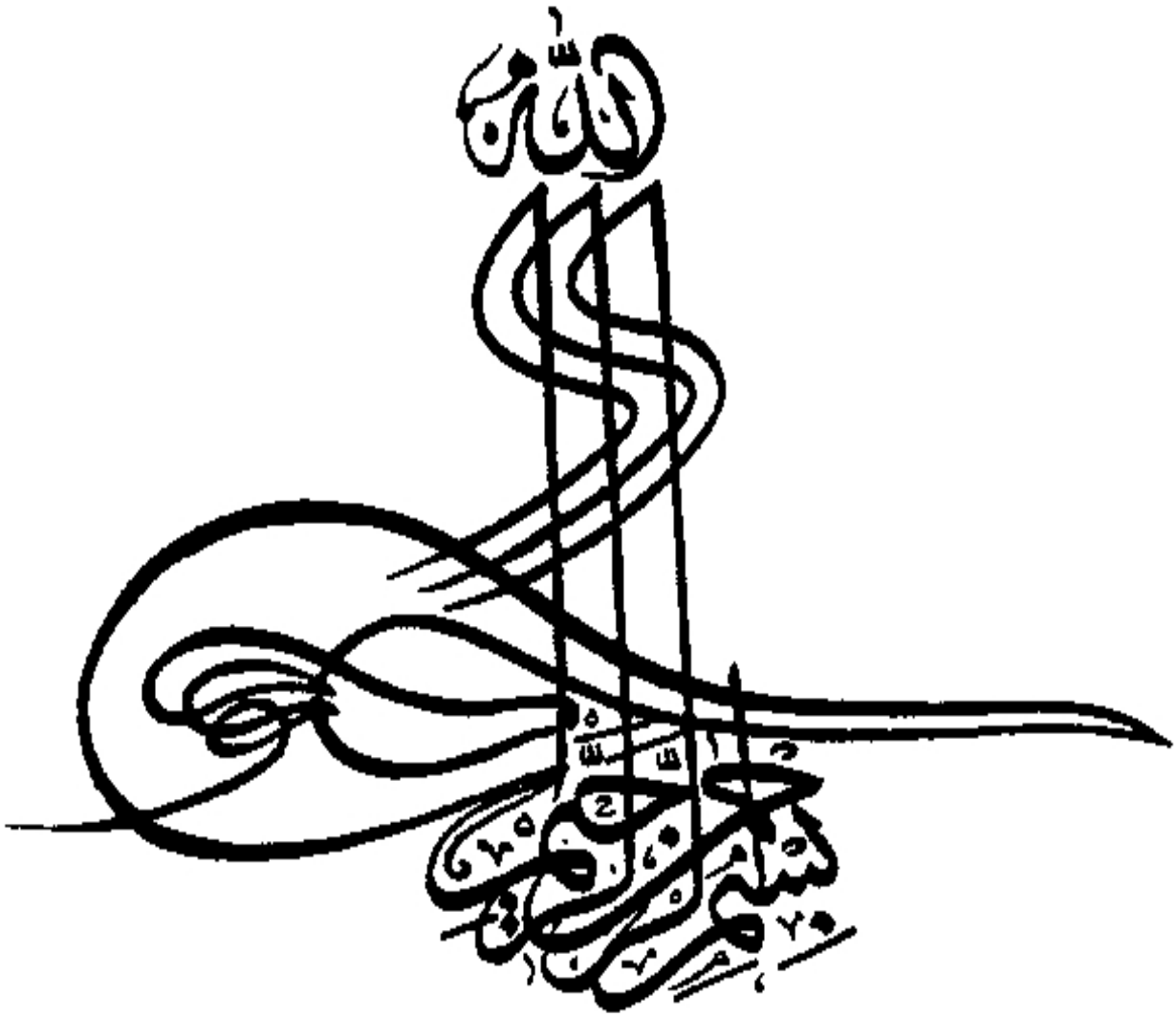
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده ادبیات و علوم انسانی
گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی

# برآورد هزینه انرژی مصرفی دانشجویان پسر فعال با روش‌های دستگاهی در تست‌های پیاده‌روی میدانی

**استاد راهنما:**
**دکتر عباس معمارباشی**

**استاد مشاور:**
**دکتر معرفت سیاه‌کوهیان**

**توسط:**
**رضا ابراهیم نژاد**

تابستان ۱۳۸۹

**تقدیم به:**

***کسانی که بدون هیچ چشم داشتی و بدون هیچ نام و نشانی پلی برای پیشرفت من در طول زندگی بوده و هیچ توقعی جزء موفقیت من در این راه ندارند...***
***... همواره قدردان محبت‌های پدر و مادرم هستم و بر دستان پر مهر و محبت آنها بوسه می‌زنم.***

**تقدیم به:**

***همسر مهربانم که با تمام مشکلات همواره پشتیبان من بودند و با کمال صبر و تحمل مشوق من در انجام تحقیق حاضر بودند.***

**تقدیم به:**

***برادرانم محسن، امیر و حبیب که با لطف برادرانه، دلگرم کننده و امید دهنده‌ی من در تمام مشکلات زندگی هستند***

## تشکر و قدردانی

وظیفه خود می‌دانم که از راهنمایی‌های دلسوزانه‌ی استاد راهنمای محترمم آقای دکتر عباس معمارباشی نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشم و افتخار می‌کنم که فرصت شاگردی ایشان را داشتم و از خداوند بزرگ آرزوی توفیق روزافزون برای ایشان و خانواده‌ی محترم‌شان دارم.

از استاد مشاور عزیزم آقای دکتر معرفت سیاه‌کوهیان که راهنمایی‌ها و مشاوره‌های ایشان چه در امر تحصیل و چه در انجام پایان‌نامه راهگشای مشکلاتم بودند، کمال تشکر و سپاس را دارم.

همچنین از آقای دکتر لطفعلی بلبلی که در طول تحصیل از هیچ کوششی برای پیشرفت دانشجویان دریغ نکردند و با تمام وجود در راه اعتلاء و پیشرفت دانشجویان خود تلاش می‌کنند، کمال تشکر وقدردانی را دارم.

