

## Comparison of Functional Lower Extremity Evaluation Scores in Active Adolescents with Normal and Flexible Flat Foot

Iman Kheyrandish<sup>1\*</sup>, Malihe Hadadnezhad<sup>2</sup>, Seyed Sadredin Shogaedin<sup>3</sup>

1 MSc, School of Sport Corrective Exercise, Kharazmi University, Tehran, Iran

2. Assistant Professor, School of Sport Biomechanics and Corrective Exercise Kharazmi University, Tehran, Iran

3. Associate Professor, School of Sport Biomechanics and Corrective Exercise, Kharazmi University, Tehran, Iran.

Received: 2018.April.29

Revised: 2018. June.24

Accepted: 2018.July.19

### Abstract

**Background and Aim:** Abnormalities and muscular imbalance in lower limb can lead to poor performance in sports activities followed by injuries. The aim of the present study was comparison of the scores of functional lower extremity in active adolescents with normal and flexible flat foot.

**Materials and Methods:** In the present study, 60 active students (16-18 years-old) with normal and flexible flat foot participated and were divided into two groups (30 each). The participants' navicular drop, using the method described by Brady, and lower limb function, using functional tests including control sequence, hop test sequence, and endurance sequence, were evaluated. To analyze the research findings, descriptive (mean and standard deviation) and inferential (t-tests) statistical methods were applied.

**Results:** The results indicated significant differences between the two groups with normal and flat foot in all functional tests of lower limb ( $p \leq /05$ ) and, in comparison with the normal group, the flat foot group obtained lower scores.

**Conclusion:** Based on the results, flexible flat foot as an abnormality can lead to poor performance in functional tests and sport activities that require balance, muscular endurance, and strength followed by sports injuries including plantar fascia inflammation, tibial stress fracture, anterior cruciate ligament rupture, and backache. So, it is recommended that flexible flat foot be considered as a risk factor in sports injuries.

**Keywords:** Lower Limb Function; Adolescents; Flexible Flat Foot

**Cite this article as:** Iman Kheyrandish, Malihe Hadadnezhad, Seyed Sadredin Shogaedin. Comparison of Functional Lower Extremity Evaluation Scores in Active Adolescents with Normal and Flexible Flat Foot. J Rehab Med. 2019; 7(4): 198-207.

\***Corresponding Author:** Iman Kheyrandish. Master of Corrective Exercises and Sport Injury, Faculty of Physical education, Kharazmi University, Tehran, Iran.

**E-mail:** iman kheyrandish89@gmail.com

**DOI:** 10.22037/jrm.2018.110993.1681

## مقایسه نمرات آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی در نوجوانان فعال با کف پای صاف منعطف و طبیعی

ایمان خیراندیش<sup>۱\*</sup>، ملیحه حدادنژاد<sup>۲</sup>، سید صدرالدین شجاع‌الدین<sup>۳</sup>

۱. کارشناس ارشد آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۲. استادیار آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۳. دانشیار آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

\* دریافت مقاله ۱۳۹۷/۰۲/۰۹ بازنگری مقاله ۱۳۹۷/۰۴/۰۳ پذیرش مقاله ۱۳۹۷/۰۴/۲۴ \*

### چکیده

#### مقدمه و اهداف

ناهنجاری‌ها و عدم توازن عضلانی در اندام تحتانی می‌تواند منجر به ضعف در اجرای فعالیت‌های ورزشی و به دنبال آن آسیب‌دیدگی شود. هدف از تحقیق حاضر مقایسه نمرات آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی در نوجوانان فعال با کف پای صاف و طبیعی بود.

#### مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر تعداد ۶۰ دانش‌آموز فعال ۱۶-۱۸ ساله در دو گروه (هر گروه ۳۰ نفر) کف پای صاف و طبیعی شرکت داشتند. میزان افت ناوی آزمودنی‌ها با استفاده از روش توصیف‌شده برادی و عملکرد اندام تحتانی با استفاده از آزمون‌های عملکردی سکانس کنترل، سکانس لی لی کردن و سکانس استقامت مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تجزیه و تحقیق یافته‌های تحقیق از روش‌های آمار توصیفی (میانگین و انحراف استاندارد) و روش آمار استنباطی (تی مستقل) استفاده شد ( $P \leq 0/05$ ).

#### یافته‌ها

نتایج نشان داد که اختلاف معناداری بین دو گروه کف پای صاف و طبیعی در همه‌ی آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی وجود دارد ( $P \leq 0/05$ ) و گروه کف پای صاف نسبت به گروه سالم نمرات ضعیف‌تری را کسب کردند.

#### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج مطالعه حاضر، کف پای صاف به عنوان یک ناهنجاری باعث تضعیف در اجرای آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی شده که می‌تواند منجر به ضعف در اجرای فعالیت‌های ورزشی که نیازمند به تعادل، استقامت و توان عضلانی و به دنبال آن آسیب‌دیدگی‌های ورزشی از جمله التهاب نیام کف پای، استرس فراکچر درشت‌نی، پارگی رباط صلیبی قدامی و کمردرد است، شود؛ بنابراین توصیه می‌شود کف پای صاف منعطف به عنوان یکی از عوامل خطر آسیب‌دیدگی ورزشی مد نظر قرار گیرد.

#### واژگان کلیدی

آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی؛ نوجوانان فعال؛ کف پای صاف منعطف

نویسنده مسئول: ایمان خیراندیش، کارشناس ارشد آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران  
آدرس الکترونیکی: iman kheyrandish89@gmail.com

## مقدمه و اهداف

ساختار مناسب اسکلتی-عضلانی به ویژه در اندام تحتانی از جمله فاکتورهای موثر در برتری کودکان است که می‌تواند بیومکانیک بدن انسان به ویژه بیومکانیک دویدن، راه رفتن و به طور کلی حرکات جابه‌جایی انسان را تحت تأثیر قرار دهد.<sup>[۱]</sup> ناهنجاری‌های اسکلتی-عضلانی شرایط نامطلوبی هستند که بر اثر عوامل ژنتیکی، مادرزادی، بیماری‌ها، صدمات، افزایش وزن، تیپ بدنی، سن، عادات نادرست مانند ایستادن‌ها، راه رفتن‌ها، نشستن‌های غلط، فقر حرکتی و عدم تحرک مناسب که به ضعف عضلات و کارکرد نامناسب مفاصل منجر می‌شود، استفاده از پوشاک نامناسب مانند کفش و مسائل فرهنگی و تربیتی به وجود می‌آیند.<sup>[۲]</sup> امکان بهبود و اصلاح بیشتر آنها از طریق حذف عوامل مربوطه امکان‌پذیر است.

