DOI: 10.22122/jrrs.v13i6.3063 Published by Vesnu Publications

محاسبه مرکز جرم و معرفی الگوی تغییرات آن به صورت معادله در نوجوانان

اکبر طاهریان[۱]، معصومه شجاعی[۲]، افخم دانشفر[۲]، مریم شریف‌دوست[۳]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: مرکز جرم، یکی از ویژگی‌های مهم ساختار جسمانی افراد است که کاربردهای فراوانی در زمینه بررسی تکالیف تعادلی، غربالگری به منظور مطالعه مشکلات پیکری، استعدادیابی و طراحی وسایل ایمنی و کمک آموزشی دارد. هدف از انجام پژوهش حاضر، تعیین مرکز جرم و بررسی تغییرات آن در نوجوانان و در نهایت، ارایه مدل مناسب بنیادی و کاربردی بر مبنای مهم‌ترین عوامل جسمانی تأثیرگذار بر آن بود.

مواد و روش‌ها: از میان همه ۱۶۱۱۳۴ دانش‌آموز نوجوان ۱۲ تا ۱۸ ساله شهر اصفهان، ۳۸۴ نوجوان به روش خوشه‌ای انتخاب شدند. اطلاعات قد در حالت‌های خوابیده، ایستاده و نشسته با استفاده از متر استاندارد و جرم آزمودنی‌ها نیز با کمک ترازو و همچنین، مرکز جرم با دستگاه اندازه‌گیری مرکز جرم مبتنی بر اصول گشتاورها تعیین گردید. با رعایت پیش‌فرض‌های لازم، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر مرکز جرم با استفاده از روش گام به گام در رگرسیون چند متغیره شناسایی شد.

یافته‌ها: مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر مرکز جرم در نوجوانان، نسبت قد نشسته به قامت ایستاده، قامت ایستاده و قد نشسته بود ($P < ۰/۰۰۱$). میانگین ارتفاع مرکز جرم نسبت به قامت برای نوجوانان، ۵۵/۴۱ درصد به دست آمد.

نتیجه‌گیری: مدلی در قالب فرمول برای تخمین مرکز جرم نوجوانان ارایه گردید که جایگزین بسیار مناسبی برای تخمین مرکز جرم به جای استفاده از روش‌های سخت، وقت‌گیر و پرهزینه‌ی جاری می‌باشد.

کلید واژه‌ها: قامت، دانش‌آموزان، گشتاور، مدل رگرسیون

ارجاع: طاهریان اکبر، شجاعی معصومه، دانشفر افخم، شریف‌دوست مریم. **محاسبه مرکز جرم و معرفی الگوی تغییرات آن به صورت معادله در نوجوانان.** پژوهش در علوم توانبخشی ۱۳۹۶؛ ۱۳ (۶): ۳۴۹-۳۴۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۲۱

مقدمه

ویژگی‌های فیزیکی بدن انسان از نظر اندازه، شکل، نسبت‌ها یا ترکیبات بدن با عواملی مانند رشد، ورزش، اجرا و تغذیه ارتباط دارد و یکی از مهم‌ترین مراحل مربوط به درک و تجزیه و تحلیل بدن انسان است (۱).

مرکز جرم بدن، یکی از ویژگی‌های مربوط به جثه است که تعاریف مشابهی در منابع مختلف برای آن آمده و با مرکز گرانش هم‌ارز در نظر گرفته شده است. مرکز گرانش (Center of gravity یا CoG)، نقطه‌ای است که می‌توان تصور کرد تمام وزن جسم در آن نقطه متمرکز می‌باشد (۲). مرکز جرم (Center of mass) یک جسم را نقطه‌ای می‌دانند که گویی تمام جرم جسم در آن‌جا متمرکز شده است و همه نیروهای خارجی هم به آن نقطه وارد می‌شود (۳).

از کاربردی‌ترین ویژگی‌های ساختاری بدن، مکان مرکز جرم می‌باشد که اطلاع از آن، استفاده‌های متنوعی در حیطه‌های مختلف ورزشی، پزشکی و ساخت وسایل مناسب به منظور حفظ سلامتی دارد. در آموزش و تمرین بدنی، کنترل مرکز جرم بدن با هدف حفظ تعادل، مورد توجه قرار می‌گیرد (۳). افرادی که دارای اختلالات جسمی و یا ذهنی هستند، اغلب نیازمند نشستن در صندلی چرخدار به مدت زمان طولانی می‌باشند که عدم طراحی مناسب صندلی، می‌تواند منجر به بروز آسیب‌های فیزیکی مانند زخم‌های ناشی از فشار، مشکلات نخاعی و سایر مسایل مربوط به سلامت بیومکانیک گردد. برای طراحی صندلی چرخدار، دانستن مرکز جرم افراد با هدف قرار دادن صحیح بیمار لازم است تا آسیب‌ها به حداقل رسانده شود (۴).

داشتن الگوی مناسب مرکز جرم می‌تواند کمکی در راستای تشخیص برخی مشکلات حرکتی از جمله حفظ تعادل ایستا و پویا نماید. همچنین، می‌تواند برای غربالگری مورد استفاده قرار گیرد. توجیه برخی حرکات ورزشی و نمایشی مانند حرکات هنرمندانه در باله و یا پرش‌ها، چرخش‌ها و پیچش‌ها در رشته‌های ورزشی آبی و ژیمناستیک، با دانستن مسیر حرکت مرکز جرم امکان‌پذیر است. وجود اطلاعات قابل اعتماد در مورد محل مرکز جرم، جهت طراحی ابزارهای

۱- دکتری تخصصی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات، علوم انسانی و اجتماعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- دانشیار، گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه الزهرا (س)، تهران، ایران
۳- استادیار، گروه آمار و ریاضی، دانشکده فنی و مهندسی، واحد خمینی‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
نویسنده مسؤول: معصومه شجاعی
Email: m.shojaei@alzahra.ac.ir

حفاظتی همچون وسایل کمک آموزشی برای یاد دادن شنا و یا ساخت ابزارهایی مانند کمربند ایمنی در هواپیما و اتومبیل ضروری می‌باشد (۵).

