

Effect of foot orthoses with- and without medial wedge on energy consumption in runners with flat foot

Sadeghi M.¹ *PhD*, Farmani F.* *MSc*, Saeedi H.² *MSc*

*Department of Orthotics & Prosthetics, University of Welfare & Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran

¹Department of Physical Therapy, Faculty of Paramedicine, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

²Department of Orthopedics, Faculty of Rehabilitation, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Aims: In subjects with flatfoot (also called pes planus), the arch supports (or foot orthoses) are used as a protective treatment. Considering the importance of the compensation of flatfoot in athletes, this study was conducted aiming at investigating and comparing the effect of foot orthoses with and without medial wedge on the energy consumption in runners with flatfoot.

Methods: This quasi-experimental research of convenience non-probability sampling type was done on 20 athletic men suffering from flexible flatfoot on two sides in 2009. Subjects were selected from among the athletes referring to Enqelab sport complex using non-randomized method. Subjects' feet were examined to determine and diagnose the presence of any flatfoot based on their arcs. Following the preparation of the arch support fitting for each subjects with and without medial wedge, the amount of oxygen consumption, maximum amount of consuming oxygen and the maximum Heart Rate (HR) were measured. Data was analyzed using SPSS 11 software. Moreover, pair T-test was used to compare the results before and after the intervention.

Results: The amount of oxygen consumption using arch support with medial wedge (4488.30 ± 78.31) and without medial wedge (4604.60 ± 67.83) had a significant difference ($p=0.038$). The maximum amount of consuming oxygen of the subject using arch support with medial wedge (54.37 ± 6.62) and without medial wedge (63.60 ± 6.53) had also a significant difference ($p=0.024$). The difference of the maximum Heart Rate (HR) with medial wedge (153.24 ± 4.29) and without medial wedge (164.48 ± 6.15) was significant ($p=0.018$).

Conclusion: Adding medial wedge to foot orthoses can be helpful to decrease energy consumption during running in athletes.

Keywords: Energy, Foot Orthoses, Flatfoot, Athletes

تاثیر کفی طبی با- و بدون گوه داخلی بر مصرف انرژی دوندگان دارای صافی کف پا

محمد صادقی PhD

گروه فیزیوتراپی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران

فرزاد فرمانی* MSc

گروه ارتز و پروتز، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران

حسن سعیدی MSc

گروه ارتوپدی فنی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

چکیده

اهداف: در افراد دارای صافی کف پا از کفی طبی به‌عنوان درمان محافظتی استفاده می‌شود. با توجه به اهمیت جبران صافی کف پا در ورزشکاران این پژوهش با هدف بررسی و مقایسه تاثیر کفی طبی با- و بدون گوه داخلی بر میزان مصرف انرژی در ورزشکاران دونده با صافی کف پا انجام شد.

روش‌ها: این پژوهش شبه‌تجربی از نوع غیراحتمالی ساده روی ۲۰ مرد ورزشکار مبتلا به صافی انعطاف‌پذیر دوطرفه کف پا در سال ۱۳۸۸ انجام شد. افراد مورد مطالعه با نمونه‌گیری غیرتصادفی از میان ورزشکاران دونده مراجعه‌کننده به مجموعه ورزشی انقلاب انتخاب شدند. پای نمونه‌ها به‌منظور تعیین و تشخیص وجود صافی کف پا براساس نسبت قوس بررسی شد. پس از ساخت کفی مناسب هر فرد با- و بدون گوه داخلی، میزان اکسیژن مصرفی، میزان بیشینه اکسیژن مصرفی و حداکثر تعداد ضربان قلب سنجیده شد. تجزیه و تحلیل نتایج این پژوهش با استفاده از برنامه نرم‌افزاری SPSS 11 و آزمون T زوج برای مقایسه نتایج قبل و بعد از مداخله انجام شد.