از آقای دکتر بابک نخستین روحی که از اساتید بزرگوار گروه تربیت بدنی بودند و باعث تشویق و دلگرمی ما در راه تحصیل بودند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از هم‌کلاسی‌ها و هم‌اتاقی‌های عزیزم آقای فرهاد عابدینی، صمد صفرزاده، محسن یعقوبی، علیرضا توکلی، بهزاد مرتضی‌زاده، بهزاد شهبازی، کیوان شاه‌مرادی، سعید قوامی و سعید حمید ننه کران که در طی این دو سال مرا مورد لطف و عنایت خویش قرار دادند، و در اجرای کار پایان‌نامه همواره همراه من بودند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از دایی‌های خودم جواد و جمشید نوری و پسر دایی خودم مهدی نوری که همواره مشوق من در تمام مراحل زندگی بودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از تمام دوستان خودم مخصوصاً آقای محرم‌علی حیدری و مهدی حمدی که در انجام این پژوهش زحمات زیادی متحمل شدند و از هیچ کوششی در طول انجام تحقیق حاضر دریغ نکردند تشکر و قدردانی می‌کنم.

در این‌جا بر خود وظیفه می‌دانم از تمام کسانی که به هر نحوی و با هر عنوانی من را در انجام این پژوهش یاری دادند و در اینجا نامی از آنها برده نشده است تشکر و قدردانی بکنم.

نام خانوادگی دانشجو: ابراهیم نژاد نام: رضا

عنوان پایان نامه: برآورد هزینه انرژی مصرفی دانشجویان پسر فعال با روش‌های دستگاهی در تست‌های پیاده‌روی میدانی

استاد راهنما: دکتر عباس معمارباشی
استاد مشاور: دکتر معرفت سیاه‌کوهیان

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: تربیت بدنی و علوم ورزشی گرایش: فیزیولوژی ورزشی
دانشکده: ادبیات و علوم انسانی تاریخ فارغ التحصیلی: ۸۹/۵/۲۴ تعداد صفحه: ۱۳۹

کلید واژه‌ها: شتاب‌سنج، پولار، گام‌شمار، هزینه انرژی

**چکیده:**

**هدف:** هدف از این مطالعه برآورد هزینه انرژی مصرفی دانشجویان پسر فعال با روش‌های دستگاهی در تست-های پیاده‌روی میدانی با سرعت‌های مختلف بود. **روش:** بدین منظور ۱۰ دانشجوی تمرین کرده (سن: ۳/۴۷ ± ۲۳ سال؛ وزن: ۱۱/۷۹ ± ۶۹ کیلوگرم؛ قد: ۴/۲۴ ± ۱۷۸ سانتی‌متر) به صورت تصادفی انتخاب شدند. تست‌های میدانی در ۸ سرعت از ۲ کیلومتر تا ۹ کیلومتر اجرا گردید که هر تست به مدت ۲ دقیقه و با پنج دقیقه استراحت بین هر تست انجام شد. این در حالی بود که فعالیت آزمودنی‌ها توسط دستگاه شتاب‌سنج ، دستگاه پولار و گام‌شمار اندازه‌گیری شود. هر دستگاه قادر به برآورد یک شاخص و تخمین هزینه انرژی از طریق آن بود. دستگاه شتاب‌سنج از طریق شتاب بدن، پولار از طریق ضربان قلب و گام‌شمار از طریق تعداد گام‌های ثبت شده، این عمل را انجام می‌دهند. همچنین میزان هزینه انرژی از طریق یک مدل رگرسیونی نیز برآورد شد. اندازه‌گیری تغییرات هزینه انرژی به دست آمده از چهار روش به وسیله آزمون تحلیل واریانس چندگانه (MANOVA) و آزمون تعقیبی توکی در سطح معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همبستگی بین نتایج روش‌های ذکر شده با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون در سطح معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۱) نیز بررسی گردید. **نتایج:** تغییرات میانگین هزینه انرژی در بین چهار روش تخمین انرژی مصرفی، اختلاف معنی‌داری نشان داد. این تفاوت در بین دستگاه گام‌شمار واکینگ استایل با سه روش دیگر زیادتر بود. همبستگی بسیار بالایی بین هر چهار روش به دست آمد. **نتیجه‌گیری:** نتایج آزمون تعقیبی توکی، نشان داد که بین سه روش مدل رگرسیونی کاواهارا، دستگاه شتاب‌سنج پامز، دستگاه پولار سانتو - تی۶ به جز در سرعت ۷ کیلومتر اختلاف معنی‌داری در برآورد هزینه انرژی مشاهده نشد ولی این تفاوت در بین گام‌شمار واکینگ استایل X با سه روش دیگر مشهود بود.

