

## مقایسه پارامترهای منتخب فضایی - زمانی راه رفتن کودکان ۱۰ تا ۱۲ سال دارای اضافه وزن و طبیعی

حیدر صادقی<sup>۱\*</sup>، رضا عظیمی\*\*، حسین نبوی نیک\*\*، محسن علی دارچینی\*\*

\*استاد تمام، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی

\*\*کارشناس ارشد بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۶/۲۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۹/۱۸

### چکیده

اضافه وزن و چاقی در دوران کودکی با سرعت بسیار زیادی در حال همه گیر شدن است. به نظر می رسد وارد آمدن طولانی مدت بار مکانیکی، فعالیت های حرکتی و از جمله راه رفتن را تحت تأثیر قرار می دهد. این مطالعه با هدف مقایسه پارامترهای منتخب فضایی - زمانی راه رفتن کودکان ۱۰ تا ۱۲ سال دارای اضافه وزن و نرمال انجام شد. در این تحقیق نیمه تجربی، ۳۰ آزمودنی (۱۵ پسر نرمال و ۱۵ پسر مبتلا به اضافه وزن) به شکل تصادفی انتخاب شدند و نقش پای کودکان به کمک جوهر و کاغذ به هنگام راه رفتن ثبت شد. برای مقایسه ویژگی های فضایی - زمانی راه رفتن آزمودنی ها از آزمون تی مستقل استفاده شد. نتایج نشان داد صرفاً بین سه پارامتر زمان طی شده، سرعت و آهنگ حرکت دو گروه و نیز بین زاویه پیش روی پای برتر و غیر برتر آزمودنی های گروه نرمال تفاوت معناداری مشاهده شد. نتایج این تحقیق مانند اکثر مطالعات در گذشته تأکید دارند که بار وارد آمده بر سیستم حرکتی تغییراتی در الگوی راه رفتن به منظور بهینه سازی الگوی گام برداری ایجاد می کند تا شاید فرد از این طریق به کنترل حرکتی بهتری به هنگام راه رفتن دست پیدا کند. **کلیدواژه ها:** اضافه وزن، راه رفتن، فضایی - زمانی، کودک.

# The Comparison of Selected Spatiotemporal Parameters of Gait in Overweight and Normal Childrens 10-12 years.

Sadeghi, H. \*, Azimi, R \*\*, Nabavi Nik, H\*\*, Ali Darchini, M\*\*

\* Full Professor, Faculty of Physical Education and Sport Science, Kharazmi University

\*\* Master in Biomechanics of Sport, Faculty of Physical Education and Sport Science, Kharazmi University

## Abstract

**Introduction and Purpose:** The rate of overweight and obesity of childhood is dramatically increasing. It seems that mechanical load would affects motor activities for instance walking pattern. This study undertaken to compare spatio-temporal parameters of walking among overweight and normal childrens 10 to 12 years.

**Methodology:** In this semi-experimental study, 30 subjects (15 overweight boys and 15 normal boys) are randomly selected participated. Footprints recorded during walking with ink and paper system. In order to make comparison of spatio-temporal parameters of walking of subjects Independent Samples t-Test is used. **Results:** Significant difference was seen in three parameters spending time, speed and cadence between the two groups; in addition, there is significant difference in foot progressive angle between dominant and non dominant limbs.

**Discussion and conclusion:** According to the findings of this study, which confirms findings of previous studies, in order to optimize walking pattern perhaps overweight changes the pattern of gait through improvement of motor control.

**Keywords.** Overweight, Gait, Spatio-Temporal, Child

## مقدمه

چاقی کودکان، به مثابه مشکلی جهانی، در قرن بیست و یکم در حال ظهور است. اخیراً تخمین زده شده است که حدود ۱۵۵ میلیون نفر از کودکان جهان، یا یک نفر از هر ۱۰ نفر، مبتلا به اضافه وزن یا چاقی است (۱). در بیست سال گذشته، چاقی کودکان در آمریکا سه برابر شده است به طوری که در حال حاضر یک کودک از هر پنج کودک به اضافه وزن مبتلا است (۲-۴). علاوه بر این، کودکان مبتلا به اضافه وزن در معرض خطر ابتلا به اضافه وزن در بزرگسالی قرار دارند (۵ و ۶).

در ایران نیز که کشوری در حال توسعه است، با پدیده شهرنشینی و صنعتی شدن روبه رواییم میزان شیوع اضافه وزن در کودکان در سال‌های اخیر در ایران بیش از حد انتظار بوده که با افزایش سن این مقدار نیز رو به افزایش می‌گذارد (۷)، به طوری که شیوع ۱۷ درصد اضافه وزن و چاقی در بدو ورود به دبستان، ایران را در ردیف شهرهای بزرگ کشورهای غربی قرار داده است (۸). طی مطالعه‌ای که حاجیان تیلکی و همکاران (۲۰۱۱) در مناطق شمالی کشور انجام دادند، میزان شیوع اضافه وزن و چاقی در کودکان ۷ تا ۱۲ سال به ترتیب ۱۲/۳ و ۱۳/۲ درصد بوده است (۹). در مطالعه دیگری که در دبستان‌های شهر تهران (دختران) انجام شد این مقادیر به ترتیب ۱۳/۲ و ۷/۷ درصد گزارش شده است (۱۰). به نظر می‌رسد از جمله دلایل افزایش سریع اضافه وزن، گذار تغذیه‌ای است که از سال ۱۹۹۰ به بعد در ایران شایع شده و به دنبال آن انرژی دریافتی افزایش و فعالیت بدنی کاهش یافته است که منجر به بروز اضافه وزن در این سال‌ها شده است (۷).

درباره سلامتی افراد چاق نگرانی‌های زیادی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به دیابت نوع دو، بیماری‌های قلبی-عروقی و مشکلات تنفسی اشاره کرد (۱۱)؛ اما باید توجه داشت که چاقی اولیه در دوران کودکی مربوط به عوامل ثانویه (ژنتیکی یا غدد) نیست، بلکه مربوط به شتاب خطی رشد در این دوران است که خطر بروز شکستگی، لغزش اپی‌فیز سر استخوان ران، درد کمر، صافی کف پا و واریس و والگوس غیرطبیعی راستای زانو را افزایش می‌دهد (۱۲-۱۴). علاوه بر این، اضافه وزن و چاقی هندسه و شکل بدنی را تغییر می‌دهد و جرم بخش‌های مختلف بدن را افزایش می‌دهد و باعث محدودیت‌های عملکردی می‌شود که در درجه اول اندام تحتانی (۱۵) و در نتیجه بیومکانیک فعالیت‌های روزانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و طبیعتاً افراد را مستعد آسیب‌دیدگی می‌کند (۱۶).