با توجه به ساختار آناتومیکی پا و موقعیت قرارگیری آن در پایین‌ترین بخش زنجیره‌ی حرکتی اندام تحتانی و سطح اتکای به نسبت کوچکی که بدن تعادل خود را روی آن حفظ می‌کند منطقی به نظر می‌رسد که کوچکترین تغییرات بیومکانیکی در سطح اتکا بر کنترل پاسچر بدنی، پارامترهای حرکتی و توان فرد اثرگذار باشد.<sup>[۳، ۴، ۵]</sup> یکی از این تغییرات بیومکانیکی، تغییر در قوس طولی داخلی کف پا است، کاهش این قوس کف پای صاف و افزایش آن کف پای گود نامیده می‌شود و به علت ترکیب عواملی از ضعف عضلانی، شلی لیگامنتی، تالوس عمودی مادرزادی و پل استخوانی تارسال به وجود می‌آیند. در این وضعیت لبه داخلی پا با سطح زمین حین تحمل وزن، تماس پیدا می‌کند.<sup>[۶]</sup>

افرادی که قوس کف پای آنها طبیعی نیست، بر اساس تئوری جاندا (۲۰۰۴) مبنی بر عملکرد زنجیره‌ای بدن، ممکن است با عوارض پاتومکانیکی و فیزیولوژیکی متفاوتی روبرو شوند.<sup>[۷]</sup> صافی کف پا می‌تواند موجب عوارض ناخوشایندی مانند درد پاشنه، بیرون‌زدگی مفصل شست پا، انگشت چکشی، درد جلوی ساق پا، درد زانو و هیپ و کمردرد گردد.<sup>[۸-۱۰]</sup> همچنین قوس طولی داخلی کف پا در بیومکانیک پا، مانند حمایت و جذب ضربه پا در طی راه رفتن عملکرد اساسی دارد.<sup>[۱۱، ۱۲]</sup>

قوس طولی داخلی کف پا موجب توزیع مناسب وزن روی پاها و انتقال آن به زمین می‌شود، همچنین از مزایای دیگر قوس طبیعی پا راه رفتن و دویدن طبیعی با برخورداری از خاصیت طبیعی آن است. علاوه بر آن حمایت و حفاظت از بافت‌های نرم کف پا در حضور این قوس‌ها صورت می‌پذیرد.<sup>[۱۳]</sup> افزایش یا کاهش قوس پا (به ترتیب گودی کف پا یا صافی کف پا) می‌تواند این عملکردها را مختل کرده و منجر به بی‌تعادلی عضلانی، بدراستایی مفصلی، پرونیشن جبرانی پا و ناهنجاری در راه رفتن شود.<sup>[۱۴]</sup>

تحقیقات زیادی به بررسی عملکرد اندام تحتانی به خصوص کف پای صاف پرداخته‌اند، اما اختلاف نظر زیادی بین آنها وجود دارد؛ به طوری که برخی محققان معتقدند که کف پای صاف برای عملکرد ورزشکاران دوی سرعت ساختار مناسبی نیست.<sup>[۱۵]</sup> همچنین گزارش شده که اختلافات ساختاری انواع پا سبب اختلاف در نیروی عکس‌العمل زمین و تخریب پا می‌شود. این تغییرات در ساختار، بر نیروی عکس‌العمل زمین و نیروی عضلات پا در حین راه رفتن تأثیر می‌گذارد و فرد را مستعد آسیب‌دیدگی هم از لحاظ جسمانی و هم از لحاظ کیفیت سلامت زندگی می‌کند.<sup>[۱۶]</sup> همچنین در بررسی‌های گذشته گزارش شده است که افراد با کف پای صاف پرش عمودی ضعیف‌تری نسبت به افراد با پای طبیعی دارند.<sup>[۱۷]</sup> اما در نتایج برخی دیگر از تحقیقات آمده است که کف پای صاف تأثیری در عملکرد افراد ندارد؛ به طوری که در اجرای ورزشی آنها تفاوت معناداری در تعادل، پرش ارتفاع و سرعت راه رفتن مشاهده نشده است.<sup>[۱۸]</sup> حال آنکه بدن به عنوان یک زنجیره حرکتی بسته عمل می‌کند و موقعیت هر مفصل بر روی دیگر مفاصل اثر می‌گذارد، بررسی عملکردی اندام تحتانی جهت گرفتن تدابیری در جهت بهبود عملکرد و پیشگیری از آسیب می‌تواند مفید واقع شود. هدف از مطالعه حاضر بررسی عملکردی اندام تحتانی در نوجوانان فعال با کف پای صاف انعطاف‌پذیر و طبیعی است.

## مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع توصیفی-مقایسه‌ای است. جامعه آماری این تحقیق دانش‌آموزان مقطع دبیرستانی با دامنه سنی ۱۶-۱۸ سال بوده که در سطح شهرستان کوه‌دشت واقع در استان لرستان مشغول به تحصیل بودند. از بین جامعه مورد مطالعه تعداد ۶۰ نفر (۳۰ نفر برای هر گروه کف پای صاف و طبیعی) به صورت هدفمند انتخاب و به عنوان نمونه مورد مطالعه قرار گرفتند. معیارهای ورود شامل نوجوانان ۱۶ تا ۱۸ سال، شاخص توده بدنی بین ۲۵-۱۸/۵ بود، آزمودنی‌های فعال (دارای فعالیت ورزشی حداقل دو بار در هفته در ساعات خارج از مدرسه و استفاده از پرسش‌نامه بک)، عدم وجود سابقه آسیب‌دیدگی قبلی در اندام تحتانی و تنه، دارای نمره افت ناوی بین ۱۰-۴ میلی‌متر برای گروه کف پای نرمال و بیشتر از ۱۰ میلی‌متر برای گروه کف پای صاف و سلامت عمومی بود.