## فهرست مطالب

**عنوان** ..... **صفحه**

## فصل اول: مقدمه و معرفی پژوهش


مقدمه ..... ۲

بیان مسئله ..... ۳

فرضیات تحقیق ..... ۶

ضرورت تحقیق ..... ۸

هدف کلی ..... ۹

اهداف جزئی ..... ۹

تعاریف نظری و عملیاتی واژگان ..... ۱۰

محدودیت‌های تحقیق ..... ۱۲

الف) محدودیت‌های قابل کنترل ..... ۱۲

ب) محدودیت‌های غیر قابل کنترل ..... ۱۲


## فصل دوم: مبانی نظری و پیشینه‌ی تحقیق


مقدمه ..... ۱۴

اصول کلی در مورد انرژی زیستی ..... ۱۷

هزینه انرژی استراحت ..... ۱۸

اندازه‌گیری هزینه انرژی استراحتی ..... ۱۹

عوامل تأثیرگذار بر روی هزینه انرژی استراحتی ..... ۲۰

هزینه انرژی روزانه‌ی ورزشکاران ..... ۲۲

روش‌های برآورد فعالیت جسمانی و هزینه انرژی ..... ۲۴

اندازه‌گیری هزینه انرژی ..... ۲۶

روش‌های سنجش میزان انرژی متابولیکی ..... ۲۶

کالری‌متری مستقیم ..... ۲۷

کالری‌متری غیر مستقیم ..... ۲۷

۱) اسپیرومتری مدار بسته ..... ۲۸
۲) اسپیرومتری مدار باز .. ..... ۳۰
روش آب‌سنجی مضاعف ..... ۳۳
روش بی‌کربنات نشاندار ..... ۳۶
روش اکسیژن مصرفی . ..... ۳۶
استفاده از ضربان قلب ..... ۳۷
استفاده از دمای بدن و تهویه ..... ۳۹
اندازه‌گیری انرژی در طول ورزش و فعالیت جسمانی ..... ۳۹
الف) استفاده از تکنولوژی مدار باز ..... ۳۹
ب) استفاده از ضربان قلب برای تخمین هزینه انرژی ..... ۴۰
اندازه‌گیری مستقیم فعالیت جسمانی ..... ۴۱
الف) ثبت فعالیت جسمانی ..... ۴۱
ب) ثبت حرکت ..... ۴۲
۱) پدومترها ..... ۴۲
۲) شتاب‌سنج‌ها ..... ۴۴
اندازه‌گیری غیرمستقیم فعالیت جسمانی ..... ۴۷
الف) یادآوری فعالیت جسمانی ..... ۴۷
ب) ثبت فعالیت بدنی ..... ۴۷
ج) پرسش‌نامه‌های فعالیت بدنی ..... ۴۸
۱) پرسش‌نامه‌های کلی ..... ۴۸
۲) پرسش‌نامه‌های یادآوری ..... ۴۸
خلاصه ..... ۵۱
مروری بر پیشینه‌ی تحقیق ..... ۵۳
نتیجه‌گیری ..... ۷۰

## فصل سوم: روش تحقیق


مقدمه ..... ۷۲

روش تحقیق ..... ۷۲

جامعه آماری ..... ۷۲

نمونه و روش نمونه‌گیری ..... ۷۲

متغیرهای پژوهش ..... ۷۲

متغیر مستقل ..... ۷۲

متغیر وابسته ..... ۷۲

وسایل و ابزار مورد نیاز برای جمع‌آوری اطلاعات ..... ۷۳

شیوه‌ی اجرای تحقیق ..... ۷۳

روش جمع‌آوری اطلاعات ..... ۷۵

نحوه‌ی اندازه‌گیری درصد چربی زیر پوستی ..... ۷۵

نحوه‌ی اندازه‌گیری قد و وزن ..... ۷۶

جمع‌آوری اطلاعات فعالیت جسمانی از دستگاه‌ها ..... ۷۶

دستگاه واکینگ استایل ..... ۷۷

دستگاه سانتو- تی۶ ..... ۷۸

دستگاه شتاب‌سنج سه محوره پامز ..... ۷۹

معادله رگرسیونی کاواهارا ..... ۸۰

ابزارهای آماری برای تجزیه و تحلیل داده‌ها ..... ۸۱


## فصل چهارم: نتایج و یافته‌های تحقیق


مقدمه ..... ۸۳

تجزیه و تحلیل توصیفی داده‌ها ..... ۸۳

تحلیل توصیفی مقادیر هزینه انرژی و مقدار (کانت) فعالیت ثبت شده توسط چهار روش مختلف در ۸ سرعت متفاوت

در آزمودنی‌ها ..... ۸۴

آزمون فرضیه اول ..... ۸۸

آزمون فرضیه دوم ..... ۱۰۴
آزمون فرضیه سوم ..... ۱۰۵
آزمون فرضیه چهارم ..... ۱۰۶
آزمون فرضیه پنجم ..... ۱۰۷
آزمون فرضیه ششم ..... ۱۰۸
آزمون فرضیه هفتم ..... ۱۰۹

## فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری

مقدمه ..... ۱۱۱
بحث ..... ۱۱۲
نتیجه گیری ..... ۱۱۹
پیشنهادات ..... ۱۲۱
الف) پیشنهادات برخاسته از تحقیق ..... ۱۲۱
ب) پیشنهاداتی برای تحقیقات آینده ..... ۱۲۱
پیوست‌ها ..... ۱۲۲
فهرست منابع ..... ۱۲۶

# فهرست شکل‌ها

**عنوان** ..... **صفحه**

شکل ۲- ۱ شمایی از یک سیستم مدار بسته برای محاسبه هزینه انرژی ..... ۲۹

شکل ۲- ۲ شمایی از یک سیستم مدار باز برای برآورد هزینه انرژی ..... ۳۱

شکل ۲- ۳ گازآنالایزر پرتابل متامکس (MetaMax) ..... ۳۷

شکل ۲- ۴ یک نمونه پولار برای ثبت ضربان قلب (Polar S1) ..... ۳۸

شکل ۲- ۵ دو نمونه گام‌شمار (پدومتر) ..... ۴۴

شکل ۲- ۶ سه نمونه شتاب‌سنج ..... ۴۶

شکل ۳- ۱ نحوه اجرای تست پیاده‌روی و دویدن ..... ۷۵

شکل ۳- ۲ نحوه محاسبه طول گام برای کالیبره کردن دستگاه گام‌شمار واکینگ استایل ایکس ..... ۷۷

شکل ۳- ۳ دستگاه گام‌شمار واکینگ استایل ایکس (Walking Style X) ..... ۷۷

شکل ۳- ۴ نحوه کالیبره کردن دستگاه سانتو - تی۶ (Suunto T6) ..... ۷۸

شکل ۳- ۵ دستگاه سانتو - تی۶ (Suunto T6) ..... ۷۸

شکل ۳- ۶ دستگاه شتاب‌سنج پامز ..... ۷۹

شکل ۳- ۷ اطلاعات سیگنال‌های سه محور X، Y، Z و محور برآیند سه محور به صورت XYZ ..... ۸۰