راه رفتن یکی از فعالیت‌هایی است که می‌تواند تحت تأثیر قرار بگیرد. به طور کلی، راه رفتن فرآیند بیومکانیکی پیچیده‌ای که ناشی از فعل و انفعالات نیروهای عضلانی و اینرسی است تعریف می‌شود که در نهایت منجر به پیش‌روی آرام بدن در محیط می‌گردد (۱۷). از طرفی اعمال بارهای طولانی مدت بر اندام تحتانی ضعیف کودکان ممکن است منجر به تغییرات عمده و دائمی بر سیستم اسکلتی عضلانی آنها شود و دردهای مزمن و اختلالات اسکلتی عضلانی از قبیل آرتروز را به همراه آورد. مسلماً تغییر در راستای اندام تحتانی منجر به تغییراتی در اندام تحتانی طی راه رفتن خواهد شد و انتظار می‌رود تفاوت‌هایی در کینتیک و کینماتیک اندام تحتانی مشاهده شود (۱۸).

مطالعات زیادی بر سازگاری‌های ایجادشده در طی راهرفتن تمرکز کرده‌اند که ناشی از واردآمدن بار خارجی (حمل بار اضافی) است (۲۲-۱۹). این مطالعات نشان داده‌اند که در اثر واردآمدن بار اضافی بر سیستم حرکتی، تغییراتی در اندازه‌های فضایی-زمانی راهرفتن ایجاد می‌شود. برای مثال لافلاندرا و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند کوله‌پشتی با محتوای ۴۰ درصد از وزن بدن، حرکت آزمودنی‌های سالم جوان را روی تردمیل به طور معناداری تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ به طوری که در اثر این امر طول گام‌ها کاهش و تعداد گام‌ها افزایش پیدا کرد (۱۹). اما نتایج این مطالعه را نمی‌توان برای افراد مبتلا به اضافه‌وزن یا چاق به کار برد؛ چراکه اعمال بار موقتی بوده است و استراتژی‌های جبرانی متفاوتی نسبت به افراد مبتلا به اضافه‌وزن یا چاق به کار گرفته می‌شود (۱۶). اضافه‌وزن اثربخشی مکانیکی راهرفتن را کاهش می‌دهد، چراکه دامنه حرکتی و توانایی جذب ضربه را کم می‌کنند و در نهایت منجر به دژنریشن مفصلی می‌شود.

با وجود سادگی نسبی اندازه‌های فضایی-زمانی راهرفتن، هنوز اطلاعات کمی درباره مشخصات اساسی راهرفتن افراد چاق خصوصاً کودکان وجود دارد (۲۴ و ۲۳). تنها چندین مطالعه با هدف تأثیر افزایش وزن بدنی بر مصرف انرژی طی راهرفتن افراد چاق انجام شده است (۲۷-۲۵ و ۲۰). از این رو فرض می‌شود که اضافه‌وزن/چاقی کودکان، الگوی طبیعی راهرفتن را تغییر دهد، که با طولانی‌تر شدن چرخه راهرفتن، کمتر شدن آهنگ حرکت، کاهش سرعت راهرفتن و افزایش پهناي گام همراه خواهد بود. بنابراین با توجه به محدودبودن اطلاعات در زمینه اثرات افزایش وزن بدنی بر پارامترهای فضایی-زمانی راهرفتن کودکان به نظر می‌رسد پرداختن به این موضوع بتواند تا حدودی محدودیت‌های این حوزه را برطرف کند. از این رو در پژوهش حاضر سعی خواهد شد پارامترهای منتخب فضایی-زمانی راهرفتن کودکان ۱۰ تا ۱۲ سال مبتلا به اضافه‌وزن و طبیعی با هم مقایسه شود.

## روش‌شناسی

۳۰ آزمودنی به شکل تصادفی انتخاب شدند و طبق جدول BMI کول و همکاران (۲۰۰۰) (براساس سن و جنس) (۲۸) در دو گروه ۱۵ نفره طبیعی و مبتلا به اضافه‌وزن شرکت کردند (جدول ۱).

جدول ۱. مشخصات فیزیکی آزمودنی‌های گروه طبیعی و مبتلا به اضافه‌وزن

آزمودنی	تعداد	سن (سال)	قد (cm)	وزن (kg)	شاخص توده بدنی (BMI)
طبیعی	۱۵	۱۱,۶۰ (۰,۵۲)	۱۳۸,۹۰ (۳,۴۴)	۳۲,۶۳ (۴,۱۰)	۱۶,۹۰ (۲,۰۳)
اضافه‌وزن	۱۵	۱۱,۸۲ (۰,۴۰)	۱۴۸,۲۷ (۳,۴۳)	۵۳,۹۰ (۳,۳۰)	۲۴,۵۶ (۱,۹۸)

پرسش‌نامه رضایت فردی را خانواده‌های آزمودنی‌ها تکمیل کردند. کودکانی که هیچ‌گونه سابقه اختلالات عصبی-عضلانی، متابولیکی یا هر عامل اثرگذار بر تعادل و راه‌رفتن را در پرسش‌نامه خوداظهاری که توسط اولیای آنها تکمیل می‌شد گزارش نمی‌کردند، در لیست آزمودنی‌ها برای مرحله غربالگری قرار می‌گرفتند. آزمودنی‌ها براساس طول اندام تحتانی که از خار خاصره فوقانی قدامی تا قوزک داخلی پا اندازه‌گیری شد غربال شدند. چراکه بلاسیک و همکاران (۲۰۱۱) همبستگی معنادار مثبتی را بین طول پا و سرعت راه‌رفتن گزارش کردند ( $R=0.21$ ,  $P<0.014$ ) (۳۰) و درنهایت پای برتر آزمودنی‌ها از طریق ضربه‌زدن به توپ تعیین شد (۳۰).