معیارهای خروج شامل عدم موفقیت در به انجام رساندن آزمون‌های عملکردی، افراد دارای بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت، آسم، ناهنجاری‌های تأثیرگذار اندام تحتانی از جمله زانوی پرانتزی (فاصله بین دو کندیل بیشتر از ۳ سانتی‌متر)، زانوی ضربدری (فاصله دو قوزک بیشتر از ۳ سانتی‌متر)، زانوی عقب رفته، وجود درد<sup>[۱۹]</sup> و اختلالات عضلانی در اندام تحتانی بود.

پس از کسب رضایت کتبی با استفاده از روش اندازه‌گیری افت استخوان ناوی، وضعیت پای دانش‌آموزان مدارس مورد نظر مورد ارزیابی قرار گرفت و آزمودنی‌ها با توجه به شرایط ورود و خروج در دو گروه کف پای صاف و طبیعی قرار گرفتند. سپس توضیحات شفاهی لازم در مورد روش اجرای آزمون‌ها در اختیار آزمودنی‌ها قرار داده شد. اندازه‌گیری‌های مربوط به قوس‌های کف پا در یک روز و در روز بعد آزمون‌های عملکردی انجام شد. پیش از شروع اندازه‌گیری آزمون‌های عملکردی از آزمودنی‌ها خواسته شد که به مدت ۵ دقیقه به گرم کردن بدن و خصوصاً در اندام تحتانی و زانو بپردازند و سپس آزمون‌ها را اجرا کنند. برای تعیین پای غالب از آزمون شوت کردن توپ استفاده شد. در این آزمون پایی که برای ضربه زدن به توپ مورد استفاده قرار می‌گرفت، به عنوان پای غالب تعیین می‌شد. جهت بررسی نرمال بودن توضیح داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و جهت مقایسه بین گروه‌ها از آزمون تی مستقل در سطح معناداری ۹۵٪ استفاده شد.

### اندازه‌گیری افت استخوان ناوی

در تمامی افراد برای مشخص کردن نوع ساختار کف پایی، از روش افتادگی استخوان ناوی بر اساس شیوه برادی استفاده شد، در این روش از آزمودنی خواسته شد که روی صندلی نشسته و پاهایش به صورت صاف روی یک سطح سخت قرار دهد؛ به طوری که ران و زانو زاویه ۹۰ درجه و مفصل ران هیچ‌گونه آداکشن و اداکشن نداشته و مفصل میچ پا در وضعیت طبیعی قرار گیرد. در این وضعیت ابتدا زانودهی استخوان ناوی را علامت زده و سپس فاصله بین برجستگی استخوان ناوی تا سطح زمین با خط‌کش اندازه‌گیری شد. از آزمونگر خواسته شد تا بدون تغییر در وضعیت پاها روی دو پا بایستد؛ به طوری که وزن بدن به طور مساوی روی دو پا توزیع گردد. ارتفاع برجستگی استخوان ناوی تا سطح زمین دوباره با خط‌کش اندازه‌گیری شد. سرانجام اختلاف بین وضعیت اول (نشسته روی صندلی) و وضعیت دوم (ایستاده روی دو پا) را به میلی‌متر محاسبه و به عنوان میزان افت ناوی در نظر گرفته شد. میزان افتادگی ناوی در هر آزمودنی سه بار برای هر پا به منظور مشخص کردن دوطرفه بودن اختلال اندازه‌گیری شد و میانگین آنها به منظور طبقه‌بندی افراد در دو گروه پای نرمال و پای صاف استفاده گردید. میزان افت ناوی بین ۵-۹ میلی‌متر کف پای فرد طبیعی، اختلاف بیش از ۱۰ میلی‌متر کف پای فرد صاف در نظر گرفته شد. روش اندازه‌گیری افتادگی استخوان ناوی به عنوان یک روش کلینیکی معتبر در تحقیقات مورد استفاده قرار گرفته است.<sup>[۲۰]</sup>

### نحوه اجرای آزمون‌های عملکردی

این آزمون‌ها از سه بخش تشکیل شده است و هر بخش یک فاکتور از عملکرد اندام تحتانی را اندازه می‌گیرد. این بخش‌ها شامل سکانس کنترل، سکانس لی‌لی کردن و سکانس استقامت می‌باشد. پایایی و روایی این آزمون‌ها برای اندازه‌گیری عملکرد اندام تحتانی بالا گزارش شده است؛ به طوری که هایتز و همکاران (۲۰۱۴) روایی این آزمون‌ها را بین ۷۱-۸۵ و پایایی این آزمون‌ها را بین ۸۳-۱۰۰ گزارش کرده‌اند.<sup>[۲۱]</sup>

### سکانس کنترل (آزمون ۱ و ۲)

#### آزمون اول: استپ داون طرفی زماندار

این آزمون شامل اسکات مداوم روی یک پله است. حین اجرای آزمون فرد دست‌های خود را روی ران قرار می‌دهد و در حالی که پنجه پا رو به بالا است، با پاشنه خود به آرامی به مدت سه دقیقه و هر دقیقه ۸۰ بار با صدای مترونوم به زمین ضربه می‌زند. ارتفاع پله طوری تنظیم می‌شود که هنگام برخورد پاشنه به زمین زانو زاویه بین ۶۰-۷۰ درجه پیدا کند. فرد در طول تست پای خود را در حالت خنثی تنظیم می‌کند و این حالت را حفظ می‌کند تا زمانی که سه الگوی حرکتی ناقص یا خطا را انجام دهد یا به خاطر درد بایستد و یا زمان سه دقیقه به اتمام برسد، الگوهای حرکتی ناقص شامل والگوس زانو، از دست دادن تعادل، سقوط به اطراف یا برداشتن دست‌ها از روی ران است. هر آزمون سه بار تکرار شد و میانگین سه تکرار به عنوان رکورد آزمودنی ثبت شد.<sup>[۲۱]</sup>