شکل ۴- ۱ نمودار ستونی میانگین انرژی‌های به دست آمده از چهار روش مختلف ..... ۸۹

شکل ۴- ۲ مقایسه میانگین‌های انرژی برآورد شده بین چهار روش در سرعت ۲ کیلومتر ..... ۹۱

شکل ۴- ۳ مقایسه میانگین‌های انرژی برآورد شده بین چهار روش در سرعت ۳ کیلومتر ..... ۹۲

شکل ۴- ۴ مقایسه میانگین‌های انرژی برآورد شده بین چهار روش در سرعت ۴ کیلومتر ..... ۹۴

شکل ۴- ۵ مقایسه میانگین‌های انرژی برآورد شده بین چهار روش در سرعت ۵ کیلومتر ..... ۹۵

شکل ۴- ۶ مقایسه میانگین‌های انرژی برآورد شده بین چهار روش در سرعت ۶ کیلومتر ..... ۹۷

شکل ۴- ۷ مقایسه میانگین‌های انرژی برآورد شده بین چهار روش در سرعت ۷ کیلومتر ..... ۹۹

شکل ۴- ۸ مقایسه میانگین‌های انرژی برآورد شده بین چهار روش در سرعت ۸ کیلومتر ..... ۱۰۱

شکل ۴- ۹ مقایسه میانگین‌های انرژی برآورد شده بین چهار روش در سرعت ۹ کیلومتر ..... ۱۰۳

شکل ۴- ۱۰ همبستگی بین انرژی به دست آمده از طریق مدل رگرسیونی کاواهارا و دستگاه شتاب‌سنج پامز ..... ۱۰۴

شکل ۴- ۱۱ همبستگی بین انرژی به دست آمده از طریق مدل رگرسیونی کاواهارا و دستگاه سانتو - تی۶..... ۱۰۵
شکل ۴- ۱۲ همبستگی بین انرژی به دست آمده از طریق مدل رگرسیونی کاواهارا و دستگاه گام‌شمار واکینگ استایل ایکس ..... ۱۰۶
شکل ۴- ۱۳ همبستگی بین انرژی به دست آمده از دستگاه شتاب‌سنج پامز و دستگاه سانتو - تی ۶..... ۱۰۷
شکل ۴- ۱۴ همبستگی بین انرژی به دست آمده از دستگاه شتاب‌سنج پامز و گام‌شمار واکینگ استایل ایکس..... ۱۰۸
شکل ۴- ۱۵ همبستگی بین انرژی به دست آمده از دستگاه سانتو - تی۶ و گام‌شمار واکینگ استایل ایکس..... ۱۰۹

# فهرست جداول

**عنوان ..... صفحه**

جدول ۱- ۲ انرژی مورد نیاز در ورزش‌های مختلف که از ۱۰۰ منبع مختلف به دست آمده است ..... ۲۴

جدول ۲- ۲ تکنیک‌های رایج در اندازه‌گیری هزینه انرژی و مقدار فعالیت ..... ۲۵

جدول ۲- ۳ پرسش‌نامه‌های خود اظهاری ..... ۵۰

جدول ۲- ۳ ادامه پرسش‌نامه‌های خود اظهاری ..... ۵۱

جدول ۴- ۱ میانگین و انحراف استاندارد مشخصات فردی ..... ۸۳

جدول ۴- ۲ میانگین و انحراف استاندارد نتایج محاسبه شده از طریق مدل رگرسیونی کاواهارا ..... ۸۴

جدول ۴- ۳ میانگین و انحراف استاندارد نتایج به دست آمده از دستگاه شتاب‌سنج پامز ..... ۸۵

جدول ۴- ۴ میانگین و انحراف استاندارد نتایج به دست آمده از دستگاه سانتو - تی۶ ..... ۸۶

جدول ۴- ۵ میانگین و انحراف استاندارد نتایج به دست آمده از دستگاه گام‌شمار واکینگ استایل ایکس ..... ۸۷

جدول ۴- ۶ نتایج تجزیه و تحلیل واریانس چندگانه (MANOVA) ..... ۸۸

جدول ۴- ۷ نتایج تجزیه و تحلیل هزینه انرژی برآورد شده توسط چهار روش در سرعت‌های مختلف ..... ۹۰

جدول ۴- ۸ مقایسه میانگین‌های انرژی برآورد شده بین چهار روش در سرعت ۲ کیلومتر از طریق آزمون توکی ..... ۹۰

جدول ۴- ۹ مقایسه میانگین‌های انرژی برآورد شده بین چهار روش در سرعت ۳ کیلومتر از طریق آزمون توکی ..... ۹۲

جدول ۴- ۱۰ مقایسه میانگین‌های انرژی برآورد شده بین چهار روش در سرعت ۴ کیلومتر از طریق آزمون توکی ..... ۹۳

جدول ۴- ۱۱ مقایسه میانگین‌های انرژی برآورد شده بین چهار روش در سرعت ۵ کیلومتر از طریق آزمون توکی ..... ۹۵

جدول ۴- ۱۲ مقایسه میانگین‌های انرژی برآورد شده بین چهار روش در سرعت ۶ کیلومتر از طریق آزمون توکی ..... ۹۶

جدول ۴- ۱۳ مقایسه میانگین‌های انرژی برآورد شده بین چهار روش در سرعت ۷ کیلومتر از طریق آزمون توکی ..... ۹۸

جدول ۴- ۱۴ مقایسه میانگین‌های انرژی برآورد شده بین چهار روش در سرعت ۸ کیلومتر از طریق آزمون توکی .... ۱۰۰

جدول ۴- ۱۵ مقایسه میانگین‌های انرژی برآورد شده بین چهار روش در سرعت ۹ کیلومتر از طریق آزمون توکی .... ۱۰۲

جدول ۴- ۱۶ نتایج ضریب همبستگی پیرسون بین هزینه انرژی به دست آمده از مدل رگرسیونی کاواهارا و دستگاه شتاب-سنج پامز ..... ۱۰۴