از تکنیک‌های مختلفی برای ارزیابی پارامترهای راه‌رفتن استفاده می‌شود که از آن جمله می‌توان به پودر تالک، گچ پاریس (گچ مخصوص قالب‌گیری)، بالشتک‌های مخصوص، صفحات نیرو، کاغذ جاذب رطوبت، صفحات شیشه‌ای، دوربین و سیستم‌های تجزیه و تحلیل حرکت اشاره کرد (۳۶-۳۱). در مطالعه حاضر به منظور مقایسه پارامترهای منتخب فضایی-زمانی راه‌رفتن (زمان طی شده،<sup>۳</sup> مسافت طی شده، سرعت، طول قدم، طول گام،<sup>۴</sup> آهنگ حرکت،<sup>۵</sup> زاویه راه‌رفتن<sup>۶</sup> و پهنای گام) کودکان مبتلا به اضافه‌وزن با همسالان عادی از روش ثبت نقش پا<sup>۷</sup> به کمک جوهر، که روشی آسان، پایا، معتبر، ارزان و از نظر کلینیکی عملی است، استفاده شد (۳۷-۳۱، ۳۱). مطالعات بسیاری پایایی این روش را بررسی کرده‌اند به طوری که تارانتو و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای که با هدف مقایسه پایایی زاویه پا به کمک سیستم EMED-SF و ثبت نقش پا انجام دادند، تفاوت معناداری گزارش نکردند ( $t=0.09$ ,  $P=0.93$ ) (۴۱). از سوی دیگر، مطالعات بسیاری نشان داده‌اند که طول گام و قدم ثبت شده با استفاده از نقش پا از عینیت بالایی برخوردار است (۴۷-۱۲). در مطالعه‌ای دیگر آدلف و همکاران (۲۰۰۳) با مطالعه نقش پای جوهری ۲۳۸ آزمودنی نشان دادند که طول قدم و گام در سراسر مسیر راه‌رفتن از ضریب همبستگی بالایی برخوردار است ( $R=0.97$ ) (۴۲).

در نتیجه، به منظور ثبت نقش پای آزمودنی‌ها از آن‌ها خواسته شد به طور کاملاً راحت و درحالی که سر خود را در سطح فرانکفورت نگه داشته‌اند، با سرعت انتخابی در مسیر تعیین شده و با فرمان آزمون‌کننده (رو) شروع به راه‌رفتن کنند.

برای ثبت نقش پا از کاغذ رولی با ابعاد  $۲۰۰ \times ۷۰$  سانتی‌متر و استامپ آغشته به گواش که برای سلامت آزمودنی‌ها مضر نبود استفاده شد. قبل از قرارداد استامپ در مسیر تعیین شده به آزمودنی‌ها اجازه داده شد چندبار در مسیر راه بروند تا با محیط آزمون آشنا شوند (۴۷). سپس استامپ در منطقه‌ای مشخص قرار گرفت. هریک از آزمودنی‌ها سه بار مسیر تعیین شده را طی کردند و میانگین سه تکرار محاسبه شد. به منظور از بین بردن اثرات افزایش و کاهش شتاب، آزمون‌کننده ۲ مارکر در فاصله ۲٫۵ متری قبل از خط شروع و بعد از خط پایان قرار داد. این امر به کودک امکان می‌داد تا قبل از آنکه به خط شروع برسد به سرعت یک‌نواختی

1. Time Spend
2. Stride Length
3. Cadence
4. Angle of Gait or Foot Progression Angle
5. Footprint

دست یابد و اثر کاهش شتاب را قبل از عبور از خط پایان به حداقل برساند (۴۹، ۴۸، ۴۵)؛ سپس پارامترهای موردنظر اندازه‌گیری شدند. این پارامترها عبارت بودند از:

۱- زمان سپری شده (ثانیه): کرونومتر با تماس اولین پاشنه پا با کاغذ شروع به کار می‌کرد و با جداشدن آخرین پنجه پا از کاغذ متوقف می‌شد.

۲- مسافت طی شده (سانتی‌متر): فاصله بین اولین نقطه تماس پاشنه پا تا دورترین نقطه تماس آخرین پنجه پا به کمک خط‌کش اندازه‌گیری شد که در تصویر ۱ الف با علامت D نشان داده شده است.

۳- سرعت حرکت (سانتی‌متر/ثانیه): از طریق تقسیم کل مسافت طی شده بر زمان ثبت شده توسط کرونومتر محاسبه شد.

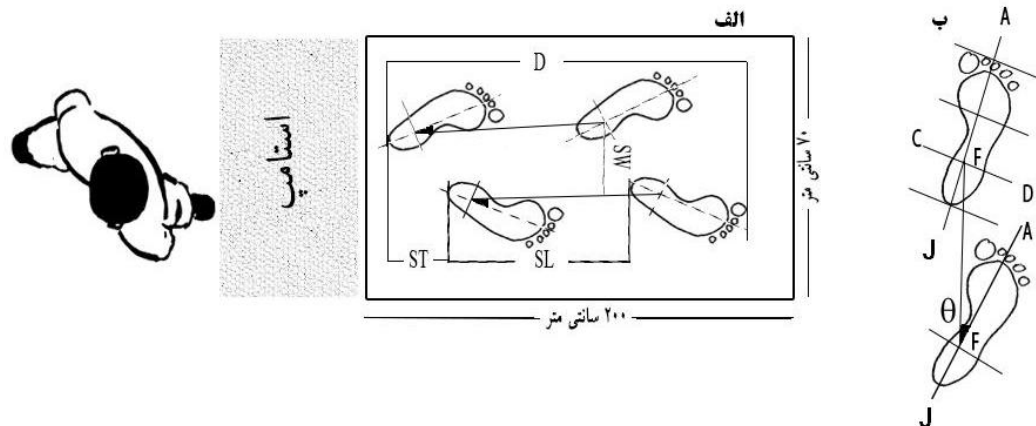
۴- طول قدم (سانتی‌متر): فاصله بین مرکز پاشنه‌های دو نقش پای مخالف که به کمک خط‌کش اندازه‌گیری شد و در تصویر ۱ الف با علامت ST نشان داده شده است.

۵- طول گام (سانتی‌متر): فاصله بین مرکز پاشنه‌های دو نقش پای یک طرف بود که به کمک خط‌کش اندازه‌گیری شد و در تصویر ۱ الف با علامت SL نشان داده شده است.