پژوهشگران از دستگاه‌ها و ابزارهای مختلفی برای محاسبه مرکز جرم استفاده نموده‌اند که اغلب روش‌ها بر اساس جداول پیکرسنجی بدن و اجساد انسان بوده است. برخی از محاسبات ریاضی بر روی قطعات اجساد انجام شده است (۶). بعضی از محققان از انتگرال دوم نیروی واکنش زمین بر کل جرم بدن و اطلاعات به دست آمده از صفحه نیرو بهره برده‌اند (۸، ۷). عده‌ای از صفحه نیرو (Force plate) و محاسبه مرکز جرم از طریق مرکز فشار (Center of pressure) استفاده کرده‌اند (۹–۱۵). تعدادی دیگر از مطالعات با تحلیل فیلم نشانگرهای نصب شده بر قسمت‌های مختلف بدن، به برآورد مرکز جرم پرداختند (۱۸–۱۶). تعداد دیگری از پژوهشگران با استفاده از روش‌هایی مانند Magnetic resonance imaging (MRI) و یا Computed Tomography (CT) که پیچیده و پرهزینه است، به ارایه مقدار مرکز جرم پرداخته‌اند (۱۹). گروهی با روش Statically Equivalent Serial Chain (SESC) و با دوربین و دستگاه‌های قابل حمل، مرکز جرم را محاسبه نموده‌اند (۲۰). تیمی از محققان، روش سهم‌بندی اعضای بدن در تعیین مرکز جرم را به علت دامنه زیاد تغییرات مشاهده شده (۴۳/۶ تا ۵۲/۴ درصد)، مناسب ندانستند (۲۱).

مقایسه مرکز جرم در دوره‌های مختلف سنی مورد توجه برخی پژوهشگران قرار گرفته است که می‌توانند نوع تمرینات مناسب با سن را پیشنهاد دهند. Dyson بیان نمود که نسبت مرکز جرم به کل قد در کودکان نسبت به نوجوانان بالاتر است؛ چرا که در کودکان درصد بیشتری از وزن مربوط به بالا تنه می‌باشد (۲۲). DePauw در مطالعه خود مقادیر ۵۵/۳ و ۵۷/۲ درصد را به ترتیب برای کودکان ۶ تا ۱۱ سال و نوجوانان ۱۱ تا ۱۸ سال به دست آورد (۲۳). برخی مقدار ۵۵/۶ درصد را برای میانگین مرکز جرم از تولد تا پایان ۲ سالگی گزارش کرده‌اند (۵). Palmer معتقد است که نقطه مرکز جرم در کودک ۶ ساله در نزدیکی ناف واقع شده است. هنگام تولد، مرکز جرم ۲۰ سانتی‌متر و پس از بلوغ ۱۰ سانتی‌متر بالاتر از برجستگی ران قرار دارد. با وجودی که این تغییر ۱۰ سانتی‌متری به نظر کم می‌رسد، اما تغییر محل مرکز جرم قابل ملاحظه می‌باشد. با افزایش قد، مرکز جرم از سمت ناف به سمت اندام تحتانی پایین می‌رود (۲۴). Swearingen عنوان نمود که مرکز جرم از ۱۱ تا ۱۸ سالگی یعنی در نوجوانی، به بالا سوق پیدا می‌کند (۲۵). به دلیل این که سر، پاها و تنه به یک نسبت رشد نمی‌کنند، مرکز جرم به طور مشخصی تغییر می‌کند. اغلب حرکت‌شناسان اعتقاد دارند که مرکز جرم انسان در دامنه ۵۳ تا ۵۹ درصد از کل قد قرار دارد (۲۶). با وجودی که محل مرکز جرم با افزایش سن تغییر می‌کند، اما به نسبت قامت تا حدودی ثابت می‌ماند و می‌تواند نقش به سزایی در تعادل داشته باشد. همچنین، مرکز جرم با افزایش سن به سمت پایین جابه‌جا می‌شود؛ چرا که بخش میانی بدن پایین می‌رود (۲۶).

برخی محققان به مقایسه جنسیتی مرکز جرم پرداخته‌اند که تفاوت موجود در اغلب موارد مربوط به پس از نوجوانی و زمان تثبیت نسبی ساختار اسکلتی می‌باشد. عریض بودن لگن و دراز بودن تنه، در مرکز جرم تأثیرگذار است. افزایش عرض لگن در زنان نسبت به مردان، مرکز جرم را به پایین‌تر سوق می‌دهد؛ به این معنی که زنان نسبت به مردان در تکالیف تعادلی و پایداری بهتر عمل می‌کنند (۲۸، ۲۷). مرکز جرم انسان کمی پایین‌تر از ناف و نزدیک به مرکز هندسی شخص می‌باشد. مرکز جرم زنان پایین‌تر از مردان و نسبت مرکز جرم به قد در مردان حدود ۰/۵۶۰ و در زنان حدود ۰/۵۴۳ است (۲۹). ارتفاع مرکز جرم نسبت به قد برای زنان ۵۵ و برای مردان ۵۷ درصد گزارش شده است (۱۴).

هدف از انجام پژوهش حاضر، تعیین میانگین و ارایه روش ساده‌ای به منظور تخمین مرکز جرم نوجوانان بود. روش‌های مرسوم اغلب به ابزارهای خاص و تخصص نیاز دارند و این امر باعث شده است که با وجود اهمیت، کمتر به محاسبه و به کارگیری آن پرداخته شود. در تحقیق حاضر، روشی برای برآورد مرکز جرم نوجوانان با استفاده از مدل رگرسیون ارایه گردید که در آن طراحان، مربیان، پزشکان و پژوهشگران، تنها با اندازه‌گیری شاخص‌های مربوط به قد، قادر خواهند بود در زمان اندک و با دقت زیاد، مرکز جرم نوجوانان را به آسانی محاسبه نمایند.

مواد و روش‌ها

از آن‌جایی که در این مطالعه الگوی جدیدی به منظور تخمین مرکز جرم بدن نوجوانان معرفی شد، پژوهش از نوع کاربردی محسوب می‌شود و می‌تواند جایگزین دیگر روش‌های مرسوم محاسبه مرکز جرم باشد. جمع‌آوری داده‌ها در تحقیق توصیفی- مقطعی حاضر به صورت پیمایشی انجام شد.

جامعه آماری را نوجوانان ۱۲ تا ۱۸ ساله شهر اصفهان که در سال تحصیلی ۹۶–۱۳۹۵ مشغول به تحصیل بودند (۱۶۱۱۳۴ نفر) تشکیل داد. نمونه‌ها به صورت خوشه‌ای از مدارس شهر اصفهان انتخاب شدند. حجم نمونه با استفاده از فرمول Cochran و رابطه ۱، ۳۸۴ نفر برآورد گردید (۳۰) که در آن، t آماره استاندارد توزیع نرمال، p احتمال موفقیت و q احتمال شکست در انجام نمونه‌گیری، d احتمال خطای اندازه‌گیری و N حجم جامعه آماری می‌باشد.

$$n = \frac{t^2pqN}{(N-1)d^2+t^2pq}$$ رابطه ۱

بر این اساس، از هر رده سنی به حداقل ۳۲ نفر نیاز بود. همچنین، آذر و خدیور معتقد هستند تعداد حداقل ۵ نمونه به ازای هر متغیر مستقل به منظور ارایه مدل رگرسیون نیاز است که تعداد نمونه منتخب، به خوبی برای استخراج مدل رگرسیون کفایت می‌نماید (۳۱).