جدول ۴- ۱۷ نتایج ضریب همبستگی پیرسون بین هزینه انرژی به دست آمده از مدل رگرسیونی کاواهارا و دستگاه سانتو - تی۶ ..... ۱۰۵

جدول ۴- ۱۸ نتایج ضریب همبستگی پیرسون بین هزینه انرژی به دست آمده از مدل رگرسیونی کاواهارا و دستگاه گام-شمار واکینگ استایل ایکس ..... ۱۰۶
جدول ۴- ۱۹ نتایج ضریب همبستگی پیرسون بین هزینه انرژی به دست آمده از دستگاه شتاب‌سنج پامز و دستگاه سانتو - تی۶ ..... ۱۰۷
جدول ۴- ۲۰ نتایج ضریب همبستگی پیرسون بین هزینه انرژی به دست آمده از دستگاه شتاب‌سنج پامز و دستگاه گام-شمار واکینگ استایل ایکس ..... ۱۰۸
جدول ۴- ۲۱ نتایج ضریب همبستگی پیرسون بین هزینه انرژی به دست آمده از دستگاه سانتو - تی۶ و دستگاه گام‌شمار واکینگ استایل ایکس ..... ۱۰۹

# فصل اول

# مقدمه وکلیات

# تحقیق

## مقدمه

بدون تردید آرزوی هر فردی بهبود کیفیت و طول عمر زندگی‌اش می‌باشد. زندگی مدرن باعث به وجود آمدن مشکلاتی شده است که عامل اصلی آن زندگی ماشینی می‌باشد. مشکلاتی که بر اثر کاهش فعالیت ایجاد می‌شود، زندگی یک شخص را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مشکلاتی همانند چاقی، بیماری‌های قلبی- عروقی، دیابت و بی‌نظمی‌های متابولیکی از معضلات اکثر جوامع می‌باشند (گروندی[1]، ۲۰۰۴) که کم‌تحرکی سهم به سزایی در ایجاد و تشدید این مسائل دارد. نقش و اهمیت فعالیت‌های بدنی دیر زمانی است که در میان افراد کم تحرک شناخته شده است. این مسئله باعث شده تا افراد جامعه تمایل پیدا کنند که نسبت به تأثیرات مختلف فعالیت‌های بدنی کنجکاو شوند و تلاش نمایند تا دانش و اطلاعات خود را در این مورد توسعه بخشند.

طبق گزارش مرکز کنترل و جلوگیری از بیماری‌ها و کالج پزشکی ورزشی آمریکا[2](A.C.S.M) تخمین زده می‌شود که در حدود ۵۰ میلیون نفر در آمریکا دچار سندرم متابولیکی[3] باشند. اولین تهدید این عارضه، تغییر شیوه سالم زیستی می‌باشد. برای غلبه بر این مشکل مهمترین عمل، حفظ تناسب بین فعالیت‌بدنی و میزان انرژی دریافتی می‌باشد (کاواهارا[4]، ۲۰۰۹). علاوه براین، چاقی کودکان، یکی از مسائل مهم اجتماعی و سلامتی در بسیاری از کشورهای صنعتی محسوب می‌شود (گروندی، ۲۰۰۴). چاقی در دوران نوجوانی منجر به چاقی و بی‌نظمی‌های متابولیکی در بزرگسالی می‌شود (براگاوا[5]، ۲۰۰۴). بنابراین ارزیابی میزان فعالیت به طور گسترده در بین نوجوانان دارای اهمیت بالایی است.

ارتباط بین فعالیت‌های جسمانی و سلامتی یک موضوع ثابت شده است (لی[6]، ۲۰۰۰؛ بلایر[7]، ۱۹۹۵)، این امر منجر به این شد که مرکز کنترل و جلوگیری از بیماری‌ها و کالج پزشکی ورزشی آمریکا توصیه کنند که هر فرد بزرگسال آمریکایی باید حداقل در روز، به مدت ۳۰ دقیقه فعالیت جسمانی با شدت متوسط داشته باشد (پاتِ[8]، ۱۹۹۵).

اگر چه فواید فعالیت‌های جسمانی با شدت متوسط و انجام منظم آن بخوبی مشخص شده است، امّا حصول کیفیت مطلوب در فعالیت‌های بدنی کار دشواری است (کروتر[9]، ۲۰۰۶).

فعالیت بدنی، به عنوان حرکت بدن تعریف شده است که به وسیله ماهیچه‌های اسکلتی انجام می‌گیرد که منجر به صرف هزینه انرژی می‌شود (کاسپرسِن[10]، ۱۹۸۵). در علوم ورزشی، سنجش انرژی مصرفی در حین فعالیت‌های جسمانی روزمره یا در حین اعمال ورزشی اهمیت زیادی دارد. اندازه‌گیری دقیق کل هزینه انرژی امری بسیار دشوار است و تقریباً همه تکنیک‌ها از روش تقریبی در برآورد هزینه انرژی استفاده می‌کنند (لوین[11]، ۲۰۰۱). تکنیک‌های فراوانی برای ارزیابی فعالیت‌های جسمانی وجود دارد (وسترترپ[12]، ۲۰۰۹) که می‌توان آنها را به پنج دسته تقسیم کرد:

1. Grundy 2. American College of Sport Medicine 3. Metabolic Syndrome 4. Kawahara 5. Bhargava 6. Lee 7. Blair 8. Pate 9. Crouter 10. Caspersen 11. Levine 12. Westerterp

۱- مشاهده‌ی فعالیت‌های ۲۴ ساعته

۲- پرسش‌نامه (شامل دفتر ثبت وقایع روزانه، روش پرسش و پاسخ و روش مصاحبه)

۳- ثبت ضربان قلب

۴- روش کالری‌متری

۵- استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری حرکت و نیرو مانند سنسورهای شتاب‌سنج، گام‌شمارها، کلیدهای الکتریکی زیر کفشی[۱]، کف‌پوش‌های الکتریکی برای آزمون گام برداری[۲]، صفحه نیرو[۳] و ویدئوگرافی و تکنیک‌های نوری آنالیز حرکت[۴].