#### آزمون دوم: پرش جانبی

این آزمون شامل پرش یک‌طرفه از یک پا به پای دیگر روی یک خط می‌باشد که طول آن ۶۰ درصد قد هر آزمودنی است. این آزمون ۶۰ ثانیه طول می‌کشد و یک مترونوم برای ۴۰ ضربه در دقیقه تنظیم می‌شود که با هر صدای مترونوم یک پرش انجام می‌گردد. این آزمون سه الگوی حرکتی ناقص یا خطا دارد که شامل والگوس زانو، افت لگن و از دست دادن تعادل می‌باشد. اگر فرد در طول آزمون سه الگوی حرکتی ناقص را انجام ندهد، تعداد پرش‌های درستی که در طول ۶۰ ثانیه انجام می‌دهد، در نظر گرفته می‌شود، اما اگر قبل از اتمام ۶۰ ثانیه سه الگوی حرکتی ناقص را انجام دهد زمان تست متوقف و تعداد پرش‌های درست در طول این مدت زمان به عنوان رکورد ثبت می‌شود. هر آزمون سه بار تکرار شد و میانگین سه تکرار به عنوان رکورد آزمودنی ثبت شد.<sup>[۲۱]</sup>

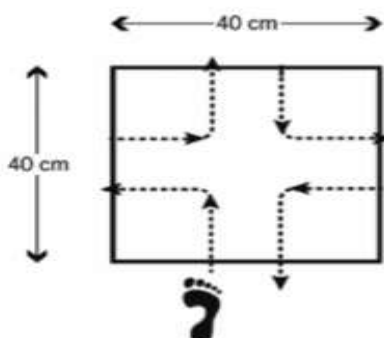
### سکانس آزمون لی لی کردن (آزمون های ۳-۶)

این آزمون ها شامل لی لی تک پا، لی لی سه گام، لی لی کردن زیگزاگی (در طول دو خط که ۱۵ سانتی متر از هم فاصله دارند) و زمان لی لی کردن در یک مسیر ۶ متری است. در آزمون های پرش تک پا، پرش سه گام و پرش زیگزاگی فرد پس از قرار گرفتن در پشت خط شروع (پنجه پا به طور دقیق پشت خط شروع قرار داشت) حرکات لی لی را بر روی یک پا انجام داد و سعی کرد تا حد امکان در فاصله دورتری از خط شروع قرار گیرد و پس از فرود فرد باید خود را در وضعیت فرود نگه می داشت تا آزمونگر بتواند نقطه فرود پاشنه را علامت بزند و بیشترین فاصله طی شده به عنوان رکود آزمودنی ثبت شد، اما در آزمون لی لی کردن در یک مسیر ۶ متری زمان اتمام آزمون به عنوان رکود فرد ثبت شد. هر آزمون سه بار تکرار شد و میانگین سه تکرار به عنوان رکود آزمودنی ثبت شد.<sup>[۳۲]</sup>

### سکانس استقامت (تست ۷ و ۸)

#### تست پرش مربع

فرد در جهت عقربه های ساعت برای ۳۰ ثانیه به وسیله پرش های ساعت گرد روی یک پا در خارج از یک مربع به ابعاد ۴۰\*۴۰ CM نقاشی شده روی زمین جابه جا شد (تصویر ۱). هر وقت که فرد در طول آزمون یک دور کامل می رفت، با صدای بلند اعلام می کرد و آزمونگر هم مخفیانه هر زمان که پای آزمودنی جین اجرای تست روی خط فرود می آمد، یادداشت می کرد. فرد بعد از ۳۰ ثانیه ایستاد و برای ثبت رکورد نهایی تعداد پرش های غلط (پا به طور کامل از خط عبور نکند) را از تعداد پرش های صحیح (پا به طور کامل از خط عبور کند) کم شد و به عنوان رکود نهایی ثبت شد.<sup>[۳۳]</sup>



تصویر ۱: تست پرش مربع

#### تست عملکرد اندام تحتانی

در این آزمون دو مخروط به فاصله ۱۰ متری از هم در یک راستا قرار گرفت و فرد در نقطه استارت در پشت مخروط یک ایستاد و با فرمان آزمونگر با حداکثر سرعت به سمت مخروط دو دوید و با لمس مخروط دو به حالت عقب به سمت مخروط یک برگشت. با لمس مخروط دو بلافاصله به حالت شافل به سمت مخروط دو دوید و با همین حالت به سمت مخروط یک بازگشت. سپس به حالت کاریوکا به سمت مخروط دو دوید و با همین حالت به سمت مخروط یک بازگشت. در نهایت با حداکثر سرعت به سمت مخروط دو دوید و به محض عبور از مخروط زمان آزمون به پایان رسید و به عنوان رکود آزمودنی ثبت شد. این آزمون سه بار تکرار و میانگین سه تکرار به عنوان رکود نهایی ثبت شد.<sup>[۳۴]</sup>

جهت بررسی نرمال بودن توضیح داده ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و جهت مقایسه بین گروه ها از آزمون t مستقل در سطح معناداری ۹۵٪ و  $P \leq 0.05$  و با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد.

### یافته ها

نتایج آزمون آماری کولموگروف-اسمیرنوف نشان داد که توزیع داده های مورد استفاده در تحقیق حاضر نرمال می باشد. ویژگی های فردی آزمودنی های تحقیق در جدول ۱ ارائه شده است. آزمون های دو گروه تحقیقی از لحاظ میانگین ویژگی های فردی تا حدودی یکسان بوده، اختلاف معناداری بین دو گروه مشاهده نشد. نتایج به دست آمده از انجام آزمون تی مستقل در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۲، گروه دارای ناهنجاری کف پای صاف عملکرد ضعیف تری نسبت به گروه بدون ناهنجاری داشتند.