مطالعه حاضر توسط معاونت پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات به تصویب رسید. همچنین، تحقیق توسط کمیته اخلاق تحقیقاتی علوم ورزشی، وابسته به وزارت علوم، تحقیقات و فن‌آوری با شماره IR.SSRI.REC.1397.244 مورد تأیید قرار گرفت.

معیارهای ورود به پژوهش شامل داشتن سن مورد نظر برای هر رده سنی از بین نوجوانان ۱۲ تا ۱۸ سال که به منظور کاهش در خطای نتایج، مورد توجه قرار گرفت؛ به گونه‌ای که تعداد نمونه برای تمام رده‌های سنی یکسان انتخاب شد. همچنین، داشتن والدین متولد اصفهان و ایرانی بودن نمونه‌ها، به دلیل متفاوت بودن متغیرهای مؤثر در تعیین مرکز جرم همچون قامت در نژادها و اقلیم‌های مختلف، مد نظر بود (۳۳، ۳۲). نداشتن عوامل تأثیرگذار در انحراف اندازه‌های قامت و تأثیر در مکان درست مرکز جرم شامل لنگش پا، گوژپشتی، پای ضربدری یا پرانتزی نیز از دیگر معیارهای ورود به بود (۳۵، ۳۴). افراد خارج از رده سنی ۱۲ تا ۱۸ سال، داشتن والدین غیر اصفهانی، غیر ایرانی بودن و اشخاص با مشکلات لنگش پا، پای پرانتزی یا ضربدری که می‌توانستند باعث انحراف نتایج شوند، به عنوان معیارهای خروج در نظر گرفته شد. مشکلات اسکلتی همچون معیارهای مذکور، طول واقعی قد را کوتاه‌تر نشان می‌دهد (۳۵، ۳۴) که میزان دقت نتایج را کاهش می‌دهد و تعمیم پذیری به جامعه سالم

http://jrrs.mui.ac.ir

مورد بررسی را با مشکل مواجه می‌سازد. بر اساس پرونده دانش‌آموزان در مدارس، در فرایند انتخاب نمونه، نژادهایی که جنبه مهاجرت به کشور ایران را داشتند و ممکن بود باعث انحراف نتایج شود، شناسایی و حذف شدند. به دلیل این که جرم دختران نوجوان در دوره قاعدگی ممکن است تا دو کیلوگرم و یا بیشتر افزایش یابد (۳۶)، دخترانی که یک هفته به رسیدن دوره‌شان مانده بود و یا در دوره قاعدگی قرار دارند، در نمونه‌گیری شرکت داده نشدند.

دو آزمونگر برای ثبت اطلاعات همکاری نمودند که جهت رعایت ملاحظات اخلاقی، اندازه‌گیری از دختران در مکان‌های محفوظ و توسط آزمونگر آموزش دیده خانم انجام گرفت و از دختران هیچ فیلم و عکسی در فرایند اندازه‌گیری‌ها گرفته نشد. شرکت‌کنندگان به اختیار وارد مطالعه شدند و به آنان اجازه کناره‌گیری قبل و یا حین اندازه‌گیری‌ها داده شد. با توجه به اصل رازداری، اندازه‌های اولیه و نهایی در صورت درخواست، فقط در اختیار شخص و یا والدین قرار می‌گرفت. با توجه به این که هیچ مداخله‌ای انجام نشد و تنها اندازه‌گیری مد نظر قرار داشت، طبق بخشنامه معاونت پژوهش آموزش و پرورش استان، رضایت برای انجام پژوهش به صورت انفرادی ضرورت نداشت و رضایت‌نامه به شکل کلی به مدیران مدارس ارسال گردید.

افراد به صورت تصادفی با رعایت معیارهای ورود، به محل در نظر گرفته شده برای اندازه‌گیری‌ها در هر مدرسه فراخوانده شدند.

از بین همه روش‌های موجود برای محاسبه مرکز جرم، از روش تخته توزین مبتنی بر روابط برابری گشتاورها در تعادل (Reaction board method) به جهت دقت زیاد و قابل حمل بودن ابزار استفاده گردید (۱۳). دستگاه مورد استفاده در این روش شامل صفحه توزین شیشه‌ای نشکن، ترازوی دیجیتالی (شرکت صنایع فنی مهندسی سنجش ثابت، ایران) با حداقل خطای ۰/۱ کیلوگرم و مترهای نواری (ساخت ایران) با دقت یک میلی‌متر بود که در نرم‌افزار TOOLBOX نسخه 5.1.0 (شرکت BilgiSoft) کالیبره شد.

در یک طرف زیر صفحه شیشه‌ای، ترازوی دیجیتال و در فاصله‌ای از آن، چهار پایه قرار داده شد و با تراز به صورت افقی تثبیت و کالیبره گردید. مترهای نواری یکی بر روی تخته چوبی دو متری برای اندازه‌گیری قد و دیگری بر روی صفحه شیشه‌ای چسبانده شد تا نیازی به کالیبره کردن آن‌ها پس از جابه‌جایی‌های لازم از مدرسه‌ای به مدرسه دیگر نباشد. ترازو با نمایشگر دیجیتال، کلید کالیبره نمودن در زیر صفحه بدین منظور داشت. تنها لازم بود کل دستگاه محاسبه مرکز جرم به وسیله پیچ‌های تعبیه شده در زیر آن و استفاده از تراز کاملاً به صورت افقی قرار گیرد و به کمک چسب، پایه‌های ترازو و چهار پایه ثابت شود (شکل ۱).