هرچند دستگاه‌های آنالیز گازهای تنفسی قابل حمل، موجب شده تا محققان بتوانند در خارج از محیط آزمایشگاه نیز به برآورد هزینه انرژی بپردازند، لیکن این دستگاه‌ها بسیار گرانقیمت بوده و همچنین مانع انجام فعالیت‌های ورزشی به صورت عادی می‌گردد. لذا در این تحقیق تلاش شده تا در سرعت‌های مختلف در خارج از محیط آزمایشگاه برای برآورد هزینه انرژی از دستگاه‌های ارزان قیمت که مانعی برای انجام فعالیت‌های ورزشی آزمودنی ایجاد نمی‌کنند، استفاده شود.

بنابراین در تحقیق حاضر سعی شده است تا از روش مقایسه‌ای برآورد هزینه انرژی از طریق دستگاه شتاب‌سنج پامز[۵] در مقایسه با مدل رگرسیونی، دستگاه ثبت ضربان قلب سانتو - تی۶[۶] و دستگاه گام‌شمار واکینگ استایل‌ایکس[۷] استفاده شود.

**بیان مسئله**

در علوم ورزشی، آگاهی از میزان انرژی مصرف شده و شدت فعالیت بدنی اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد. آگاهی از مصرف انرژی، محاسبه‌ی آن و چگونگی رابطه‌ی آن با کار و نیرو، محققان و مربیان را نسبت به شناخت بیشتر افراد شرکت‌کننده در برنامه‌های ورزشی و فعالیت‌های جسمانی و تأثیرگذاری این برنامه‌ها، یاری می‌رساند. هنگام فعالیت‌های ورزشی، یا اعمال روزانه‌ی زندگی، انرژی مصرفی اکثراً بصورت حرارت اتلاف شده و قسمت کمی صرف انجام فعالیت‌های مکانیکی بدن می‌شود. لذا سوخت و ساز مواد غذایی، برابر با مقدار حرارت (فاکس و ماتیوس[۸] به نقل از خالدان، ۱۳۸۱) و انرژی صرف شده برای حرکت و اعمال فیزیولوژیک بدن می‌باشد. استفاده از بمب کالری‌سنجی[۹] به عنوان روش مستقیم، در اندازه‌گیری انرژی، روش شناخته شده‌ای است، زیرا حرارت تولید شده می‌تواند به طور مستقیم تعیین شود. این روش اولین بار توسط دانشمندی بنام ماکس رابنر[۱۰] در اواخر قرن ۱۸ به وسیله‌ی اتاقک کالری‌سنجی انجام گرفت، در حالی که وقتی اکسیژن مصرفی مورد نیاز برای متابولیسم بدن اندازه‌گیری می‌شود، در واقع مقدار انرژی به صورت غیرمستقیم برآورد می‌شود.

1. Foot Switch 2. Gate Mate 3. Force Plate 4. Optical Motion Analysis 5. Personal Activity Monitor Accelerometer 6. Suunto T6
7. Walking Style X 8. Fax & Mattews 9. Bomb Calorimeter 10. Max Rubner

اکسیژن مصرفی می‌تواند در برآورد هزینه انرژی از طریق نسبت تبادل تنفسی[1](RER) غذای مصرفی و کالری کل غذا مورد استفاده قرار گیرد. این عمل توسط محاسبه غیرمستقیم انرژی انجام می‌گیرد. نسبت تبادل تنفسی عبارت است از مقدار دی‌اکسیدکربن تولیدی ($VCO_2$) به اکسیژن مصرفی در دقیقه ($VO_2$) و نشان دهنده این است که کدام یک از انواع مواد غذایی مورد استفاده، نقش عمده‌ای در تولید انرژی دارد. (فاکس و ماتیوس به نقل از خالدان، ۱۳۸۱).

برآورد هزینه انرژی از طریق اندازه‌گیری نسبت تبادل تنفسی ناشی از فعالیت‌های متابولیکی (به وسیله‌ی کیسه های دوگلاس[2] و روش آب نشاندار مضاعف[3] DLW) به عنوان یک روش استاندارد معتبر در تحقیقات پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (لِوین، ۲۰۰۲).

زمانی که فعالیت جسمانی انجام می‌دهیم، بدن انرژی شیمیایی غذا را برای انقباض عضلانی مورد استفاده قرار می‌دهد. در جریان این فرایند، ما انرژی مصرف می‌کنیم، بنابراین کالری هزینه می‌شود تا کار مکانیکی تولید شود. برای درک بهتر فرایندهای توان، کار و هزینه انرژی هنگام فعالیت ورزشی، دانشمندان روش‌هایی را ابداع کردندکه به وسیله آنها می‌توانند مقدار این ظرفیت‌ها را تعیین کنند، برای مثال، با پیدایش دوچرخه‌های کارسنج، سنجش کار و بازده توان هنگام فعالیت ورزشی دوچرخه‌سواری میّسر شده است. همچنین گسترش تجهیزات و تکنیک‌های مختلف، سنجش اکسیژن مصرفی را ممکن کرده است و بدین ترتیب نوعی روش غیرمستقیم برای تعیین میزان شدت متابولیکی فعالیت ورزشی و نیز محاسبه میزان تغییرات هزینه انرژی با توجه به تغییر در شدت فعالیت ورزشی امکان‌پذیر شده است. زمانی که شدت فعالیت ورزشی را کنترل می‌کنیم، پاسخ‌های متابولیکی را می‌توان بین افراد مختلف (مردان در برابر زنان، جوانان در برابر افراد مسن وغیره)، یا برای فردی که در موقعیت‌های زمانی مختلف (برای مثال، پیش از تمرین تا پس از تمرین، و غیره) و یا برای فردی که در وضعیت‌های مختلف (ارتفاع کم در برابر ارتفاع زیاد و غیره) قرار می‌گیرد، مقایسه کرد (رابرگز و رابرتس[4] به نقل از گائینی ، ۱۳۸۴).