جدول ۱: مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها

متغیر	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدنی (مترمربع بر کیلوگرم)	میزان افت ناوی (میلی‌متر)
کف پای طبیعی	۱۶/۳۱±۰/۷۷	۱۷۴/۸۶±۶/۷۶	۵۹/۵۶±۷/۷۴	۱۹/۴۵±۱/۸۶	۶/۵۳±۱/۴۷
کف پای صاف	۱۶/۳۵±۰/۷۲	۱۷۴/۴۰±۶/۹۸	۶۱/۲۹±۱۰/۲۰	۲۰/۷۴±۳/۴۸	۱۲/۶۶±۲/۴۸

نتایج آزمون t مستقل نشان داد بین سن، قد، وزن و BMI بین دو گروه تحقیق اختلاف معناداری وجود ندارد.

جدول ۲: نتایج آزمون t مستقل جهت بررسی وجود اختلاف در نتایج آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی

sig	df	t	میانگین امتیازات		پارامتر
			کف پای طبیعی	کف پای صاف	
*+۰۰۱	۵۸	-۳/۶۵	۴۳/۲۷	۶۱/۹۷	استپ داون طرفی زمان دار (ثانیه)
+۰۰۴	۵۸	۳/۰۶	۳۹/۰۶	۳۶/۵۳	پرش جانبی (تکرار)
+۰۰۲	۵۸	۳/۱۳	۱/۸۷	۲/۰۴	پرش تک‌گام (متر)
+۰۱۷	۵۸	۲/۴۴	۵/۴۳	۵/۸۲	پرش سه‌گام (متر)
+۰۰۳	۵۸	۳/۱۴	۵/۱۰	۵/۵۸	پرش زیگزاگی (متر)
+۰۰۱	۵۸	-۴/۲۱	۲/۰۲	۱/۷۲	زمان لی‌لی کردن در یک مسیر ۶ متری (ثانیه)
+۰۰۱	۵۸	۴/۲۵	۴۳/۳۶	۵۵/۹۳	پرش مربع (تکرار پرش)
+۰۰۱	۵۸	-۶/۰۴	۱۶/۶۰	۱۴/۹۰	سرعت عملکرد اندام تحتانی (ثانیه)

سطح معناداری ۰/۰۵

## بحث

هدف از تحقیق حاضر مقایسه نمرات آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی در نوجوانان فعال با کف پای صاف منعطف و طبیعی است. با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون t مستقل، اختلاف معناداری بین میزان میانگین در همه‌ی آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی بین دو گروه تحقیق وجود دارد ( $p < 0.05$ ). این بدین معنی است که گروه کف پای صاف نسبت به گروه کف پای طبیعی نمرات ضعیف‌تری در آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی کسب کرده‌اند.

کف پای صاف منجر به چرخش خارجی پاشنه و چرخش داخلی درشتنی و تغییرات عملکردی عضلات ساق پا می‌شوند؛ به طوری که در دفورمیتی کف پای صاف پا در وضعیت پرونیشن اضافی یا چرخش داخلی در مفصل تحت قاپی در هنگام تحمل وزن قرار می‌گیرد و پرونیشن پا باعث می‌شود که عضلات اینورژن از جمله دوقلو در معرض ضعف ناشی از کشیدگی و عضلات اورژن از جمله نازکنی بلند در معرض ضعف ناشی از کوتاهی قرار بگیرد.<sup>[۲۵]</sup> این عمل باعث می‌شود که عضلات نام‌برده کارایی طبیعی خود را از دست بدهند.

بورنز<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که طول تاندون آشیل در گروه کف پای صاف بیشتر از گروه نرمال است.<sup>[۲۶]</sup> همچنین یافته‌های پژوهش وانگ<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که اینورژن بیش از حد در مفصل تحت قاپی باعث کاهش فعالیت عضله دوقلو و اورژن بیش از حد باعث افزایش فعالیت عضله دوقلو می‌شود.<sup>[۲۷]</sup> در این راستا، بیناباجی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که فعالیت الکترومیوگرافی عضله دوقلو در افراد کف پای صاف در طول راه رفتن دچار اختلال عملکردی می‌شود.<sup>[۲۸]</sup>

از طرفی دیگر، تغییر در زاویه چهارسر زانو و چرخش داخلی ران به مرور زمان منجر به ناکارایی مکانیسم اکستنسوری مفصل زانو، مهار و ضعف عضلات چهارسر ران می‌شود، به دنبال این فرآیند تعادل بین نیروهای وارده از این عضلات به کشکک به هم خورده و لغزش کشکک در شیار ران حین حرکت باز شدن و خم شدن قوی زانو با فشار زیادی همراه می‌شود که در نهایت منجر به اختلالات اسکلتی-عضلانی می‌شود.<sup>[۲۹]</sup>

عملکرد اندام تحتانی در بین دو گروه کف پای صاف و طبیعی در پژوهش حاضر به وسیله آزمون‌های استپ داون طرفی زماندار، پرش جانبی، لی‌لی تک‌گام بر روی یک پا و بیشترین فاصله طی‌شده، انجام سه‌لی‌لی متوالی به صورت مستقیم بر روی یک پا و بیشترین فاصله

1 Burns

2 Wang

فصلنامه علمی - پژوهشی طب توانبخشی \*



طی شده، انجام سه لی لی متوالی به صورت زیگزاگی بر روی یک پا و بیشترین فاصله طی شده، زمان لی لی کردن در یک مسیر ۶ متری، پرش مربع و آزمون عملکرد اندام تحتانی ارزیابی شد.

علت اجرای ضعیف تر گروه کف پای صاف در آزمون های پرش جانبی و استپ داون طرفی زماندار می تواند به ضعف قدرت عضلات دوقلو، نعلی، چهارسر ران، چرخش دهنده ای خارجی مچ پا (نازک نی بلند، کوتاه و طرفی) و خم کننده دراز شست پا و همچنین فشار زیاد وارده به کف پا مربوط باشد. در طی انجام این آزمون ها مچ پا تمایل به اینورژن پیدا می کند که گروه عضلات نازک نی با انقباض بروننگرای خود وظیفه جلوگیری از اینورژن مچ پا را دارند، اما چون این عضلات دچار اختلال عملکردی شده اند<sup>[۲]</sup>، در نتیجه یکی از دلایل ضعف گروه کف پای صاف در اجرای این آزمون ها می تواند به ضعف گروه عضلات نازک باشد.