شکل ۱، ابزارهای آماده شده برای محاسبات اندازه‌گیری مکان مرکز جرم به روش تخته توزین

برای محاسبه مکان مرکز جرم، ابتدا جرم هر آزمودنی از روی ترازو یادداشت گردید (m). عددی که در وضعیت خالی ترازو نشان می‌دهد، قبل از قرار گرفتن آزمودنی‌ها با فشردن دکمه پارسنگ صفر شد. آزمودنی روی تخته به پشت شبیه حالت ایستاده آناتومی به شکلی دراز می‌کشید که سرش بر تخته‌ای که عمود بر ابتدای شیشه نصب شده است، مماس قرار گیرد و تخته دیگری عمود بر شیشه بر کف پاها مماس گردید و عدد ترازو در این حالت یادداشت شد. فاصله سر تا تکیه‌گاه، روی ۱۱۰ سانتی‌متر تنظیم بود. فاصله مرکز جرم از تکیه‌گاه (x)، با استفاده از برابری گشتاور نیروها از رابطه 110*R = x*m به دست آمد. سپس مقدار x از ۱۱۰ (فاصله بین سر تا تکیه‌گاه) کم شد و فاصله مرکز جرم آزمودنی از سر به دست آمد. برای تعیین مکان مرکز جرم از کف پا، تفاضل x از ۱۱۰، از طول قامت آزمودنی کسر گردید و عدد به دست آمده بر قامت تقسیم و در ۱۰۰ ضرب شد که محل مرکز جرم به صورت درصد نسبت به قامت از کف پا حاصل شد.

برای کاهش خطا در مقادیر به دست آمده، اندازه‌گیری از آزمودنی‌ها بدون وسایلی همچون گیره‌ی سر، ساعت، دستبند و گردن‌بند و با پوشش کم صورت گرفت. از آن‌جایی که محل مرکز جرم بدن، به توزیع جرم (نه خود جرم) حول مرکز جرم در نزدیکی ناف بستگی دارد و مقدار وزنی پوشش درصد بسیار کمی (حدود نیم درصد) را به جرم بدن اضافه می‌نماید، تأثیر محسوسی در یافتن نقطه مرکز جرم بدن ندارد. دیجیتالی بودن ترازو، خطای ناشی از خواندن توسط آزمونگرهای مختلف را از بین برد. تمام اندازه‌گیری‌ها در روزهای مختلف بین دو وعده غذایی صبحانه و نهار انجام گردید. ابزارهای مورد استفاده به مدارس منتخب برده شد و در مکان مناسب و همکاری مدیر مدارس مستقر و کالیبره شد. هر اندازه‌گیری سه بار صورت گرفت و میانگین سه عدد جهت تحلیل مورد استفاده قرار گرفت. برای تشخیص نرمال بودن داده‌های مرکز جرم، از آزمون Anderson–Darling موجود در نرم‌افزار EasyFit 5.5 Professional استفاده گردید که با α = ۰/۰۱، مقدار بحرانی ۳/۹۱ و آماره ۰/۴۴، نرمال بودن توزیع تأیید شد.

جهت کشف و ارایه الگوهای مرکز جرم از ضریب همبستگی Pearson و روش گام به گام (Stepwise) در رگرسیون چندگانه استفاده گردید. آزمون One-way ANOVA به منظور مناسب بودن مدل و ضریب تعیین تعدیل شده R^2 برای بررسی وجود همبستگی مناسب بین مرکز جرم با متغیرهای مستقل به کار برده شد. فرض عدم وابستگی مقادیر خطاها و نرمال بودن خطاها به ترتیب با آزمون‌های Durbin-Watson و Shapiro-Wilk سنجیده شد. همچنین، آزمون t به منظور دقت و تصادفی نبودن و معنی‌داری ضرایب در معادله رگرسیون به منظور قابل محاسبه بودن Linear regression استفاده گردید. در نهایت، داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ (version 23, IBM Corporation, Armonk, NY) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها

اطلاعات متغیرهای مورد نیاز به منظور تخمین مرکز جرم نوجوانان به همراه انحراف معیار و فاصله اطمینان برای میانگین در جدول ۱ ارایه شده است.

ضرایب متغیرهای مستقل قد نشسته به قامت ایستاده، قامت ایستاده و قد نشسته که با استفاده از آن‌ها معادله رگرسیون به منظور تخمین مرکز جرم نوجوانان استخراج شد، در جدول ۲ آمده است.

http://jrrs.mui.ac.ir

جدول ۱. داده‌های توصیفی متغیرهای مورد مطالعه (تعداد نمونه = ۳۸۴ نفر)

متغیر	مقدار (میانگین ± انحراف معیار)	فاصله اطمینان برای میانگین*
سن (سال)	۱۴/۵۰ ± ۱/۷۱	۱۴/۳۳-۱۴/۶۷
جرم (کیلوگرم)	۵۷/۰۲ ± ۱۱/۶۵	۵۵/۸۵-۵۸/۱۹
قامت ایستاده (سانتی‌متر)	۱۶۵/۱۶ ± ۸/۸۲	۱۶۳/۲۷-۱۶۵/۰۴
قد نشسته (سانتی‌متر)	۸۶/۴۵ ± ۴/۷۵	۸۵/۹۸-۸۶/۹۳
نسبت قد نشسته به قامت ایستاده (درصد)	۵۲/۶۸ ± ۱/۴۵	۵۲/۵۴-۵۲/۸۳

*سطح اطمینان برابر با ۹۵ درصد

نتایج ضریب همبستگی Pearson بین تمام متغیرها برای نوجوانان در جدول ۲ ارایه شده است. به غیر از مرکز جرم که با متغیر قامت ایستاده همبستگی معنی‌داری نداشت (P = ۰/۸۸۵)، همبستگی بقیه متغیرها با یکدیگر در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بود (P ≤ ۰/۰۰۱). مرکز جرم با متغیرهای قامت ایستاده (P = ۰/۸۸۵)، قد نشسته (P = ۰/۰۰۱) و نسبت قد نشسته به قامت ایستاده (P < ۰/۰۰۱) همبستگی منفی را نشان داد؛ یعنی افزایش هر یک از متغیرهای مستقل مورد بررسی، باعث پایین رفتن مرکز جرم می‌شود.

میانگین مرکز جرم نوجوانان به صورت مجزا برای دختران و پسران و هر سال در دوره نوجوانی در جدول ۳ ارایه شده است. بر این اساس، مکان مرکز جرم نوجوانان ۱۲ تا ۱۸ سال نزدیک به ۵۵/۵ درصد از کل قد ایستاده را نشان داد؛ بدین معنی که نقطه مرکز جرم بدن در این فاصله سنی، حدود ۵ درصد بالاتر از نیمه قد نوجوانان می‌باشد.