یافته‌ها: میزان اکسیژن مصرفی با استفاده از کفی طبی با گوه داخلی (۴۴۸۸/۳۰±۷۸/۳۱) و بدون گوه داخلی (۴۶۰۴/۶۰±۶۷/۸۳) اختلاف معنی‌داری داشت (p=۰/۰۳۸). میزان بیشینه اکسیژن مصرفی فرد با استفاده از کفی طبی با گوه داخلی (۵۴/۳۷±۶/۶۲) و بدون گوه داخلی (۶۳/۶۰±۶/۵۳) نیز اختلاف معنی‌داری را نشان داد (p=۰/۰۲۴). اختلاف حداکثر تعداد ضربان قلب با گوه داخلی (۱۵۲/۲۴±۴/۲۹) و بدون گوه داخلی (۱۶۴/۴۸±۶/۱۵) معنی‌دار بود (p=۰/۰۱۸).

نتیجه‌گیری: اضافه کردن گوه داخلی به کفی طبی می‌تواند به کاهش مصرف انرژی در حین دویدن ورزشکار کمک کند.

کلیدواژه‌ها: کفی طبی، صافی کف پا، ورزشکاران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۵/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۷/۱۹

* نویسنده مسئول: farmani.farzad@yahoo.com

مقدمه

پا در مقایسه با سایر بخش‌های بدن انسان، متحمل تغییرات

ساختاری بیشتری می‌شود. یکی از مهم‌ترین و متغیرترین ویژگی‌های ساختاری پا، ارتفاع قوس طولی داخلی هنگام تحمل وزن است [۱]. صافی کف پا به عارضه‌ای گفته می‌شود که در آن ارتفاع قوس داخلی پا از بین رفته یا کاهش می‌یابد. صافی کف پا می‌تواند به‌صورت منعطف یا سخت باشد. افراد دارای صافی کف پا دچار بسیاری از ناکارآمدی‌های بیومکانیکی در پا و مچ و نیز دچار راه‌رفتن غیرطبیعی می‌شوند [۲]. صافی کف پا می‌تواند موجب بی‌نظمی‌های بیومکانیکی در دویدن فرد شود که این مساله نیز منجر به درد تاندون آشیل، درد ساق، درد پاشنه، کشیدگی همسترینگ، کشیدگی کوادرسپس، درد زانو، کمردرد و خستگی زودرس می‌شود [۳، ۴]. در افراد دچار صافی کف پا به دلیل تغییرات بیومکانیکی اندام تحتانی، فعالیت عضلانی نیز تغییر می‌کند؛ به‌طوری‌که عضلات ساق و پا به‌دلیل فعالیت بیش از حد دچار خستگی می‌شوند. در اغلب اوقات این افراد به دنبال راه‌رفتن، ابراز خستگی زودرس می‌کنند که این مساله به‌دلیل فعالیت زیاد عضلات آنهاست [۵].

در درمان صافی کف پا استفاده از کفش‌های معمولی دارای حمایت‌کننده قوس پا یا کفی‌های طبی رایج است [۶]. کفی‌های طبی می‌توانند با- یا بدون گوه داخلی استفاده شوند. گوه داخلی برای اصلاح پروناسیون مفاصل مچ و کف پا و برگرداندن آن به وضعیت صحیح اضافه می‌شود. دونده‌ها، ارتزهای پا را برای جلوگیری از آسیب‌ها، توانبخشی آسیب‌ها، افزایش راحتی و بهبود کارایی استفاده می‌کنند [۷]. بسیاری از این آسیب‌های استخوانی-عضلانی با تغییرات در سینماتیک و فعالیت عضلانی ناشی از راستای غیرطبیعی ساختاری پا همراه بوده‌اند. یکی از مزایای استفاده از ارتز می‌تواند مربوط به کاهش فعالیت عضلاتی که برای ثبات یا کنترل محوری چرخش‌های اندام تحتانی و هدایت راستای پا مورد نیاز است، باشد. مطالعات اولیه تغییرات چشمگیری را در فعالیت عضلات با استفاده از کفی‌های طبی نشان می‌دهند. برای توضیح این تغییرات، این‌گونه مطرح شده که ارتز، با کنترل حرکت غیرطبیعی مفصل، فعالیت عضلانی را کاهش می‌دهد [۵].