از طرف دیگر حین اجرای این آزمون ها مفصل مچ پا به طور مکرر به حالت پلاننار فلکشن و مفصل زانو به حالت اکستنشن در می آید و عضلات دوقلو، نعلی و چهارسر ران وظیفه پلاننار فلکشن مچ پا و اکستنشن زانو را بر عهده دارند، اما چون این عضلات دچار اختلال عملکردی شده اند<sup>[۲، ۲۶، ۲۷، ۲۹]</sup>، بنابراین یکی دیگر از دلایل ضعیف گروه کف پای صاف نسبت به گروه کف پای طبیعی در اجرای این آزمون ها می تواند به دلیل ضعف عضلات دوقلو و چهارسر ران باشد.

نتایج پژوهش حاضر با مطالعات جانکوئیس<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۵)، ابراهیمی و همکاران (۲۰۱۱)، هاریسون<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۰)، لین<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۵) همخوانی دارد؛ به طوری که در همه ی مطالعات فوق گزارش شده افرادی که از ارتفاع قوس طبیعی برخوردار نیستند، دارای کنترل پاسچر ضعیف تری در مقایسه با افراد با قوس طبیعی هستند<sup>[۳۰، ۳۱، ۳۲]</sup>، اما نتایج بسیاری از مطالعات دیگر از جمله نخستین روحی و همکاران (۲۰۱۳)، تیودر<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۹) با نتایج این پژوهش همخوانی ندارد.<sup>[۳۳، ۳۴]</sup>

روحی و همکاران تاثیر کف پای صاف انعطاف پذیر در چند فاکتور آمادگی جسمانی که لازمه ی عملکرد ورزشی هستند، مورد بررسی قرار دادند. یکی از این فاکتورهای آمادگی جسمانی در این پژوهش شامل تعادل ایستا و پویا بود. برای ارزیابی تعادل از تک پا ایستادن و آزمون اصلاح شده باس استفاده شده بود. نتایج مطالعات آنها نشان داده بود که بین تعادل ایستا اختلاف معناداری وجود دارد، اما بین تعادل پویا در بین سه گروه اختلاف معناداری وجود ندارد.<sup>[۳۳]</sup> محقق دلیلی برای عدم وجود اختلاف تعادل پویا در بین دو گروه گزارش نکرده است. دلیل ناهمخوانی این مطالعات با تحقیق حاضر می تواند به نوع آزمون های عملگری مرتبط باشد. در آزمون باس شخص روی پنجه خود راه می رود و قوس کف پا نقش کمتر دارد و نیازی به قدرت عضلانی زیادی ندارد، اما در آزمون های استپ داون طرفی زماندار و پرش جانبی افراد هم روی کف پای خود حرکت را اجرا می کنند و هم نیازمند قدرت عضلانی زیادی در پای خود هستند. جنسیت آزمودنی هم می تواند تاثیرگذار باشد. در پژوهش نخستین روحی از دانش آموزان دختر، اما در تحقیق حاضر از دانش آموزان پسر استفاده شده است.

مقادیر به دست آمده از آزمون های بیشترین فاصله طی شده در آزمون لی لی کردن روی یک پا، بیشترین فاصله طی شده در آزمون سه لی لی متوالی به صورت مستقیم بر روی یک پا، بیشترین فاصله طی شده در آزمون لی لی متوالی به صورت زیگزاگی بر روی یک پا و زمان لی لی کردن در یک مسیر ۶ متری نیز بین دو گروه اختلاف معناداری داشت و افراد کف پای صاف نسبت به افراد دارای پای طبیعی در اجرای این آزمون ها نمرات ضعیف تری کسب کردند.

از آنجا که در انجام انواع آزمون های پرش عمودی عضلات دو مفصله نقش بسیار مهمی را ایفا می کنند، می توان وجود تفاوت معناداری بین این دو گروه را به این عضلات و تغییر بیومکانیکی مفاصل مربوط دانست. پرش عمودی از نوع حرکات انفجاری می باشد که مفاصل مچ پا، زانو و ران را درگیر می کند.<sup>[۳۴]</sup> عملکرد بهینه در این گونه حرکات با انتقال نیروها بین مفاصل مچ پا، زانو و ران بستگی دارد و انتقال دهنده اصلی نیرو بین این سه مفصل عضله چهارسر (راسترانی)، دوسر رانی و دوقلو می باشد.<sup>[۳۴، ۳۵]</sup> انقباض هم زمان این عضلات باعث انتقال نیرو بین مفاصل مچ پا، زانو و ران می شود و همکاری بهینه بین عضلات دوقلو و چهارسر ران باعث انتقال ایده آل نیرو و ارتقاع باز شدن مچ پا، زانو و ران در هنگام پرش می شود. همچنین ترتیب انقباض عضلات بسیار مهم است.<sup>[۳۲]</sup>

در ناهنجاری های وضعیتی مانند کف پای صاف به علت بر هم خوردن تعادل عضلانی و تغییر نسبت قدرت عضلانی باعث تغییر در ترتیب فعال شدن عضلات و کاهش کنترل عصبی-عضلانی می شود.<sup>[۳۵]</sup>

یافته های تحقیق حاضر با نتایج مطالعات پتروویک<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۱۳) هم راستا است. آنها به بررسی قدرت انفجاری پا در افراد کف پای صاف و نرمال با استفاده از پرش اسکات روی صفحه نیروی پرداختند و گزارش کردند که افراد کف پای صاف نسبت به افراد کف پای

1 Jankowicz  
2 Harrison  
3 Lin  
4 Tudor  
5 Petrović

طبیعی دارای قدرت انفجاری ضعیف‌تری در اندام تحتانی خود هستند و پیشنهاد کردند که برای حل این مشکل باید به تقویت قوس کف پا، تاندون و عضلات پا پرداخته شود.<sup>[۳۵]</sup>