۶- آهنگ حرکت (قدم/دقیقه): به تعداد قدم در دقیقه گفته می‌شود و از تقسیم تعداد قدم‌ها بر یک دقیقه به دست می‌آید.

۷- زاویه پا (درجه): برای محاسبه زاویه پا خط طولی AJ را از بین انگشت دوم و سوم به مرکز پاشنه متصل و آن را به ۳ قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم؛ سپس خط افقی CD را از ۱/۳ خلفی بر خط AJ عمود می‌کنیم و از فاصله بین مرکز پاشنه تا خط CD، برای ترسیم خط CD سایر نقش‌های پا استفاده می‌کنیم. محل تقاطع خط AJ و CD را از دو نقش پای یک طرف به هم متصل می‌کنیم تا خط FF که خط پیش‌روی است به دست آید. زاویه‌ای که بین خط FF و AJ تشکیل می‌شود زاویه راه‌رفتن ( $\theta$ ) نام دارد (۵۰) که به کمک نقاله پلاستیکی شفاف اندازه‌گیری شد. زاویه  $\theta$  نشان‌دهنده میزان چرخش پا به داخل یا خارج است (تصویر ۱ ب).

۸- پهنای گام (سانتی‌متر): به فاصله بین دو پا در یک دوره کامل راه‌رفتن اطلاق می‌شود. خط SW را از محل تلاقی دو خط CD و AJ بر خط FF پای مقابل عمود می‌کنیم. طول این خط نشان‌دهنده پهنای گام فرد است (تصویر ۱ الف).



تصویر ۱. نمای شماتیک از محیط اجرای آزمون و محاسبه پارامترهای راهرفتن

در نهایت از آمار توصیفی میانگین و انحراف استاندارد برای توصیف داده‌ها، و از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف برای اطمینان از طبیعی بودن توزیع نمرات، نیز برای مقایسه ویژگی‌های فضایی-زمانی راهرفتن آزمودنی‌های دارای اضافه وزن و طبیعی از آزمون تی مستقل (سطح معناداری  $P \leq 0.05$ ) استفاده کردیم. آزمون تی جفت شده نیز برای مقایسه زاویه پای برتر و غیربرتر در دو گروه طبیعی و مبتلا به اضافه وزن به کار گرفته شد.

## یافته‌ها

نتایج از آمار توصیفی نشان داد مدت زمان طی شده (۶۷,۷۵ درصد) بر حسب ثانیه، پهنای گام (۵۶,۸۴ درصد) بر حسب سانتی متر، زاویه پای راست (۶۱,۱۳ درصد) و چپ (۵۸,۵۲ درصد) بر حسب درجه، طول قدم (۵۴,۵۰ درصد) و طول گام (۲۷,۹ درصد) بر حسب سانتی متر مقادیر بالاتری را در کودکان مبتلا به اضافه وزن نسبت به کودکان طبیعی به خود اختصاص داده‌اند. اطلاعات جدول ۲ نیز نشان می‌دهد که تنها سرعت (متر بر ثانیه) با ۵۴,۱۷ درصد و آهنگ حرکت (قدم بر دقیقه) با ۵۵,۳۸ درصد در کودکان طبیعی بالاتر است. از سوی دیگر، نتایج آزمون تی مستقل نشان می‌دهد که تنها بین سه پارامتر، زمان حرکت ( $P < 0.023$ )، سرعت ( $P < 0.018$ ) و آهنگ حرکت ( $P < 0.006$ ) دو گروه تفاوت معناداری وجود دارد (جدول ۲).

جدول ۲. آزمون تی مستقل برای مقایسه متغیرهای تحقیق در دو گروه طبیعی و مبتلا به اضافه وزن

متغیر	گروه‌ها	میانگین	انحراف استاندارد	درصد	T	Sig
زمان (ثانیه)	طبیعی	۲/۵۱	۰/۶۸۳	۳۲,۲۵	۲/۴۶	.۰۲۳
	اضافه وزن	۴/۴۰	۲/۳۳	۶۷,۷۵		
پهنای گام (سانتی‌متر)	طبیعی	۱۴/۴۸	۵/۸۸	۴۳,۱۶	۰/۶۲۵	.۵۳۹
	اضافه وزن	۸۹/۱۵	۴/۷۲	۵۶,۸۴		
زاویه پا راست (درجه)	طبیعی	۹/۶۰	۵/۳۱	۳۸,۱۷	۱/۳۴۷	.۱۹۳
	اضافه وزن	۱۲/۸۵	۵/۰۵	۶۱,۱۳		
زاویه پا چپ (درجه)	طبیعی	۷/۳۰	۳/۰۵	۴۱,۴۸	۱/۰۰	.۳۲۶
	اضافه وزن	۸/۸۵	۲/۹۰	۵۸,۵۲		
طول قدم (سانتی‌متر)	طبیعی	۴۷/۸۷	۷/۲۹	۴۵,۵۰	۰/۰۲۲	.۹۸۳
	اضافه وزن	۴۷/۷۹	۸/۹۸	۵۴,۵۰		
طول گام (سانتی‌متر)	طبیعی	۹۶/۴۵	۱۴/۱۱	۴۳,۲۲	۰/۹۳۶	.۳۶۰
	اضافه وزن	۱۰۵/۵	۲۷/۹۵	۵۶,۷۸		
سرعت (متر بر ثانیه)	طبیعی	۶۵/۳۴	۱۴/۶۹	۵۴,۱۷	۲/۵۸۳	۰/۰۱۸
	اضافه وزن	۴۶/۰۷	۱۹/۳۸	۴۵,۱۳		
آهنگ حرکت (قدم بر دقیقه)	طبیعی	۱/۶۸	۰/۳۹۲	۵۵,۳۸	۳/۱۰۲	.۰۰۶
	اضافه وزن	۱/۱۳	۰/۴۳۷	۴۴,۶۲		