با استفاده از روش گام به گام در رگرسیون چندگانه و P < ۰/۰۰۱ (آزمون ANOVA)، Durbin-Watson = ۱/۹۶، P = ۰/۳۹۰ (آزمون Shapiro-Wilk)، P < ۰/۰۰۱ (آزمون t) و ۱/۰۰۰ = ضریب تعدیل شده R^2، مناسب‌ترین مدل رگرسیون به منظور تخمین مرکز جرم نوجوانان که هدف اصلی از انجام پژوهش حاضر بود، به شکل رابطه ۲ استخراج گردید که مرکز جرم را می‌توان بر حسب متغیرهای قد نشسته به قامت ایستاده (Sitting-height-to-stature ratio یا SSR)، قامت ایستاده (Stature یا S) و قد نشسته (Sitting-height یا SH) به دست آورد.

رابطه ۲ مرکز جرم بدن نوجوانان = ۱/۰۸SSR + ۰/۴S−۰/۷۷SH

جدول ۲. ضریب همبستگی Pearson بین تمام متغیرهای موجود در مدل رگرسیون نهایی

متغیرها	قد نشسته به قامت ایستاده	قد نشسته	قامت ایستاده	مرکز جرم
مرکز جرم				۱/۰۰
قامت ایستاده			۱/۰۰	-۰/۰۱***
قد نشسته		۱	۰/۸۷*	-۰/۱۷**
قد نشسته به قامت ایستاده	۱/۰۰	-۰/۳۱*	-۰/۱۹*	-۰/۳۳*

*P ≤ ۰/۰۰۱، **P = ۰/۰۰۱، ***P = ۰/۸۸۵

بحث

یافته اصلی پژوهش حاضر، معادله با اجزای ساده به منظور تخمین مرکز جرم نوجوانان بود.

جدول ۳. میانگین مرکز جرم شرکت‌کنندگان به تفکیک جنسیت و رده سنی

متغیر	جنسیت	سن (سال)	میانگین ± انحراف معیار	فاصله اطمینان برای میانگین*
مرکز جرم	دختر (۳۲ نفر)	۱۳-۱۲	۵۵/۵۸ ± ۰/۹۰	۵۵/۲۵-۵۵/۹۱
	پسر (۳۲ نفر)		۵۵/۶۱ ± ۰/۸۸	۵۵/۲۹-۵۵/۹۳
	دختر (۳۲ نفر)	۱۴-۱۳	۵۵/۲۸ ± ۰/۹۰	۵۴/۹۵-۵۵/۶۰
	پسر (۳۲ نفر)		۵۵/۴۲ ± ۰/۳۸	۵۵/۲۸-۵۵/۵۵
	دختر (۳۲ نفر)	۱۵-۱۴	۵۵/۵۱ ± ۰/۵۶	۵۵/۳۱-۵۵/۷۱
	پسر (۳۲ نفر)		۵۵/۶۰ ± ۰/۷۰	۵۵/۳۵-۵۵/۸۵
	دختر (۳۲ نفر)	۱۶-۱۵	۵۵/۰۶ ± ۰/۹۸	۵۴/۷۰-۵۵/۴۱
	پسر (۳۲ نفر)		۵۵/۳۹ ± ۰/۶۶	۵۵/۲۹-۵۵/۹۳
	دختر (۳۲ نفر)	۱۷-۱۶	۵۵/۱۰ ± ۰/۸۵	۵۵/۱۰-۵۵/۷۳
	پسر (۳۲ نفر)		۵۵/۴۰ ± ۰/۶۱	۵۵/۲۹-۵۵/۹۳
	دختر (۳۲ نفر)	۱۸-۱۷	۵۵/۴۱ ± ۰/۸۷	۵۵/۳۳-۵۵/۴۹
	پسر (۳۲ نفر)		۵۵/۵۴ ± ۰/۶۶	۵۵/۳۰-۵۵/۷۸
	دختر (۱۹۲ نفر)	۱۸-۱۲	۵۵/۳۲ ± ۰/۸۶	۵۵/۲۰-۵۵/۴۸
	پسر (۱۹۲ نفر)		۵۵/۴۹ ± ۰/۶۶	۵۵/۴۰-۵۵/۵۹
	دختر و پسر (۳۸۴ نفر)	۱۸-۱۲	۵۵/۴۱ ± ۰/۷۷	۵۵/۳۳-۵۵/۴۹

*سطح اطمینان برابر با ۹۵ درصد

http://jrrs.mui.ac.ir

معادله به دست آمده از متغیرهایی که بیشترین تأثیر بر مکان مرکز جرم را داشتند، طراحی شد که در آن نقش متغیر نسبت قد نشسته به قامت ایستاده بیشتر از دو متغیر دیگر (قامت ایستاده و قد نشسته) بود و بیانگر آن است که مرکز جرم، نسبتی از بخش‌های فوقانی به بخش‌های پایینی بدن را ارایه می‌دهد. همچنین، میانگین درصد مکان مرکز جرم نسبت به قامت ایستاده برای نوجوانان، ۵۵/۴۱ محاسبه گردید. مکان مرکز جرم دختران نسبت به پسران برای تمام رده‌های سنی نوجوانان اندکی پایین‌تر بود.

مطالعات اندکی در زمنیه محاسبه مرکز جرم با نمونه‌های اندک در گذشته انجام شده که بسیاری از آن‌ها بر روی افراد غیر عادی صورت گرفته است، اما تحقیق حاضر با نمونه قابل ملاحظه و با روش و ابزارهای دقیق‌تر، به محاسبه مرکز جرم افراد سالم پرداخت. عمده‌ترین مزیت بررسی حاضر نسبت به پژوهش‌های پیشین، تمرکز بر یافتن رابطه ساده برای تخمین مرکز جرم بدن می‌باشد که دیگر برای تعیین آن، به دستگاه‌ها و روش‌های دشوار مرسوم احتیاج نیست و به راحتی و به سرعت با فرمول تبیین شده در پژوهش حاضر قابل تخمین زدن می‌باشد.

در رابطه با برآورد مرکز جرم با االستفاده از معادله مرکز جرم در دوره‌های سنی از جمله ۱۲ تا ۱۸ سال، مطلبی در تحقیقات و کتب مشاهده نشد و بنابراین، موارد مشابهی برای مقایسه معادله با آن‌ها موجود نبود. فقط در مطالعه طاهریان و همکاران، معادلاتی برای کودکان ارایه گردید (۳۷) که به دلیل تفاوت در دوره سنی، با معادله حاصل از تحقیق حاضر متفاوت بود. می‌توان نتیجه گرفت که در گذار از دوره کودکی به نوجوانی، محل مرکز جرم بدن به پایین‌تر سوق داده می‌شود؛ چرا که در کودکان نسبت به نوجوانان، درصد بیشتری از وزن مربوط به بالاتنه است (۲۲). مطالب مختصری در رابطه با مقدار مرکز جرم در برخی موارد مشاهده شده است که در ادامه به مقایسه آن‌ها با مقادیر به دست آمده از بررسی حاضر پرداخته می‌شود.