از طرفی دیگر مطالعه حاضر با یافته‌های تیودر و همکاران (۲۰۰۹) هم‌سو نبود.<sup>[۱۸]</sup> این محققان در پژوهشی عنوان کردند که کف پای صاف عاملی بر عدم اجرای مهارت‌های ورزشی در کودکان ۱۱-۱۵ ساله نمی‌باشد و با استفاده از حداکثر پرش روی یک صفحه نیرو به ارزیابی قدرت انفجاری پا پرداخته و گزارش کرده‌اند که تغییر در ارتفاع قوس تأثیری بر کنترل عصبی-عضلانی افراد ندارد، در نتیجه تفاوتی بین گروه کف پای صاف نسبت به گروه کف پای طبیعی از لحاظ قدرت انفجاری در پا وجود ندارد.<sup>[۱۸]</sup> علت ناهم‌خوانی با پژوهش حاضر می‌تواند از نوع ارزیابی ارتفاع قوس کف پا باشد. در پژوهش تیودر با استفاده از شاخص قوس کف پای اسکن شده، آزمودنی‌ها را در چهار گروه قرار داده بودند که این نوع ارزیابی با روش افت ناوی می‌تواند متفاوت باشد. دلیل دیگر می‌تواند نوع آزمون‌های عملکردی باشد که با هم تفاوت دارند.

مقادیر به دست آمده از آزمون‌های پرش مربع و آزمون عملکرد اندام تحتانی در بین دو گروه اختلاف معناداری داشت. افراد کف پای صاف نسبت به افراد دارای کف پای طبیعی در اجرای این آزمون‌ها نمرات ضعیف‌تری کسب کردند. اجرای ضعیف‌تر گروه کف پای صاف در آزمون‌های پرش مربع و آزمون عملکرد اندام تحتانی می‌تواند به قدرت عضلات دوقلو و چهارسر ران و همچنین کنترل پاسچر ضعیف‌تر و نیروی عکس‌العمل ضعیف‌تر مربوط باشد.

در طی انجام این آزمون‌ها افراد علاوه بر اینکه باید از استقامت عضلانی قوی در عضلات چهارسر ران و دوقلو برخوردار باشند، باید دارای کنترل پاسچر، استقامت قلبی-عروقی و نیروی عکس‌العمل قوی مخصوصاً برای آزمون عملکردی اندام تحتانی باشند. در ناهنجاری‌های وضعیتی مانند کف پای صاف به علت برهم خوردن ساختار آناتومیکی، تعادل عضلانی و تغییر نسبت قدرت عضلانی، منجر به تغییر در ترتیب فعال شدن عضلات، کاهش کنترل عصبی-عضلانی، کاهش نیروی عکس‌العمل زمین و کنترل پاسچر ضعیف‌تری شوند.<sup>[۴،۳،۲]</sup> تحقیقات هم‌خوان با یافته‌های این پژوهش توسط محقق یافت نشد. از سوس دیگر، نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های تیودر و همکاران (۲۰۰۹) غیر هم‌سو بود.<sup>[۱۸]</sup> این محققان با استفاده از آزمون حرکات تکراری اندام تحتانی به ارزیابی استقامت افراد کف پای صاف نسبت به افراد کف پای طبیعی پرداخت و گزارش کردند که تغییر در ارتفاع قوس تأثیری بر کنترل عصبی-عضلانی افراد ندارد؛ در نتیجه تفاوتی بین گروه کف پای صاف نسبت به گروه کف پای طبیعی از لحاظ استقامت وجود ندارد.<sup>[۱۸]</sup> علل ناهم‌سو بودن این پژوهش با تحقیق حاضر می‌تواند در روش ارزیابی ارتفاع قوس کف پا و نوع آزمون عملکردی باشد.

کاهش ارتفاع قوس کف پا می‌تواند عملکرد اندام تحتانی را تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش عملکرد ورزشی و ضعف در انجام کارهای روزمره زندگی و به دنبال آن بروز آسیب‌دیدگی چه از لحاظ فیزیکی و چه از لحاظ کیفیت سلامت زندگی در پی داشته باشد. از این رو توجه به ناهنجاری کف پا صاف و استفاده از دوره‌های تمرینی اصلاحی مناسب به منظور ارتقای آمادگی جسمانی در افراد دارای کف پای صاف منطقی به منظور جلوگیری از آسیب‌دیدگی ورزشی از جمله التهاب نیام کف پای، استرس فراکچر درشت‌نی، پارگی رباط صلیبی قدامی، کمردرد و افت کیفیت سلامت زندگی توصیه می‌شود.

## نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که عملکرد اندام تحتانی در بین دو گروه کف پای صاف و طبیعی متفاوت است و افراد کف پای صاف نسبت به افراد کف پای طبیعی نمرات ضعیف‌تری کسب کردند؛ بنابراین افراد کف پای صاف می‌توانند مستعد آسیب‌دیدگی بیشتری در فعالیت‌های ورزشی باشند.

## تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد امدادگر ورزشی آقای ایمان خیراندیش به راهنمایی خانم دکتر ملیحه حدادنژاد و مشاوره آقای دکتر سید صدرالدین شجاع‌الدین انجام گردید. بدین‌وسیله از تمامی افرادی که در انجام تحقیق حاضر ما را یاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

## منابع

1. Twomey D, McIntosh AS, Simon J, Lowe K, Wolf SI SI. Kinematic differences between normal and low arched feet in children using the Heidelberg foot measurement method. *Gait & posture*. 2010; 32(1): 1-5.
2. Daneshmandi H, Alizade MH, GHarakhanlou R. Corrective Exercises. 2012 [In Persian]
3. Jankowicz SA, Mikolajczyk E, Wardzala R. Arch of the foot and postural balance in young judokas and peers. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2015; 24(5): 456-460.