چنین فرض می‌شود که در افراد دونده دارای صافی کف پا، عدم تعادل بیومکانیکی به‌علت افزایش نیروهایی که به بدن وارد می‌شود، وضوح بیشتری پیدا می‌کند که خستگی عضلانی و افزایش مصرف انرژی را در افراد دونده در پی دارد [۵]. میزان مصرف انرژی در آنها به‌خاطر رقابت‌های فردی و جمعی و مسابقات سرعت و استقامتی دومی‌دانی بسیار مهم بوده و می‌تواند مورد توجه جامعه پزشکی باشد. بدین ترتیب جبران صافی کف پا که با استفاده از کفی‌های طبی انجام می‌شود، می‌تواند بسیار مهم و حایز اهمیت باشد. به همین دلیل، این پژوهش با هدف بررسی و مقایسه تاثیر کفی طبی با- و بدون گوه داخلی بر میزان مصرف انرژی در ورزشکاران دونده با صافی کف پا انجام شد.

به صورتی که در این آزمون کلیه اطلاعات مربوط به سیستم تنفسی- قلبی و عروقی فرد از جمله حداکثر ضربان قلب در دقیقه، میزان حجم کلی مصرف اکسیژن فرد بر حسب میلی‌لیتر در دقیقه و همچنین بیشینه مصرف اکسیژن آزمودنی که بر حسب میلی‌لیتر در دقیقه به ازای هر کیلوگرم وزن او محاسبه شد، توسط دستگاه به ما داده شد. آزمون‌ها براساس پروتکل شرکت سازنده دستگاه (COSMED؛ ایتالیا) انجام شد [۱۲]. شروع حرکت فرد ۶ کیلومتر در ساعت در نظر گرفته شد، به طوری که هر یک دقیقه، یک کیلومتر در ساعت سرعت دستگاه افزایش پیدا می‌کرد. بدین ترتیب سرعت دویدن فرد رفته‌رفته افزایش پیدا می‌کرد. صفحه نمایشگر دستگاه نموداری را نشان می‌داد که میزان اکسیژن مصرفی فرد را به نمایش می‌گذاشت. سرعت دستگاه افزایش می‌یافت تا زمانی که میزان مصرف اکسیژن به حداکثر خود رسیده و نمودار رو به افزایش مصرف اکسیژن به صورت خطی در می‌آمد در واقع بیشینه مصرف اکسیژن فرد مشخص می‌شد. پس از ۷۲ ساعت، فرد آزمودنی برای انجام مرحله دوم آزمون در محل حاضر شد. در مرحله دوم فرد کفی با گوه داخلی را درون کفش خود قرار داده و پوشید و مجدداً طبق شرایط مرحله اول آزموده شد. انتخاب اول یا دوم بودن مرحله استفاده از کفی‌ها در آزمون به صورت تصادفی صورت گرفت. همه داده‌های دستگاه، در پرسش‌نامه هر فرد ثبت شد.

تجزیه و تحلیل نتایج این پژوهش با استفاده از برنامه نرم‌افزاری SPSS 11 انجام گرفت. از آنجاکه آزمون کولموگروف- اسمیرنوف انطباق متغیرها را با توزیع نظری نرمال نشان داد، از آزمون T زوج برای مقایسه نتایج قبل و بعد از مداخله استفاده شد.

نتایج

میانگین سنی افراد مورد مطالعه $23/42 \pm 2/80$ سال و میانگین شاخص توده بدنی آنها $21/99 \pm 5/63$ کیلوگرم بر مترمربع بود. میزان اکسیژن مصرفی با استفاده از کفی طبی با گوه داخلی ($4488/30 \pm 78/31$) و بدون گوه داخلی ($4604/60 \pm 67/83$) اختلاف معنی‌داری داشت ($p=0/038$). میزان بیشینه اکسیژن مصرفی فرد با استفاده از کفی طبی با گوه داخلی ($54/37 \pm 6/62$) و بدون گوه داخلی ($63/60 \pm 6/53$) نیز اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($p=0/024$). اختلاف حداکثر تعداد ضربان قلب با گوه داخلی ($153/24 \pm 4/29$) و بدون گوه داخلی ($164/48 \pm 6/15$) معنی‌دار بود ($p=0/018$).