از طرفی، زاویه پای برتر و غیربرتر دو گروه به کمک آزمون تی جفت شده تحت بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد بین زاویه پای برتر و غیربرتر آزمودنی‌های گروه طبیعی تفاوت معناداری وجود دارد ( $P < 0.029$ )؛ در حالی که در گروه کودکان مبتلا به اضافه وزن تفاوت معناداری مشاهده نشد ( $P > 0.102$ ). در هر دو گروه پای راست، پای برتر آزمودنی‌ها بود. اطلاعات این آزمون در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. آزمون تی جفت شده برای مقایسه زاویه پای برتر و غیربرتر در دو گروه طبیعی و مبتلا به اضافه وزن

گروه‌ها	متغیر	T	Sig
طبیعی	زاویه برتر	۲/۵۰	.۰۲۹
	زاویه غیربرتر		
اضافه وزن	زاویه برتر	۱/۸۱	.۱۰۲
	زاویه غیربرتر		



## بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی مطالعه حاضر مقایسه پارامترهای منتخب فضایی-زمانی راهرفتن کودکان ۱۰ تا ۱۲ سال دارای اضافه‌وزن و طبیعی بود. نتایج پژوهش نشان داد، اضافه‌بار دائمی وارد بر سیستم حرکتی اثر معناداری بر پهنای گام، زاویه پای راست، زاویه پای چپ، طول قدم و گام نمی‌گذارد، اما کل زمان حرکت، سرعت و آهنگ حرکت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تغییرات ایجادشده را می‌توان براساس فرضیه بهینه‌سازی مصرف انرژی توضیح داد (۵۲ و ۵۱). براساس این فرضیه در طی راهرفتن با سرعت انتخابی، مجموعه‌ای از پارامترهای اصلی از قبیل سرعت، آهنگ حرکت و طول گام به منظور بهینه‌سازی مصرف انرژی تغییر می‌کنند؛ به طوری که گفته می‌شود راهرفتن با سرعت دلخواه مهم‌ترین عامل برای به حداقل رساندن مصرف انرژی است (۵۱). در این فرایند چندبعدی به منظور به حداقل رساندن مصرف انرژی، سیستم عصبی مشخصات گام‌برداری بهینه را مشخص می‌کند. از آنجاکه سرعت راهرفتن منحصراً به وسیله طول گام و سیکل گام‌برداری تعیین می‌شود (۵۳-۵۵) سعی خواهیم کرد بیشتر بحث را بر اثرات اضافه‌وزن بر این دو عامل تعیین‌کننده متمرکز کنیم.

اولین بار اسپاروپولوس و همکاران (۱۹۹۱) پارامترهای فضایی-زمانی مردان چاق را بررسی کردند و سرعت راهرفتن ۱/۰۹ (متر بر ثانیه) و طول گام ۱/۲۵ متر را گزارش کردند (۲۴). با مروری بر ادبیات تحقیق مشاهده می‌کنیم که در زمینه سرعت دلخواه راهرفتن در افراد چاق نسبت به افراد طبیعی تناقضاتی وجود دارد؛ به طوری که تعدادی از محققان سرعت دلخواه راهرفتن کمتری را برای مردان چاق (۲۴ و ۵۶) و کودکان چاق نسبت به افراد طبیعی گزارش کرده‌اند (۵۸ و ۵۷). با این حال براونینگ و همکاران (۲۰۰۵) تفاوتی بین زنان چاق و طبیعی در سرعت دلخواه راهرفتن مشاهده نکردند و حتی سرعت دلخواه راهرفتن بیشتری را در زنان چاق جوان گزارش کردند (۲۶). درحالی که بلاسزیک و همکاران معتقدند که اضافه‌بار وارد بر سیستم حرکتی تأثیر معناداری بر سرعت دلخواه راهرفتن نمی‌گذارد (۲۹). به نظر می‌رسد دلیل اختلاف موجود در ادبیات تحقیق در زمینه سرعت راهرفتن ناشی از پراکندگی گروه‌های تحت مطالعه باشد.

اکثر محققانی که تأثیر اضافه‌بار را بر پارامترهای مختلف راهرفتن بررسی کرده‌اند تغییراتی را در برخی پارامترهای راهرفتن نسبت به افراد طبیعی گزارش کرده‌اند. از جمله این تغییرات می‌توان به کاهش طول گام اشاره کرد (۲۴ و ۶۰، ۵۹، ۵۶)، درحالی که مطالعه حاضر نشان می‌دهد بین دو گروه تفاوت معناداری وجود ندارد. به نظر می‌رسد اختلاف موجود ناشی از تفاوت BMI آزمودنی‌ها باشد، چراکه آزمودنی‌های این مطالعه را کودکان مبتلا به اضافه‌وزن تشکیل می‌دهند، درحالی که مطالعات مذکور درباره افراد بزرگسال بالغ انجام شده است. از طرفی، سیستم حرکتی بزرگسالان رشد کرده است و از این رو از هماهنگی، تعادل و کنترل حرکتی بهتری نسبت به کودکان برخوردارند و شاید یکی از دلایل کم‌تر بودن طول گام کودکان کنترل بهتر تعادلشان از این طریق باشد (۶۲ و ۶۱). با این حال مطالعه‌ای که بلاسزیک و همکاران (۲۰۱۱) درباره ۱۳۶ زن ۱۸-۶۷ سال انجام دادند، نشان داد که بار اضافی وارد بر سیستم حرکتی تأثیری بر طول گام ندارد (۲۹).

مقایسه طول قدم کودکان مبتلا به اضافه‌وزن و طبیعی نیز تفاوت معناداری را نشان نداد که با نتایج مطالعه گاوز (۲۰۱۰)، متفاوت است چراکه او طول قدم کوتاه‌تری را برای کودکان مبتلا به اضافه‌وزن که با سرعت انتخابی راه می‌رفتند گزارش کرد (۶۱). شاید دلیل مشاهده این اختلاف را بتوان به تفاوت BMI آزمودنی‌های این دو مطالعه نسبت داد. به طوری که گاوز (۲۰۱۰)،  $BMI > 25$  را به عنوان اضافه وزن/چاق در نظر گرفت، در حالی که در مطالعه حاضر  $BMI > 24$  اضافه‌وزن در نظر گرفته شده است؛ علاوه بر این، گاوز (۲۰۱۰) افراد مبتلا به اضافه‌وزن و چاق را در یک گروه طبقه‌بندی کرده است (۶۳).