دامنه تغییرات و متغیر بودن مرکز جرم به دست آمده در پژوهش حاضر با مقادیر بیان شده در مطالعه Payne و Isaacs (۲۶) همخوانی داشت. در تحقیق حاضر، مرکز جرم از ابتدای نوجوانی (۱۲ سالگی) تا انتهای نوجوانی (۱۸ سالگی)، روندی کاهشی را نشان داد و همبستگی تمام متغیرهای مستقل موجود در رابطه محاسبه مرکز جرم (قامت ایستاده، قد نشسته و قد نشسته به قامت ایستاده) با مرکز جرم منفی می‌باشد؛ بدین معنی که افزایش آن‌ها باعث می‌شود مرکز جرم به پایین رانده شود و این یافته با نتایج پژوهش Palmer (۲۴) همسو بود. Gambino و همکاران نیز در مطالعه خود، درصد ارتفاع مرکز جرم برای ترکیب هر دو جنس را ۵۵/۱۵ گزارش کردند و بیان نمودند که محل مرکز جرم، نزدیک به مرکز هندسی بدن، یعنی اندکی پایین‌تر از ناف قرار دارد (۲۹) که با نتایج بررسی حاضر مشابهت داشت.

Hamandi درصد ارتفاع مرکز جرم نسبت به قد را برای زنان ۵۵ درصد و برای مردان ۵۷ درصد عنوان کرد که میانگین بدون لحاظ نمودن جنسیت، ۵۶ درصد می‌باشد (۱۴) و در تحقیق حاضر میانگین بدون در نظر گرفتن جنسیت ۵۵/۴۱ درصد محاسبه گردید که این مقدار در دامنه نتایج پژوهش Hamandi (۱۴) قرار دارد و اختلاف موجود را می‌توان به دو عامل ارتباط داد؛ یکی این که دامنه سنی شرکت‌کنندگان در بررسی Hamandi علاوه بر نوجوانان، کودکان را در برداشت و دیگر این که به نظر می‌رسد با توجه به گزارش اعداد بدون اعشار او، دقت کافی در اندازه‌گیری وجود نداشته است (۱۴). Virmavirta و Isolehto با مقایسه سه روش مختلف (دو روش مبتنی بر قسمت‌بندی جسد و بدن و روش تخته واکنش) بر روی ۵۸ مرد، درصد ارتفاع مرکز جرم بدن نسبت به قامت را به ترتیب ۵۷/۰۳، ۵۶/۲۰ و۵۷/۶۰ گزارش و بیان نمودند که دقت روش تخته واکنش از دو روش دیگر بیشتر است (۱۳). اختلاف نتایج مطالعه Virmavirta و Isolehto (۱۳) با بررسی حاضر نه فقط به دلیل اختلاف در سن شرکت‌کنندگان، بلکه جنسیت آنان نیز عامل اختلاف نتایج بود. همچنین، تغییرات در عرض لگن و شانه در سنین بالاتر به وجود می‌آید (۲۲) که محل مرکز جرم دختران را نسبت به پسران به پایین‌تر سوق می‌دهد. در پژوهش حاضر، ترکیب مساوی از هر دو جنس حضور داشتند و به دلیل این که مرکز جرم دختران از پسران کمتر است، حضور آنان در تحقیق باعث شد که مقادیر به دست آمده کمتر از مقادیر ارایه شده در مطالعه Virmavirta و Isolehto (۱۳) باشد.

نتایج میانگین مرکز جرم در بررسی حاضر با نتایج پژوهش DePauw (۲۳) مطابقت نداشت. نتایج تحقیق حاضر در مورد کودکان حدود ۱درصد نسبت به نتایج DePauw (۲۳) کمتر می‌باشد. اختلاف دوره سنی دو مطالعه می‌تواند نقشی اساسی در وجود اختلاف بین نتایج داشته باشد. DePauw دامنه سنی ۱۱ تا ۱۸ سال را بررسی نمود (۲۳)، اما تحقیق حاضر بر روی شرکت‌کنندگان ۱۲ تا ۱۸ سال انجام گردید؛ چرا که در ۱۲ سالگی جهش نوجوانی در تغییرات قامت به خصوص در دختران مشهود می‌باشد. یکی از علل اختلاف را باید در حجم نمونه جستجو نمود؛ چرا که DePauw با ۱۰ نفر (۲۳) و پژوهش حاضر با ۳۸۴ نفر انجام شد که خطای نمونه‌گیری در مطالعه حاضر به علت بیشتر بودن حجم نمونه، کمتر بود.

از آن‌جایی که مرکز جرم انسان به توزیع جرم بخش‌های مختلف بدن در سراسر قامت وابسته است، هر گروه از اندیشمندان به دنبال یافتن مکان مرکز جرم در دوره سنی که علاقمند هستند، پرداخته‌اند، اما هم‌چنان اطلاعات کافی و جامع در مورد مکان مرکز جرم در نژادهای مختلف در دسترس نمی‌باشد. به طور مثال، برخی از پژوهشگران مقدار ۵۵/۶ درصد را برای میانگین مرکز جرم از تولد تا پایان دو سالگی به دست آورده‌اند که با مقدار به دست آمده در پژوهش حاضر برای نوجوانان همخوانی داشت، اما با توجه به متفاوت بودن جامعه، ابزار و حجم نمونه، نتیجه‌گیری برابر بودن مرکز جرم از تولد تا دو سالگی با مرکز جرم در دوره نوجوانی درست نمی‌باشد (۵). همچنین، در محاسبات مرکز جرم برای نوزادان تا دو سالگی، قامت به صورت خوابیده در معادلات قرار داده می‌شود؛ در حالی که در دوره‌های سنی پس از آن، قامت به شکل ایستاده مد نظر قرار می‌گیرد و قد در حالت خوابیده نسبت به قامت ایستاده بیشتر است (۳۸). بنابراین، یکسان بودن میانگین مرکز جرم از تولد تا دو سالگی نمی‌تواند با میانگین مرکز جرم در نوجوانی مطابق باشد. Swearingen گزارش نمود که مرکز جرم از ۶ تا ۱۱ سالگی (کودکی) به پایین و از ۱۱ تا ۱۸ سالگی (نوجوانی) به بالا سوق پیدا می‌کند (۲۵) که گفته او با تغییرات نشان داده شده در تحقیق حاضر مشابهت داشت.