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از کفی طبی با گوه داخلی در افراد دونده دارای صافی کف پا می‌تواند میزان اکسیژن مصرفی، بیشینه اکسیژن مصرفی و بیشینه ضربان قلب را هنگام دویدن

این پژوهش شبه‌تجربی از نوع غیراحتمالی ساده روی ۲۰ مرد ورزشکار مبتلا به صافی انعطاف‌پذیر دوطرفه کف پا در سال ۱۳۸۸ انجام شد. افراد مورد مطالعه با نمونه‌گیری غیراحتمالی ساده انتخاب و حجم نمونه با انجام یک پیش‌آزمون و با توجه به میانگین و انحراف معیار حاصل از آن، با ضریب اطمینان ۹۵٪ و توان آزمون ۸۰٪ مشخص شد. محل انجام پژوهش مرکز سنجش آمادگی جسمانی واقع در آکادمی ملی المپیک بود. این افراد، از میان ورزشکاران دونده مراجعه‌کننده به مجموعه ورزشی انقلاب که فاقد سابقه بیماری قلبی- عروقی- ریوی و جراحی در اندام تحتانی، عدم وجود هرگونه دفورمیتی همراه در اندام تحتانی و عدم ابتلا به بیماری‌های روانی بودند، انتخاب شدند.

در ابتدا فرد آزمودنی پس از پُر کردن برگه رضایت‌نامه شرکت در پژوهش، برگه پرسش‌نامه شامل اطلاعات مورد نیاز را تکمیل نمود. سپس پای نمونه‌ها به منظور تعیین و تشخیص وجود صافی کف پا براساس نسبت قوس (تقسیم سطح پستی نقطه میانی پا تا سطح زمین بر طول ناحیه‌ای که از عقب پاشنه تا میانه نمای داخل اولین مفصل متاتارسوفالانژیال امتداد دارد) بررسی شد [۳]. بدین منظور از آزمودنی خواسته شد که به صورت پابرنه و با توزیع یکنواخت وزن روی هر دو پا بایستد. در این شرایط، ارتفاع سطح پستی پا تا سطح زمین به محاذات نقطه میانی پا اندازه‌گیری شد. همچنین، تصویر پا روی کاغذی که در زیر آن قرار داده شده بود، ترسیم شد. سپس از روی تصویر، طول ناحیه‌ای از پا که از عقب پاشنه تا میانه نمای داخلی اولین مفصل متاتارسوفالانژیال امتداد دارد، اندازه‌گیری شد، در نهایت ارتفاع پا بر طول مورد نظر تقسیم شد [۸].

با تشخیص صافی کف پا، بیمار در حالت عدم تحمل وزن قرار گرفت تا وجود صافی کف پای منعطف نیز قطعی می‌شد. در صورت وجود صافی کف پای منعطف، بیمار برای قالب‌گیری آماده شد. سپس در حالتی که بیمار به صورت رو به شکم خوابیده بود، از هر دو پای بیمار با گچ قالب‌گیری، قالب نگاتیو گرفته شد و سپس از قالب‌ها برای بیمار یک جفت کفی از جنس چرم و فوم حمایت‌کننده قوس طولی و عرضی ساخته شد. سپس به یک جفت از کفی‌ها به اندازه ۵ میلی‌متر گوه داخلی اضافه شد [۹]. فرد آزمودنی کفی بدون گوه داخلی را دریافت کرده و درون کفش خود قرار داد و پس از دو هفته استفاده از کفی (برای تطابق کفی با پا) در محل انجام آزمون حاضر شد. به هر فرد آزمودنی یک جفت کفش ورزشی داده شد، به طوری که کفش همه افراد یکسان بود. آزمون در دو مرحله صورت گرفت. ابتدا در حالتی که کفی طبی را بدون اضافه‌کردن گوه داخلی پوشیده بود، روی دستگاه ارگومتر رفته و ماسک دهانی دستگاه اندازه‌گیری مصرف اکسیژن ($Quark b^2$ ؛ ایتالیا) را به همراه جلیقه آن به صورت و تنه خود می‌بست، در واقع دستگاه $Quark b^2$ ، در کنار یک ارگومتر مورد استفاده قرار می‌گرفت [۱۰، ۱۱].

تیجسن و همکاران و دنیل‌سین و همکاران نشان می‌دهند که استفاده از ارتزهای مچ-پا می‌تواند میزان مصرف انرژی را هنگام راه رفتن روی تردمیل کاهش دهد [۱۴، ۱۷].