4. Petrović M, Obradović B, Golik-Perić D, Bubanj S. Jumping abilities are not related to foot shape. *Facta universitatis-series: Physical Education and Sport*. 2013; 11(3): 299-305.
5. Powella DW, Longb B, Milnerc C E, Zhangc S. Frontal plane multi-segment foot kinematics in high-and low-arched females during dynamic loading tasks. *Human movement science*. 2011; 30(1): 105-114.
6. Magee DJ. *Orthopedic physical assessment*. Elsevier Health Sciences. 2014.
7. Alter MJ. *Science of flexibility*. Human Kinetics. 2004
8. Tryfonidis M, Jackson W, Mansour R, Cooke PH, Teh J, Ostlere S, Sharp RJ. Acquired adult flat foot due to isolated plantar calcaneonavicular (spring) ligament insufficiency with a normal tibialis posterior tendon. *Foot and ankle surgery*. 2008; 14(2): 89-95
9. Spahn G, Schiele R, Hell AK, Klinger HM. The prevalence of pain and deformities in the feet of adolescents. Results of a cross-sectional study. *Zeitschrift fur Orthopadie und ihre Grenzgebiete*. 2003; 142(4): 389-396.
10. Toolan BC. The treatment of failed reconstruction for adult acquired flat foot deformity. *Foot and ankle clinics*. 2003; 8(3): 647-654.
11. Forriol F, Pascual J. Footprint analysis between three and seventeen years of age. *Foot & Ankle International*. 1990; 11(2): 101-104.
12. Queen RM, Mall NA, Hardaker WM, Nunley JA. Describing the medial longitudinal arch using footprint indices and a clinical grading system. *Foot & ankle international*. 2007; 28(4): 456-462.
13. Silva BAR, Martinez FG, Pacheco AM. Effects of the exercise-induced muscular fatigue on the time of muscular reaction of the fibularis in healthy individuals. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2006; 12(2): 85-89.
14. Allison G, Henry S. The influence of fatigue on trunk muscle responses to sudden arm movements, a pilot study. *Clinical Biomechanics*. 2002; 17(5): 414-417.
15. Cubukcu S, Alimoglu MK, Balci N, Beyazova M. Plantar arch type and strength profile of the major ankle muscle groups: A morphometric-isokinetic study. *Isokinetics and exercise science*. 2005; 13(3): 217-222.
16. López López D, Ángeles B P, Requeijo C, Jesús L S C, Adolfo B C, Francisco A T. The impact of foot arch height on quality of life in 6-12 year olds. *Colombia Médica*. 2014; 45(4): 168-172.
17. Vařeka I, Vařeková R. The height of the longitudinal foot arch assessed by Chippaux-Šmirák index in the compensated and uncompensated foot types according to Root. *Acta Univ. Palacki. Olomuc*. 2008; 38(1): 35.
18. Tudor A, Ruzic L, Sestan B, Sirola L, Prpic T. Flat-footedness is not a disadvantage for athletic performance in children aged 11 to 15 years. *Pediatrics*. 2009; 123(3): 386-e392.
19. Neely FG. Biomechanical risk factors for exercise-related lower limb injuries. *Sports medicine*. 1998; 26(6): 395-413.
20. Nashner LM, Black FO, Wall C. Adaptation to altered support and visual conditions during stance: patients with vestibular deficits. *The Journal of Neuroscience*. 1982; 2(5): 536-544
21. Haitz K, Shultz R, Hodgins M, Matheson GO. Test-retest and interrater reliability of the functional lower extremity evaluation. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2014; 44(12): 947-954.
22. Brumitt J, Heiderscheid BC, Manske RC, Niemuth PE, Rauh MJ. Lower extremity functional tests and risk of injury in Division III collegiate athletes. *Int J Sports Phys Ther*. 2013; 8: 216-227
23. Caffrey E, Docherty CL, Schrader J, Klossner J. The ability of 4 single-limb hopping tests to detect functional performance deficits in individuals with functional ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2009; 39: 799-806.
24. Noyes FR, Barber SD, Mangine RE. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. *Am J Sports Med*. 1991; 19: 513-518
25. Post WR, Teitge R, Amis A. Patellofemoral malalignment: looking beyond the viewbox. *Clinics in sports medicine*. 2002; 21(3): 521-546.
26. Burns J, Crosbie J. Weight bearing ankle dorsiflexion range of motion in idiopathic pes cavus compared to normal and pes planus feet. *The Foot*. 2005; 15(2): 91-94.
27. Wang R, Gutierrez-Farewik EM. The effect of subtalar inversion/eversion on the dynamic function of the tibialis anterior, soleus, and gastrocnemius during the stance phase of gait. *Gait & posture*. 2011; 34(1): 29-35.
28. Beinabaji H, Anbarian M, Sokhangouei Y. The effect of flat foot on lower limb muscles activity pattern and plantar pressure characteristics during walking. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*. 2013; 1328-1341.
29. Levangie PK, Norkin CC. *Joint structure and function: a comprehensive analysis*. 2011.
30. Ali MMI, Mohamed MSE. Dynamic Postural Balance in Subjects with and without Flat Foot. *Bulletin of Faculty of Physical Therapy*. 2011; 16(1)

31. Harrison PL, Littlewood C. Relationship between pes planus foot type and postural stability. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy*. 2010; 4(3): 21-24.
32. Lin CH, Lee HY, Chen JJ, Lee HM, Kuo MD. Development of a quantitative assessment system for correlation analysis of footprint parameters to postural control in children. *Physiological measurement*. 2005; 27(2): 119.
33. Babak NR, Soheila H, Azar A. The effect of flexible flat-footedness on selected physical fitness factors in female students aged 14 to 17 years. 2013; 8(3)
34. Marchado M, Miragaya dSM, Pereira L, Pereira RI. Muscle activation sequence compromises vertical jump performance. *Serbian Journal of Sports Sciences*. 2008; 1(2): 85-89
35. McLean SG, Fellin RE, Suedekum N, Calabrese G, Passerallo A, Joy S. Impact of fatigue on gender-based high-risk landing strategies. *Medicine and science in sports and exercise*. 2007; 39(3): 502.