محدودیت‌ها

با وجودی که اندازه‌گیری‌ها بین دو وعده غذایی صبحانه و نهار انجام گرفت، اما بر میزان مصرف نوشیدنی و مواد غذایی دانش‌آموزان و همچنین، فاصله زمانی از هنگام مصرف صبحانه کنترل وجود نداشت. بردن ابزار و وسایل و کالیبره نمودن آن‌ها در مدارس مختلف منتخب، از دیگر محدودیت‌های موجود بود. در تحقیق

http://jrrs.mui.ac.ir

حاضر به دلیل رعایت شئونات اخلاقی، اندازه‌گیری از دختران با پوشش سبک توسط خانم و از پسران توسط آقا انجام شد که ممکن است در ارایه مقادیر برای محاسبات، تفاوت اندکی به وجود آورده باشد. همچنین، با وجودی که روش تخته توزین استفاده شده در پژوهش محدود به سن، جنسیت و نژاد نمی‌باشد، معادلات ارایه شده تنها برای جامعه مورد بررسی قابلیت استفاده دارد و قابل تعمیم به دیگر دوره‌های سنی و مکان‌های جغرافیایی نیست. به دلیل این که فرمول ارایه شده در مطالعه حاضر با روش‌های آماری استخراج گردید، با وجود دقت مناسب، برای تخمین موقعیت مرکز جرم نوجوانان سالم کاربرد دارد و قابل استفاده برای افراد مبتلا به مشکلات ساختاری در قامت نمی‌باشد.

پیشنهادها

به منظور اجتناب از جابه‌جایی‌های مکرر ابزار و وسایل، پیشنهاد می‌گردد تحقیقات مشابه در صورت امکان در مکان ثابتی انجام شود و دانش‌آموزان منتخب در ساعات مشابه و مشخص به آن مکان فراخوانده شوند. همچنین، بهتر است در پژوهش‌های دیگر، مواد غذایی و نوشیدنی از نظر وزنی یکسان و در فاصله زمانی مشخص و مشابه، از طرف تیم تحقیق در نظر گرفته شود.

به دلیل اختلاف احتمالی در ارایه اندازه‌گیری توسط خانم و آقا، پیشنهاد می‌شود به جای پوشش سبک، دختران و پسران از پوشش کامل و یک بار مصرف، مطابق با الزامات کشور به صورت یکسان استفاده نمایند تا آزمونگرهای آقا و خانم بتوانند با هم به ثبت اندازه‌ها از هر دو جنس بپردازند.

از آن‌جایی که محل مرکز جرم بدن انسان به توزیع قامت و جرم بدن، در دو نیمه بالایی و پایینی بدن قرار دارد، پیشنهاد می‌گردد در دیگر جوامع، نژادها و قومیت‌ها نیز معادله‌ای به منظور تخمین مکان مرکز جرم بدن انسان ارایه شود. همچنین، بهتر است برای دیگر رده‌های سنی، از نوزادی تا کهنسالی نیز معادلاتی مشابه با تحقیق حاضر معرفی و میانگین مرکز جرم آنان محاسبه شود تا بتوان نمودار جامعی از تغییرات مرکز جرم در کل طول زندگی رسم نمود.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده برای معرفی مدل رگرسیون مورد استفاده در مطالعه حاضر، به نظر می‌رسد معادله تبیین شده به خوبی و با دقت مناسب می‌تواند برای تخمین مرکز جرم نوجوانان، جایگزین دیگر روش‌ها و ابزارهای رایج باشد و پژوهشگران، مربیان و طراحان را به استفاده از این معادله ترغیب سازد؛ چرا که از این پس به دستگاه‌های خاصی که در برخی موارد استفاده از آن‌ها سخت، وقت‌گیر و هزینه‌بر می‌باشد، نیاز نیست و تنها با دانستن قد، قد نشسته و نسبت قد نشسته به قامت ایستاده هر نوجوانی در فاصله سنی ۱۲ تا ۱۸ سال در جامعه پژوهش مورد بررسی، به آسانی می‌توان موقعیت مرکز جرم را برآورد نمود.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از رساله مقطع دکتری تخصصی رفتار حرکتی با شماره ۸۰۲ و کد اخلاق IR.SSRI.REC.1397.244، مصوب معاونت پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران می‌باشد. بدین وسیله از معاونت پژوهش اداره کل آموزش و پرورش استان اصفهان و کلیه دانش‌آموزان و مدیران مدارسی که در اجرای این تحقیق مساعدت نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید. همچنین، از سرکار خانم ناهید محمدی که در انجام اندازه‌گیری‌های مربوط به دختران شرکت‌کننده همکاری کردند، سپاسگزاری می‌گردد.

نقش نویسندگان

اکبر طاهریان، طراحی مطالعه تحلیل و تفسیر داده‌ها، تنظیم و بازبینی دست‌نوشته نگارش شده با ارایه نظر تخصصی، تأیید محتوای نسخه نهایی دست‌نوشته برای ارسال، فراهم کردن تجهیزات و نمونه‌های مطالعه، جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و تفسیر نتایج، خدمات تخصصی آمار، مسؤولیت حفظ یکپارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران، معصومه شجاعی، طراحی مطالعه تحلیل و تفسیر داده‌ها، تنظیم و بازبینی دست‌نوشته نگارش شده با ارایه نظر تخصصی، تأیید محتوای نسخه نهایی دست‌نوشته برای ارسال، افخم دانشفر، طراحی مطالعه تحلیل و تفسیر داده‌ها، تنظیم و بازبینی دست‌نوشته نگارش شده با ارایه نظر تخصصی، تأیید محتوای نسخه نهایی دست‌نوشته برای ارسال، مریم شریف‌دوست، طراحی مطالعه تحلیل و تفسیر داده‌ها، تنظیم و بازبینی دست‌نوشته نگارش شده با ارایه نظر تخصصی، تأیید محتوای نسخه نهایی دست‌نوشته برای ارسال، تحلیل و تفسیر نتایج، خدمات تخصصی آمار، مسؤولیت حفظ یکپارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران را بر عهده داشتند.

منابع مالی

مطالعه حاضر برگرفته از رساله مقطع دکتری با شماره ۸۰۲، مصوب معاونت پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران می‌باشد. دانشگاه آزاد اسلامی در جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و گزارش آن‌ها، تنظیم دست‌نوشته و تأیید نهایی مقاله برای انتشار اعمال نظری نداشته است.