چندین مطالعه نشان داده‌اند که مدت‌زمان راه‌رفتن افراد چاق بیشتر از افراد طبیعی است (۵۷، ۲۴). این نتیجه با نتایج مطالعه حاضر یکسان است؛ هرچند در مطالعه حاضر مدت‌زمان دو سیکل راه‌رفتن (۲ گام) ثبت شده است. اما بلاسزیک و همکاران (۲۰۱۱) تفاوت معناداری را در مدت‌زمان سیکل راه‌رفتن در گروه‌های مختلف گزارش نکردند (۲۹). یکی دیگر از پارامترهای راه‌رفتن که تحت تأثیر اضافه‌وزن قرار می‌گیرد آهنگ حرکت است؛ به طوری که با مرور ادبیات تحقیق مشاهده می‌کنیم افراد مبتلا به اضافه وزن نسبت به افراد طبیعی آهنگ حرکتی کندتری دارند (۶۰-۵۸ و ۲۴) که در مطالعه ما نیز نتایج مشابهی به دست آمد و علت این امر کم‌تر بودن سرعت حرکت و بنابراین تعداد قدم کمتر در طول حرکت است. از طرفی، با مقایسه پهنای گام آزمودنی‌های مبتلا به اضافه‌وزن و طبیعی مشاهده شد که تفاوت معناداری بین این دو گروه وجود ندارد. این یافته با نتایج مطالعه گاوز (۲۰۱۰) و ویگنر و همکاران (۲۰۱۱) متفاوت است؛ چراکه آن‌ها پهنای گام کمتری را برای آزمودنی‌های چاق در مقایسه با آزمودنی‌های طبیعی گزارش کردند (۶۴ و ۶۳) که شاید به دلیل تأخیر در رشد حرکتی و مهارت‌های حرکتی کودکان چاق نسبت به کودکان مبتلا به اضافه‌وزن و طبیعی باشد؛ چراکه در این دو مطالعه کودکان چاق تحت بررسی قرار گرفته بودند و روش محاسبه پهنای گام با مطالعه حاضر متفاوت بود. از طرفی، ویگنر و همکاران (۲۰۱۱) افراد طبیعی و چاق را در دو وضعیت با و بدون کفش مقایسه کردند (۶۴) که شاید دلیلی دیگر بر وجود این اختلاف باشد.

از جمله پارامترهای جالب توجه در مطالعه حاضر زاویه پیش‌روی پا است که کمتر در مطالعات بررسی می‌شود. زاویه راه‌رفتن یا زاویه پیش‌روی پا به زاویه‌ای گفته می‌شود که بین Midsagittal پا در مرحله حمایت با جهت حرکت رو به جلو در طی راه‌رفتن ایجاد می‌شود (۶۵). این زاویه در دامنه طبیعی ۵ تا ۹ درجه و ۷،۵ تا ۱۰ درجه آبداکشن از خط پیش‌روی قرار می‌گیرد (۶۸-۶۶ و ۵۰). در مطالعه‌ای که کلارسون (۱۹۸۳) انجام داد، زاویه پیش‌روی ممکن است تحت تأثیر سرعت راه‌رفتن قرار گیرد و پای برتر ممکن است عاملی مهم در میزان آبداکشن پا طی راه‌رفتن باشد (۳۱). هولدن و همکاران (۱۹۸۵) نیز گزارش کردند زمانی که سرعت دویدن افزایش پیدا می‌کند، پا تمایل به آبداکشن بیشتری دارد (۶۹). در مطالعه حاضر با وجود آنکه بین سرعت راه‌رفتن کودکان طبیعی و مبتلا به اضافه‌وزن تفاوت معناداری مشاهده شده، بین زاویه پیش‌روی پایشان (راست و چپ) تفاوت معناداری گزارش نشد که ممکن است به دلیل تغییرپذیری بیش از حد خط پیش‌روی در طی چرخه راه‌رفتن باشد؛ چراکه ویلکینسون و همکاران (۱۹۹۵) معتقدند خط

پیش‌روی فرایند پویایی است و تغییرات ایجادشده در آن مربوط به حرکت کل بدن است تا هریک از اندام‌های فرد و از این‌رو طی راه‌رفتن تغییر می‌کند (۶۵). از طرفی، با مقایسه زاویه پای برتر و غیربرتر در هر دو گروه کودکان مشاهده می‌کنیم کودکان طبیعی تفاوت معناداری را بین پای برتر و غیربرتر خود نشان می‌دهند. این درحالی است که در کودکان مبتلا به اضافه‌وزن تفاوتی مشاهده نشد. شاید دلیل این امر تمایل بیشتر کودکان طبیعی برای شرکت در فعالیت‌های ورزشی (فوتبال) باشد که بر عملکرد عضلات اندام تحتانی آنها اثر گذاشته و این اختلاف معنادار را ایجاد کرده است.

## نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد اضافه‌وزن برخی شاخص‌های فضایی- زمانی راه‌رفتن را تحت تاثیر قرار می‌دهد و منجر به تغییراتی در الگوی گام‌برداری کودکان مبتلا به اضافه‌وزن نسبت به کودکان طبیعی می‌شود. از طرفی، پرداختن به الگوی راه‌رفتن کودکان، خصوصاً کودکان مبتلا به اضافه‌وزن و چاق، می‌تواند در درک بهتر ویژگی‌های راه‌رفتن و مشکلات حرکتی کمک کند تا از ناهنجاری‌ها و آسیب‌های ممکن جلوگیری شود. از این‌رو توصیه می‌شود تا بیشتر بر توانایی‌های حرکتی کودکان خصوصاً زیرگروه‌های مبتلا به اضافه‌وزن یا چاق تمرکز شود.