روش آب نشاندار مضاعف معروفترین روش استاندارد برای ارزیابی هزینه انرژی در شرایط عادی زندگی است، ولی این روش به دلیل پرهزینه بودن و دشواری اجرا و همچنین نیاز به جمع‌آوری ادرار، نمی‌تواند در فعالیت‌های جسمانی، روش مناسبی باشد (آندرِ[5]و همکاران، ۲۰۰۶؛ تاناکا[6]، ۲۰۰۷). اعتباریابی روش‌های غیرمستقیم کالری‌سنجی ( استفاده از اکسیژن مصرفی و دی‌اکسید کربن تولیدی ) باعث شده تا استفاده از کالری‌سنجی غیرمستقیم و تحلیل گازها، برای وضعیت‌های متابولیکی گوناگون میّسر شود. تاریخچه‌ی کالری‌سنجی، حاکی از گسترش تجهیزات پیشرفته‌تر و روش‌های جایگزین کالری‌سنجی مستقیم[7] و غیرمستقیم[8] یا هر دو در طول تاریخ دارد. در مورد کالری‌سنجی غیرمستقیم، کیسه‌های جمع-

1. the Repritory Excheng Ratio 2. Douglas Bag 3. Doubly Labeled Water 4. Robergs & Roberts 5. Andre 6. Tanaka 7. Direct Calorimetry 8. Indirect Calorimetry

آوری و تجهیزات پیشرفته الکترونیکی تجزیه و تحلیل گازها و جمع‌آوری اطلاعات توسط رایانه، استفاده بیشتر از این تکنیک را در وضعیت‌های مختلف میّسر ساخته است. کالری‌سنج‌های مستقیم در حال حاضر در بسیاری از بخش‌های متابولیک و تغذیه‌ای بیمارستان‌ها برای مطالعه‌ی ناهنجاری‌های متابولیکی بیماران استفاده می‌شوند، و اعتباریابی روش‌های جایگزین غیرمستقیم مثل آب نشاندار مضاعف (دوگانه)، استفاده از کارسنج‌ها، استفاده از شتاب‌سنج‌ها و تجهیزات الکترونیکی دیگر مثل گام شمارها و ثبت ضربان قلب به روش بی‌سیم، بدون صرف هزینه زیاد و مشکلات رایج کالری‌سنج-های مستقیم و غیرمستقیم بزرگ، این امکان را برای ثبت میزان هزینه انرژی چه در حین ورزش و چه در طول انجام امور عادی روزانه به وجود آورده است. با وجود این، علم کالری‌سنجی مستقیم و غیرمستقیم هنوز هم به شیوهای سنّتی متکی است که پژوهشگرانی مثل رابنر، فویت[1] و آتواتر[2] ارائه کرده‌اند.

از طرفی استفاده از پرسش‌نامه، روشی ساده و در عین حال غیر دقیق در برآورد هزینه انرژی می‌باشد و همچنین ثبت روزانه فعالیت‌های جسمانی برای افرادی چون کودکان و نوجوانان امری دشوار می‌باشد (وسترترپ، ۲۰۰۹).

روش‌های تعدیل یافته‌ی مؤثر در اندازه‌گیری هزینه انرژی، شامل اندازه‌گیری وام اکسیژن و تخمین اکسیژن مصرفی توسط ضربان قلب، یکی دیگر از روش‌های ثبت میزان فعالیت بدنی می‌باشد. با این روش، مصرف اکسیژن را می‌توان طی اجرای واقعی فعالیت‌ها تخمین زد، در حالی که ضربان قلب را می‌تواند از طریق ثبت امواج رادیوئی (تلمتری) اندازه‌گیری نمود. استفاده از ضربان قلب برای برآورد هزینه انرژی نیز دارای معایبی است، از جمله این‌که ثبت ضربان قلب نمی‌تواند شاخص معتبری از شدت فعالیت بدنی باشد و ممکن است تحت تأثیر عوامل استرس‌زا، مصرف داروها، بیماری‌ها و غیره قرار بگیرد و همچنین، استفاده از دستگاه‌های ثبت ضربان قلب احتیاج به کالیبراسیون[3] برای هر فرد دارد و لذا استفاده از ضربان قلب نیز روش معتبری در تخمین هزینه انرژی مصرفی در طول فعالیت نیست (وسترترپ، ۲۰۰۹).

لیکن در طی دو دهه‌ی اخیر دستگاه‌های ثبت فعالیت‌های فیزیکی به دلیل دقت زیاد آنها و امکان ذخیره‌ی اطلاعات در طول ۲۴ ساعت، رواج زیادی پیدا کرده‌اند. این دستگاه‌ها فعالیت‌های فیزیکی را براساس شتاب بدن به کمک سنسورهای شتاب‌سنج اندازه‌گیری می‌نمایند که امروزه به طور گسترده این دستگاه‌های قابل حمل برای ثبت فعالیت‌های جسمانی در دسترس عموم قرار دارند (معمارباشی و برهان‌الدین[4]، ۲۰۰۶؛ وِلک[5]، ۲۰۰۷؛ فوجیکی[6]، ۲۰۰۹). تخمین هزینه انرژی فعالیت جسمانی می‌تواند براساس ارزیابی حرکت مرکز ثقل بدن انجام گیرد (تیریانو[7]، ۲۰۰۶) و شواهدی مبنی بر این که بین شتاب بدن و اکسیژن مصرفی ارتباط خطی وجود دارد، از شتاب‌سنج‌ها ابزاری قابل توجیه برای برآورد فعالیت جسمانی و یا انرژی مصرفی ساخته است (کرشِل[8]، ۲۰۰۲). بنابراین شتاب‌سنج‌ها تبدیل به ابزاری مناسب و ارزانقیمت برای کارهای

1. Voit 2. Atwater 3. Calibration 4. Meamarbashi & Burhanuddin 5. Welk 6. Fujiki 7. Triyano 8. Kershel

تحقیقاتی در تعیین حرکات انسان در شدت‌های پایین تا متوسط و حتی بالا شده‌اند. (گودفری[1]، ۲۰۰۸؛ معمارباشی، ۲۰۰۹).