آتمن و همکاران تفاوت قابل توجهی در میزان مصرف اکسیژن و ضربان قلب بیماران دارای صافی کف پا در دو وضعیت با- و بدون استفاده از کفی طبی گزارش می‌کنند. کفی طبی مناسب می‌تواند میزان مصرف اکسیژن را هنگام راه رفتن کاهش دهد [۱۲]. به نظر می‌رسد استفاده از ارتزهای پا از جمله کفی طبی بتواند به کاهش مصرف انرژی در اختلالات اسکلتی-عضلانی-عصبی هنگام فعالیت‌های عملکردی کمک کند، ولی استفاده از کفی طبی به همراه گوه داخلی از طریق اصلاح بیشتر ناهنجاری‌های بیومکانیکی اندام تحتانی می‌تواند در این زمینه موثرتر باشد.

با توجه به وجود مسابقات ورزشی، وقت ورزشکاران برای شرکت در مطالعه کم بود. همچنین چون تنها یک دستگاه اندازه‌گیری مصرف اکسیژن در مرکز وجود داشت، گرفتن زمان برای استفاده از آن دشوار بود. پیشنهاد می‌شود در آینده مطالعاتی با تعداد آزمودنی بیشتر صورت گیرد. همچنین توصیه می‌شود تاثیر انواع دیگر کفی طبی بر میزان مصرف انرژی افراد دهنده و نیز تاثیر کفی طبی بر افراد غیروزشکار نیز بررسی شود.

نتیجه‌گیری

استفاده از کفی طبی با گوه داخلی می‌تواند موجب برگرداندن بیشتر حالات طبیعی راه رفتن و مصرف کمتر انرژی در افراد دارای صافی کف پا شده و در نتیجه مصرف انرژی فرد کاهش یابد.

تشکر و قدردانی: از همه اساتید دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران و همچنین مسئولان محترم مرکز آکادمی ملی المپیک به خاطر همکاری صمیمانه‌شان تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- 1- Cavangh PR, Rodgers MM. The arch index is useful measures from footprints. *J Biomech.* 1987;20(5):547-51.
- 2- Van Boerum DH, Sangeorzan BJ. Biomechanics and pathophysiology of flat foot. *Foot Ankle Clin.* 2003;8(3):419-30.
- 3- Michael SL. Diagnosis and treatment of adult flatfoot. *J Foot Ankle Surg.* 2005;44(2):78-113.
- 4- Sokhangoei Y, Asgari Ashtyani AR. Medical shoe. Tehran: Sarmadi Publication; 2005. [Persian]
- 5- Deborah A, Nawoczenski D, Ludwig PM. Electromyographic effects of foot orthotics on selected lower extremity muscles during running. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80(5):540-4.
- 6- Noll KH. The use of orthotic devices in adult acquired flatfoot deformity. *Foot Ankle Clin.* 2001;6(1):25-36.
- 7- Anne M, James MW. Foot orthoses affect frequency

کاهش دهد. در افراد دارای صافی کف پا، با توجه به عدم تعادل بیومکانیکی و تغییر ایجاد شده در ثبات مفصل مچ به دنبال پروناسیون بیش از حد، کفی طبی با گوه داخلی می‌تواند تغییر در فعالیت عضلات را باعث شود که در نهایت باعث خستگی عضله و آسیب‌های ناشی از فعالیت بیش از حد می‌شود [۵]. افزایش فعالیت عضلات الزاماً همراه با افزایش مصرف اکسیژن و کربوهیدرات به‌عنوان عوامل اصلی سوخت‌وساز عضلات است [۸، ۹].

یکی از عوارض ناشی از صافی کف پا، خستگی زودرس افراد دهنده است [۴] که می‌توان گفت این مساله با تغییر در فعالیت عضلات و در نتیجه افزایش مصرف اکسیژن آنها رابطه مستقیم دارد [۹]. یکی از مزایای قابل توجه کفی‌های طبی می‌تواند کاهش فعالیت عضلات مورد نیاز برای ایجاد ثبات در کف پا و کنترل چرخش محوری اندام تحتانی و هدایت راستای پا باشد. گوه داخلی در کفی طبی با چرخش بیشتر کف پا به خارج و اصلاح راستای پروناسیون آن، موجب قرارگیری کف پا در وضعیت صحیح شده و بدین ترتیب موجب کاهش در فعالیت عضلات ثبات دهنده کف پا و همچنین عضلات کنترل‌کننده پروناسیون مفصل مچ در نیمه ابتدایی فاز ایستایی می‌شود [۵]. از طرف دیگر، ارتزهای پا می‌توانند از طریق تغییرات کینتیک و کینماتیک اندام تحتانی هنگام فعالیت‌های عملکردی مثل راه رفتن و دویدن میزان انرژی مصرفی فرد را تحت تاثیر قرار دهند. هنگ‌هو و وای‌هسین گزارش می‌کنند که ارتز می‌تواند نیروهای تماسی و فشار به کف پا را کاهش داده و راحتی بیشتری را برای فرد هنگام راه رفتن تامین کند [۱۳]. تیجسن و همکاران نیز تغییر پارامترهای کینماتیک چون سرعت راه رفتن و طول گام را به دنبال استفاده از ارتز پا گزارش می‌کنند [۱۴].