## منابع

- 1- Aschemeier, B., Lange, K., Kordonour, i O., Danne, T. (2008). Pediatric obesity and type 2 diabetes: Strategies for prevention and treatment. *Pract Diabetes Inter.* 25:368-375
- 2- Daniels, S., Arnett, D., Eckel R., Gidding S., Hayman, L., Kumanyika, S., et al. (2005). Overweight in children and adolescents: Pathophysiology, consequences, prevention, and treatment. *Circ.* 111: 1999-2012.
- 3- Dehghan, M., Akhtar-Danesh, N., Merchant A. (2005). Childhood obesity, prevalence and prevention. *Nut J.* 25: 4-24
- 4- Whitaker, JA., Davis, KL., Lauer, C. (2004). Is there a need for screening for type 2 diabetes in seventh graders? *J Am Academy Nurse Practitioners.* 16:496-501.
- 5- American Dietetic Association. (2006). Individual, family, school, and community-based interventions for pediatric. *Overweight. J Am Diet Assoc.* 106:925-945
- 6- Pinto, AL., Barros, HP., Radu, AS., Villares, SM., Lima, SM. (2006). Musculoskeletal findings in obese children. *J Paediatr Child Health.* 42:341-344.
- 7- Dorosty, AR., Siassi, F., Reilly, JJ. (2002). Obesity in iranian children. *Arch Dis Child.* 87:388-91.
- 8- Ziaodini, H., Kelishadi, R., Kamsari, F., Mirmoghtadee, P., Poursafa, P. (2010). First nationwide survey of prevalence of weight disorder in Iranian children at school entry. *World J Pediatric.* 6(3):223-7
- 9- Hajian-Tilaki, KO., Sajjadi, P., Razav.i, A. (2011). Prevalence of overweight and obesity and associated risk factors in urban primary-school children in Babol, Islamic republic of Iran. *East Mediterr J.* 17(2): 109-14
- 10- Mozafari, H., Nabaei, B. (2002). Prevalence of obesity and overweight in Tehranian girls' student of primary schools. *University Jahad Quarterly Publication of Health Sciences: (Tehran/Iran).* 1(4):15-19. [in Farsi].
- 11- Lawrence, V., Kopelman, P. (2004). Medical consequences of obesity. *Clinics Dermatology.* 22:296-302.
- 12- Beskin, JL., Burke, SW., Johnston, CE., Roberts, JM. (1986). *Clinical basis for a mechanical*

- etiology in adolescent Blount's disease. *Orthoped.* 9:365–370.
- 13- Dietz, WH., Gross, WL., Kirkpatrick, JA. (1982). Blount disease (tibia vara): Another skeletal disorder associated with childhood obesity. *J Pediatr.* 101:735–737.
- 14- Henderson, Rc. (1992). Tibia vara: a complication of adolescent obesity. *J Pediatr.* 121: 482-486
- 15- Kortt, M., Baldry, J. (2002). The association between musculoskeletal disorders and obesity. *Aus Health Rev.* 25(6):207-214.
- 16- Wearing, SC., Henning, EM., Byrne, NM., Steele, JR., Hills, AP. (2006). The biomechanics of restricted movement in adult. *Obes Review.* 7:13-24
- 17- Winter DA. (1980). Overall principle of lower limb-support during stance phase of gait. *J Biomech.* 13: 923-7
- 18- McMillan, AG., Auman, NL., Collier, DN., Williams, B. (2009). Frontal plane lower extremity biomechanics during walking in boys who are overweight versus healthy weight. *Pediatr Phys Ther.* 21:187–193
- 19- LaFlandra, M., Wagenaar, RC., Holt, KG., Obusek, JP. (2003). How do load carriage and walking speed influence trunk coordination and stride parameters? *J Biomech.* 36:87–95.
- 20- Griffin, TM., Roberts, TJ., Kram, R. (2003). Metabolic cost of generating muscular force in human walking: insights from load-carrying and speed experiments. *J Appl Physiol.* 95:172–183.
- 21- Abe, D., Yanagawa, K., Niihata, S. (2004). Effects of load carriage, load position, and walking speed on energy cost of walking. *ApplErgo.* 35:329–335.
- 22- Bastien, GJ., Willems, PA., Schepens, B., Heglund, NC. (2005). Effect of load and speed on the energetic cost of human walking. *Eur J Appl Physiol.* 94:76–83.
- 23- Bohannon, RW. (1997). Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. *Age Ageing.* 26:15-9.
- 24- Spyropoulos, P., Pisciotta, JC., Pavlou, KN., Carins, MA., Simon, SR. (1991). Biomechanical gait analysis in obese men. *Arch Phys Med Rehabil.* 72:1065–1070.
- 25- Hoffman, MD., Millet, GY., Candau, RB., Rouillon, JD. (2004). Evaluation of a theoretical model to quantify the sources of metabolic cost in walking. *Am J Phys Med Rehabil.* 83:353–362.
- 26- Browning, RC., Kram, R. (2005). Energetic cost and preferred speed of walking in obese vs. normal weight women. *Obes Res.* 13:891–899.
- 27- Browning, RC., McGowan, CP., Kram, R. (2009). Obesity does not increase external mechanical work per kilogram body mass during walking. *J BIOMECH.* 42(14):2273-8.
- 28- Cole, T. J., Bellizzi, M. C., Flegal, K. M., Dietz W. H. (2000). Establishing a Standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *Br Med J.* 320: 1-6
- 29- Błaszczyk, JW., Plewa, M., Cieślińska-Świder, J., Bacik, B., Zahorska-Markiewicz, B., Markiewicz, A. (2011). Impact of excess body weight on walking at the preferred speed. *Acta Neurobiol Exp.* 71:528–540.
- 30- Barut, C., Ozer, CM., Sevinc, O., Gumus, M., Yuntun, Z. (2007). Relationships between hand and foot preferences. *Int J Neurosci.* 117(2):177- 185.
- 31- Clarkson, B. (1983). Absorbent paper method for recording foot placement during gait. *Phys Ther.* 63(3): 345-346.
- 32- Gaudet, G., Goodman, R., Landy, M., Russell, G., Wall, J. (1990). Measurement of step length and step width: a comparison of video tape and direct measurement. *Physiother Can.* 42:12–15.
- 33- Wilkinson, M., Menz, H. (1997). Measurement of gait parameters from footprints: A reliability study. *The Foot.* 7:19–23.
- 34- Bertoti, D. (1986). Effect of short leg casting on ambulation in children with cerebral palsy. *Phys Ther.* 66: 1522–1529.
- 35- Katoh, Y., Chao, E., Laughman, R., Schneider, E., Morrey, B. (1983). Biomechanical analysis of foot function during gait and clinical applications. *Clin Orthop.* 177:23–33.
- 36- Ho, C., Lin, C., Chou, Y., Su, F., Lin, S. (2000). Foot progression angle and ankle joint complex in preschool children. *Clin Biomech.* 15:271–277.
- 37- Boenig, D. (1977). Evaluation of a clinical method of gait analysis. *Phys Ther.* 57:795–798.
- 38- Levangie, P., Brouwer, J., McKeen, S., Parker, K., Shelby, K. (1989). The effects of the standard rolling walker and two posterior rolling walkers on gait variables of normal children. *Phys Occup Ther Pediatr.* 4:19–31.