در هر حال امروزه برای پیشرفت در تمرینات و جلوگیری از بیش تمرینی و همچنین طی برنامه‌های کاهش وزن و برنامه‌های بازتوانی استفاده از روش‌های ثبت فعالیت بدنی که بتواند مورد استفاده قرار بگیرد و مانع فعالیت عادی نشود و همچنین دارای هزینه زیادی هم نباشد، احساس می‌شود. دستگاه شتاب‌سنج پامز یک شتاب‌سنج سه محوره است که در دانشگاه محقق اردبیلی طراحی و تولید شده است (معمارباشی، ۲۰۰۹) و با دقت بالایی قادر است تا میزان شتاب بدن را ثبت نماید. در مقایسه اطلاعات این دستگاه سعی شد تا از روش اجرای همزمان فعالیت با دستگاه ثبت ضربان قلب به نام سانتو - تی۶ و دستگاه جدید گام‌شمار سه محوره شرکت اُمرون[2] به‌نام دستگاه واکینگ استایل ایکس[3] برای ثبت تعداد و سرعت گام‌ها و یک مدل رگرسیونی (کاواهارا، ۲۰۰۹) برای برآورد هزینه انرژی استفاده شود. بنابراین با انجام این پژوهش ما تلاش نموده‌ایم به سوالات زیر پاسخ دهیم که آیا بین نتایج به دست آمده از فرمول رگرسیونی کاواهارا، دستگاه شتاب-سنج سه محوره‌ی پامز، دستگاه گام‌شمار واکینگ استایل ایکس و دستگاه ثبت ضربان قلب سانتو - تی۶ در ۸ سرعت مختلف اختلاف معنی‌داری وجود دارد؟ و یا همبستگی بین این چهار مدل برآورد هزینه انرژی با هم تا چه حدی است؟ و نهایتاً روش یا روش‌های دستگاهی قابل اطمینان را برای برآورد انرژی مصرفی حین راه رفتن و دویدن با سرعت‌های مختلف را بیابیم.

**فرضیات تحقیق**

۱- بین هزینه انرژی به دست آمده از طریق فرمول رگرسیونی کاواهارا، دستگاه شتاب‌سنج سه محوره‌ی پامز، دستگاه گام-شمار واکینگ استایل ایکس و دستگاه ثبت ضربان قلب سانتو - تی۶ در ۸ سرعت مختلف اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

۱-۱- بین هزینه انرژی به دست آمده از طریق فرمول رگرسیونی کاواهارا، دستگاه شتاب‌سنج سه محوره‌ی پامز، دستگاه گام‌شمار واکینگ استایل ایکس و دستگاه ثبت ضربان قلب سانتو - تی۶ در سرعت ۲ کیلومتر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

۱-۲- بین هزینه انرژی به دست آمده از طریق فرمول رگرسیونی کاواهارا، دستگاه شتاب‌سنج سه محوره‌ی پامز، دستگاه گام‌شمار واکینگ استایل ایکس و دستگاه ثبت ضربان قلب سانتو - تی۶ در سرعت ۳ کیلومتر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

1. Godfrey 2. Omron 3. Walking Style X

۱-۳- بین هزینه انرژی به دست آمده از طریق فرمول رگرسیونی کاواهارا، دستگاه شتاب‌سنج سه محوره‌ی پامز، دستگاه گام‌شمار واکینگ استایل ایکس و دستگاه ثبت ضربان قلب سانتو - تی۶ در سرعت ۴ کیلومتر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

۱-۴- بین هزینه انرژی به دست آمده از طریق فرمول رگرسیونی کاواهارا، دستگاه شتاب‌سنج سه محوره‌ی پامز، دستگاه گام‌شمار واکینگ استایل ایکس و دستگاه ثبت ضربان قلب سانتو - تی۶ در سرعت ۵ کیلومتر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

۱-۵- بین هزینه انرژی به دست آمده از طریق فرمول رگرسیونی کاواهارا، دستگاه شتاب‌سنج سه محوره‌ی پامز، دستگاه گام‌شمار واکینگ استایل ایکس و دستگاه ثبت ضربان قلب سانتو - تی۶ در سرعت ۶ کیلومتر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

۱-۶- بین هزینه انرژی به دست آمده از طریق فرمول رگرسیونی کاواهارا، دستگاه شتاب‌سنج سه محوره‌ی پامز، دستگاه گام‌شمار واکینگ استایل ایکس و دستگاه ثبت ضربان قلب سانتو - تی۶ در سرعت ۷ کیلومتر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

۱-۷- بین هزینه انرژی به دست آمده از طریق فرمول رگرسیونی کاواهارا، دستگاه شتاب‌سنج سه محوره‌ی پامز، دستگاه گام‌شمار واکینگ استایل ایکس و دستگاه ثبت ضربان قلب سانتو - تی۶ در سرعت ۸ کیلومتر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

۱-۸- بین هزینه انرژی به دست آمده از طریق فرمول رگرسیونی کاواهارا، دستگاه شتاب‌سنج سه محوره‌ی پامز، دستگاه گام‌شمار واکینگ استایل ایکس و دستگاه ثبت ضربان قلب سانتو - تی۶ در سرعت ۹ کیلومتر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

۲- بین نتایج انرژی به دست آمده از طریق مدل رگرسیونی کاواهارا و دستگاه شتاب‌سنج پامز همبستگی معنی‌داری وجود دارد.

۳- بین نتایج انرژی به دست آمده از طریق مدل رگرسیونی کاواهارا و دستگاه سانتو - تی۶ همبستگی معنی‌داری وجود دارد.

۴- بین نتایج انرژی به دست آمده از طریق مدل رگرسیونی کاواهارا و دستگاه گام‌شمار واکینگ استایل همبستگی معنی-داری وجود دارد.

۵- بین نتایج انرژی به دست آمده از طریق دستگاه شتاب‌سنج پامز و دستگاه سانتو - تی۶ همبستگی معنی‌داری وجود دارد.