اگر کفی طبی شامل سایپورت قوس طولی با گوه داخلی نسبت به کفی طبی بدون گوه داخلی در پروناسیون ایجاد شده در مفاصل کف پا و مچ، اصلاح بیشتری فراهم کند، ثبات بیشتری در این مفاصل ایجاد کرده و در نتیجه سطح فعالیت عضلانی را که در کنترل این راستای ناصحیح نقش دارند کاهش می‌دهد [۱۵]. یعنی با اضافه کردن گوه داخلی به کفی طبی با اصلاح بیشتر راستای پروناسیون مفاصل مچ و کف پا در افراد دارای صافی کف پا، سطح فعالیت عضلات ثبات‌دهنده مچ را به مقدار بیشتری کاهش داده و بدین ترتیب از میزان مصرف انرژی کلی فرد از جمله بیشینه مصرف اکسیژن به ازای هر کیلوگرم وزن فرد و نیز مصرف اکسیژن کلی بدن می‌کاهد. مطالعه حاضر با نتایج کوران و همکاران که استفاده از ارتزهای پا بر مصرف انرژی زنانی که از کفش پاشنه بلند استفاده می‌کنند را مثبت گزارش می‌کند و طبق آن میزان ضربان قلب، حجم اکسیژن مصرفی و نسبت تبادل تنفسی هنگام راه رفتن روی تردمیل کاهش می‌یابد همخوانی دارد [۱۶]. در مطالعات دیگری که روی بیماران فلج نیمه بدن انجام گرفته است نیز تاثیر مثبت ارتزهای پا بر میزان مصرف انرژی نشان داده شده است.

- 13- Yung-Hui L, Wei-Hsien H. Effects of shoe inserts and heel height on foot pressure, impact force and perceived comfort during walking. *Appl Ergonomics*. 2005;36:335-62.
- 14- Thijssen DH, Paulus R, Van Uden CJ, Kooloos JG, Hopman MT. Decreased energy cost and improved gait pattern using a new orthosis in persons with long-term stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(2):181-6.
- 15- Taylor JH, kastil DL. Sport injuries. Rahmaninia F, Moeeni Z, Salami F, translators. Tehran: Mobtakeran Publication; 2005. [Persian]
- 16- Curran SA, Holliday JL, Watkeys L. Influence of high-heeled footwear and pre-fabricated foot orthoses on energy efficiency in ambulation. *J Foot Ankle*. 2010;3(3):1.
- 17- Danielsson A, Sunnerhagen KS. Energy expenditure in stroke subjects walking with a carbon composite ankle foot orthosis. *J Rehabil Med*. 2004;36(4):165-8.
- components of muscle activity in the lower extremity. *Gait Posture*. 2006;23(3):295-302.
- 8- Williams DS, Mcclay IS. Measurement used to characterize the foot and medial longitudinal arch: Reliability and validity. *Phys Ther*. 2000;80(9):864-71.
- 9- Gottschall JS, Kram R. Energy cost and muscular activity required for propulsion during walking. *Appl Physiol*. 2003;94:1766-72.
- 10- Duffield R. Accuracy and reliability of a COSMED K4b2 portable gas analysis system. *J Sci Med Sport*. 2004;7(1):11-22.
- 11- McLaughlin JE. Validation of the COSMED K4b2 portable gas metabolic system. *Int J Sport Med*. 2001;22(4):280-4.
- 12- Otman S, Basgoze O, Gokee-kustal Y. Energy cost of walking with flat feet. *Prosthet Orthot Int*. 1988;12(2):73-6.

