus antagonist muscle fatigue effects on thigh muscle activity and vertical ground reaction during drop landing. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2009;19(1):55-64.
13. Kiryu T, Murayama T, Ushiyama Y, editors. Influence of muscular fatigue on skiing performance during parallel turns. 2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; 2011: IEEE.
14. Uygur M, Goktepe A, Ak E, Karabörk H, Korkusuz F. The effect of fatigue on the kinematics of free throw shooting in basketball. *Journal of human kinetics*. 2010;24:51-56.
15. Higdon NR, Finch WH, Leib D, Dugan EL. Effects of fatigue on golf performance. *Sports Biomechanics*. 2012;11(2):190-196.
16. Ferraz R, Van Den Tillaar R, Marques MC. The effect of fatigue on kicking velocity in soccer players. *Journal of human kinetics*. 2012;35(1):97-107.
17. Pohl MB, Rabbito M, Ferber R. The role of tibialis posterior fatigue on foot kinematics during walking. *Journal of foot and ankle research*. 2010;3(1):1.
18. Rennie DJ, Vanrenterghem J, Littlewood M, Drust B. Can the natural turf pitch be viewed as a risk factor for injury within Association Football? *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2015.
19. Forestier N, Nougier V. The effects of muscular fatigue on the

coordination of a multijoint movement in human. *Neuroscience letters*. 1998;252(3):187-190.

20. Ignjatovic A, editor Effects of perceived neuromuscular fatigue on kinematic variables of the basketball free throw shooting. Abstract Boor IOth Annyal Congress European College of Science Serbia, Belgrade; 2005.
21. Zadpoor AA, Nikooyan AA. The effects of lower-extremity muscle fatigue on the vertical ground reaction force a meta-analysis. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*. 2012:0954411912447021.
22. Ivoilov A, Smirnov Y, Chikalov V, Garkavenko A. Effects of progressive fatigue on shooting accuracy. The theory and practice of physical training culture. 1981;7:12-14.
23. Ahmed T. The effect of upper extremity fatigue on grip strength and passing accuracy in junior basketball players. *Journal of human kinetics*. 2013;37(1):71-79.
24. Supej M. Impact of fatigue on the position of the release arm and shoulder girdle over a longer shooting distance for an elite basketball player. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009;23(3):1029-1036.
25. Dingwell JB, Joubert JE, Diefenthaler F, Trinity JD. Changes in muscle activity and kinematics of highly trained cyclists during fatigue. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 2008;55(11):2666-2674.

## The Effects of Shoulder- Girdle Muscles Fatigue on Ground Reaction Force, Elbow and Shoulder Joint Angle, and Accuracy of the Athletic Performance in Handball Penalty Throws

### Abstract

Received: Nov. 22, 2016 Accepted: Sep. 15, 2017

Mona Shiravand<sup>1\*</sup>,  
Nader Farahpour<sup>2</sup>,  
Mahdi Majlesi<sup>2</sup>

1. Department of Sport Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Islamic Azad University, Brojerd branch, Brojerd, Iran.

2. Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, Hamedan branch, Hamedan, Iran.

**Objective:** Fatigue is an integral part of sports that can affect athletic performance. The aim of this study was to determine the effect of shoulder girdle muscle fatigue on ground reaction force, Elbow and shoulder angle, and accuracy in handball penalty throws.

**Methods:** 10 healthy male handball player with no history of injury in the shoulder (mean age 9/18 years, weight 79/72 kg, height 179 cm, 6/5 year membership in the team) voluntarily participated in this study. The subjects with full respect for the laws took a total of 16 penalty shots before and 16shots after reaching fatigue. Ground reaction force, angle of elbow and shoulder, and accuracy of launch of the two phase (phase of preparation for throwing and phase of the release of the ball) were recorded before and after fatigue..

**Results:** Results showed significant differences in ground reaction force and accuracy of the throws before and after fatigue ( $p < 0.05$ ), but significant differences were not observed in case of effect of elbow flexion and shoulder flexion and abduction ( $p > 0.05$ ).