- 39- Freychat, P., Belli, A., Carret, JP., Lacour, J. (1996). Relationship between rear foot and forefoot orientation and ground reaction forces during running. *Med Sci Sports Exerc.* 28(2):225–232.
- 40- Shores, M. (1980). Footprint analysis in gait documentation. *Phys Ther.* 60:1163–1167.
- 41- Taranto, J., Bryant, A., Singer, KP. (2005). Angle of gait: A comparative reliability study using footprints and the EMED-SF. *The Foot.* 15: 7–13.
- 42- Adolph, KE., Vereijken, B., Shrout, PE. (2003). What changes in infant walking and why. *Child Dev.* 74: 475-497.
- 43- Coutts, F. (1999). Related gait analysis in the therapeutic environment. *Manual Therapy.* 4:2-10.
- 36- Burnett, C., Johnston, E. (1971). Development of gait in childhood: Part one. *Dev Med Child Neurol.* 13:196–206.
- 44- Li, AM., Yin, J., Yu, CC., Tsang, T., So, HK., Wong, E. (2005). The six-minute walk test in healthy children: A reliability and validity. *Eur Respiratory J.* 25 (6): 1057- 60.
- 45- Oberg, T., Karsznia, A., Oberg, K. (1993). Basic gait parameters: Reference data for normal subjects, 10-79 years of age. *J Rehab Res Dev.* 30: 210-223.
- 46- Rose, JR. (1983). Development of gait at slow, free, and fast speeds in 3 and 5-year-old children. *Phys The.* 63: 1251-1259.
- 47- Sutherland, D., Olshen, R., Biden, E., Wyatt, M. The development of mature walking. London, England: Mac Keith Press. 1988.
- 48- Norlin, R., Odenrick, P., Sandlund, C. (1981). Development of gait in the normal child. *J Pediatr Orthope.* 1: 261-266.
- 49- Sutherland, D. H., Olshen, R., Cooper, L., Woo, S. I. (1980). The development of measure gait. *J Bone Surg.* 62: 336-353
- 50- Murray, MP., Kory, RC. (1970). Walking patterns of normal women. *Arch Phys Med Rehabil.* 51:637-650.
- 51- Bertram, JEA., Ruina, A. (2001). Multiple walking speed-frequency relations are predicted by constrained optimization. *J Theor Biol.* 209: 445–453.
- 52- Bertram, JEA. (2005). Constrained optimization in human walking: Cost minimization and gait plasticity. *J ExpBiol.* 208:979–991.
- 53- Afelt, Z., Błaszczyk, J., Dobrzecka, C. (1983). Speed control in animal locomotion: transitions between symmetrical and nonsymmetrical gaits in the dog. *Acta Neuro boil Exp (Wars).* 43:235–250.
- 54- Winter, DA. The Biomechanics and motor control of human gait. university of waterloo, Waterloo, ON, CA. 1987.
- 55- Błaszczyk, J., Dobrzecka, C. (1989). Speed control in quadruped locomotion: Principles of limb coordination in the dog. *Acta Neuro biol Exp (Wars).* 49: 105–124.
- 56- Pisciotta, JC., Pavlou, KN., Cairns, MA., Simon, SR. (1991). Biomechanical analysis in obese men. *Arch Phys Med Rehabil.* 72:1065–1070.
- 57- Hills, AP., Parker, AW. (1991). Gait characteristics of obese children. *Arch Phys Med Rehabil.* 72: 403–407.
- 58- McGraw, B., McClenaghan, BA., Williams, HG., Dickerson, J., Ward, DS. (2000). Gait and postural stability in obese and nonobese prepubertal boys. *Arch Phys Med Rehabil.* 81:484–489.
- 59- Messier, SP., Ettinger, WH., Doyle, TE., Morgan, T., James, MK., O'Toole, ML., Burns, R. (1996). Obesity: Effects on gait in an osteoarthritic population. *J Appl Biomech.* 12:161–172.
- 60- Hulens, M., Vansant, G., Claessens, AL., Lysens, R., Muls, E. (2003). Predictors of 6-minute walk test results in lean, obese and morbidly obese women. *Scand J Med Sci Sports.* 13:98–105.
- 61- Wheelwright, EF., Minns, RA., Lae, HT., Elton, RA. (1993). Temporal and spatial parameters of gait in children. I: Normal control data. *Dev Med Child Neurol.* 35(2):102–13.
- 62- Todd, FN., Lamoreux, LW., Skinner, SR., Johanson, ME., Helen, RST., Moran, SA., Ashley, RK. (1989). Variations in the gait of normal children: a graph applicable to the documentation of abnormalities. *J Bone Joint Surg Am.* 71:196–204.
- 63- Gouws, PL, Effects of obesity on the biomechanics of children's gait at different speeds. (PHD Thesis). Capstones: University of Nevada Las Vegas. 2010.
- 64- Wegener, C., Hunt, AE., Vanwanseele, B., Burns, J., Smith, RM. Effect of children's shoes on gait: a systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Res.* 18: 1-13
- 65- Wilkinson, M., Menz, H., Raspovic, A. (1995). The measurement of gait parameters from

footprints. *The Foot*. 5:84–90.

66- Murray, P., Drought, B., Kory, R. (1964). Walking patterns of normal men. *J Bone Joint Surg*. 46-A (2):335–360.

67- Hopson, M., McPoil, T., Cornwall, M. (1995). Motion of the first metatarsophalangeal joint: Reliability and validity of four measurement techniques. *J Am Podiatr Med Assoc*. 85(4):198–204.

68- Bryant, J. (2001). A comparison of radiographic foot measurements taken in two different positions. *J Am Podiatr Med Assoc*. 95(5):234–239.

69- Holden, JP., Cavanagh, PR., Williams, KR., Bednzrski, KN. (1985). Foot angle during walking and running. In: Winter DA, Norman RW, Wells RP, Hayes KC, Patla AE, eds. *Biomechanics IX-B*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers. 451-6.