**Conclusion:** As the subjects were professional, muscle fatigue did not have a significant effect on postural control, angles and angular velocity; but did affect the reaction force and accuracy of the throws before and after fatigue, which could ultimately affect the performance of athletes and competition results.

**Keywords:** Fatigue, Accuracy, Ground reaction force, Joint angle, Penalty shot

\* Corresponding author:  
Department of Sport Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Islamic Azad University, Brojerd branch, Brojerd, Iran.  
Tel: 09189516561  
Email: mona\_shiravand@yahoo.com

آقای مهدی مجلسی، از سال ۱۳۸۵ عضو هیئت‌علمی تمام‌وقت گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان می‌باشد. در حال حاضر ایشان علاوه بر تدریس دروس حرکت‌شناسی و بیومکانیک در رشته تربیت‌بدنی، در سمت



رئیس دانشکده علوم انسانی و مسئول آزمایشگاه بیومکانیک ورزشی این دانشگاه مشغول به فعالیت است. کسب عنوان مقاله برتر در جشنواره فرهیختگان در سال ۱۳۹۴، انتخاب به‌عنوان مدرس و پژوهشگر برتر در دانشگاه آزاد اسلامی همدان در طی چند سال اخیر از جمله افتخارات ایشان می‌باشد. چاپ بیش از ۲۰ مقاله در مجلات معتبر داخلی و خارجی و ارائه چندین مقاله در همایش‌های داخلی و خارجی را در کارنامه پژوهشی خود دارد. تعادل و کنترل پوسچر، تجزیه و تحلیل راه رفتن در جمعیت‌های کلینیکی، تجزیه و تحلیل مهارت‌های ورزشی از جمله علائق پژوهشی ایشان می‌باشد.

خانم منا شیراوند، فارغ‌التحصیل بیومکانیک ورزشی در مقطع کارشناسی ارشد از دانشگاه آزاد اسلامی بروجرد در سال ۱۳۹۲، دبیر آموزش و پرورش و مدرس دانشگاه علمی کاربردی تربیت‌بدنی همدان، دارای هشت مقاله ارائه شده در کنفرانس‌های ملی (دو



مقاله غیر مرتبط)، دو مقاله ارائه شده در کنفرانس‌های بین‌المللی (مرتبط و غیر مرتبط با حوزه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی)، نفر برگزیده کشوری همایش ملی تربیت (غیر مرتبط با حوزه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی)، سخنران برتر و مقاله برگزیده در کنفرانس ملی تربیت‌بدنی لرستان، یک مقاله پذیرش شده در مجله آی‌اس‌آی به زبان انگلیسی، ترجمه کتاب و چاپ با عنوان بیومکانیک آسیب‌های عضلانی، دارای ۲۰ کارت داوری و مربیگری در رشته‌های مختلف.

پروفسور نادر فرهپور، در سال ۱۹۹۶ درجه دکتری خود در رشته بیومکانیک را از دانشگاه مونترال دریافت کرد و در سال ۱۹۹۷ نیز در گروه ارتوپدی دانشکده پزشکی همان دانشگاه دوره فوق دکتری را تکمیل نمود. در سال ۲۰۰۶ نیز هیئت‌علمی گروه حرکت‌شناسی



در دانشگاه اوتاوا در کشور کانادا گردید. در حال حاضر ایشان استاد تمام گروه بیومکانیک ورزشی در دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه بوعلی سینا و عضو هیئت‌علمی نیمه‌وقت دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان می‌باشد. زمینه تحقیقاتی ایشان، تجزیه و تحلیل راه رفتن در جمعیت‌های کلینیکی، عملکرد عضلات تنه در بیماران اسکولیوز، بیومکانیک مفصل شانه در ورزشکاران و تعادل و کنترل پوسچر می‌باشد. ایشان دارای بیش از ۶۰ مقاله علمی پژوهشی به زبان فارسی و ۱۰ مقاله نمایه شده در مجلات انگلیسی زبان می‌باشد.