تعارض منافع

هیچ یک از نویسندگان دارای تعارض منافع نمی‌باشند. اکبر طاهریان دانش‌آموخته مقطع دکتری تخصصی رشته رفتار حرکتی، ورودی مهر ماه سال ۱۳۹۳ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران می‌باشد. معصومه شجاعی و افخم دانشفر، دانشیار رفتار حرکتی دانشگاه الزهرا (س) می‌باشند که به ترتیب استاد راهنما و مشاور اول بودند. همچنین، مریم شریف‌دوست استادیار گروه آمار و ریاضی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی‌شهر می‌باشد که مشاور دوم بود.

References

1. Rahmati S. Comparison of the main anthropometric, biomechanical, physiological, psychological and musculoskeletal parameters in 16-18 years old girls [Thesis]. Tehran, Iran: School of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University; 2011. [In Persian].
2. Oliveira R, Roriz P, Marques MB, Frazao O. Center of gravity estimation using a reaction board instrumented with fiber Bragg gratings. Photonic Sensors 2018; 8(1): 1-6.

3. Mapelli A, Zago M, Fusini L, Galante D, Colombo A, Sforza C. Validation of a protocol for the estimation of three-dimensional body center of mass kinematics in sport. Gait Posture 2014; 39(1): 460-5.
4. Letcher R. Biomechanical modeling of the human body for application to wheelchair seating systems [Honors Thesis]. Columbus, OH: The Ohio State University; 2016.
5. Swearingen JJ, Badgley JM, Braden GE, Wallace TF. Determination of centers of gravity of infants. Washington, DC: Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine; 1969.
6. Clauser CE, McConville JT, Young JW. Weight, Volume, and Center of Mass Segments of the Human Body. J Occup Environ Med 1971; 13(5): 270.
7. Betker AL, Moussavi Z, Szturm T. Center of mass function approximation. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2004; 1: 687-90.
8. Schepers HM, van Asseldonk EH, Buurke JH, Veltink PH. Ambulatory estimation of center of mass displacement during walking. IEEE Trans Biomed Eng 2009; 56(4): 1189-95.
9. Venture G, Ayusawa K, Nakamura Y. Real-time identification and visualization of human segment parameters. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2009; 2009: 3983-6.
10. Caron O, Faure B, Breniere Y. Estimating the centre of gravity of the body on the basis of the centre of pressure in standing posture. J Biomech 1997; 30(11-12): 1169-71.
11. Espiau B, Boulic R. On the computation and control of the mass center of articulated chains. Paris, France: French Institute for Research in Computer Science and Automation; 1998. p. 1-39.
12. Bonnet V, Gonzalez A, Azevedo-Coste C, Hayashibe M, Cotton S, Fraisse P. Determination of subject specific whole-body centre of mass using the 3D Statically Equivalent Serial Chain. Gait Posture 2015; 41(1): 70-5.
13. Virmavirta M, Isolehto J. Determining the location of the bodys center of mass for different groups of physically active people. J Biomech 2014; 47(8): 1909-13.
14. Hamandi F. Design a model for human body to determine the center of gravity. Proceedings of the 1st National Conference for Iraqi Women; 2012; Dec 12-13; Baghdad, Iraq.
15. Saini M, Kerrigan DC, Thirunarayan MA, Duff-Raffaele M. The vertical displacement of the center of mass during walking: a comparison of four measurement methods. J Biomech Eng 1998; 120(1): 133-9.
16. Eames MHA, Cosgrove A, Baker R. Comparing methods of estimating the total body centre of mass in three-dimensions in normal and pathological gaits. Hum Mov Sci 1999; 18(5): 637-46.
17. Sasaki S, Nagano Y, Kaneko S, Imamura S, Koabayshi T, Fukubayashi T. The relationships between the center of mass position and the trunk, hip, and knee kinematics in the sagittal plane: a pilot study on field-based video analysis for female soccer players. J Hum Kinet 2015; 45: 71-80.
18. Chong R. Approximation of the CoM Estimate. J Exerc Sports Orthop 2014; 1(2): 1-3.
19. Jaffrey MA. Estimating centre of mass trajectory and subject-specific body segment parameters using optimisation approaches [PhD Thesis]. Footscray, Australia: Victoria University; 2008.
20. Gonzaez A, Hayashibe M, Fraisse P. Estimation of the center of mass with Kinect and Wii balance board. Proceedings of 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems; 2012 Oct 7-12; Vilamoura, Algarve, Portugal.
21. Pearsall DJ, Reid JG, Livingston LA. Segmental inertial parameters of the human trunk as determined from computed tomography. Ann Biomed Eng 1996; 24(2): 198-210.
22. Dyson GHG. The mechanics of athletics. 3rd ed. London, UK: University of London Press; 1964.
23. DePauw KP. Total body mass centroid and segmental mass centroid locations found in Down's syndrome individuals. Adapt Phys Activ Q 1984; 1(3): 221-9.
24. Palmer CE. The center of gravity in the developmental period of man. Anatomical Records 1929; 31-42.
25. Swearingen JJ. Determination of centers of gravity of man. Rep Civ Aeromed Res Inst US 1962; 62(14): 1-37.
26. Payne VG, Isaacs LD. Human motor development: A lifespan approach. 8th ed. New York, NY: McGraw-Hill; 2011.
27. Brewer C. Athletic movement skills: Training for sports performance. 1st ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2017. p. 46.
28. Gabbard C. Lifelong motor development. 6th ed. San Francisco, CA: Benjamin Cummings; 2011. p. 109-464.
29. Gambino S, Mirochnik M, Schechter S. Center of mass of a human. In: Elert G, editors. The physics Factbook [Online]. Available from: URL: https://hypertextbook.com/facts/2006/centerofmass.shtml
30. Singh AS, Masuku MB. Sampling techniques and determination of sample size in applied statistics research: An overview. Int J Economics Commerce Manag 2014; 2(11): 1-22.
31. Azar A, Khadivar A. Application of multivariate statistical analysis in management. Tehran, Iran: Negah-e Danesh Publications; 2014. p. 488-73. [In Persian].
32. Bundak R, Bas F, Furman A, Gunoz H, Darendeliler F, Saka N, et al. Sitting height and sitting height/height ratio references for Turkish children. Eur J Pediatr 2014; 173(7): 861-9.
33. Xi H, Chen Z, Li W, Wen Y, Zhang H, Xiao Y, et al. Chest circumference and sitting height among children and adolescents from Lhasa, Tibet compared to other high altitude populations. Am J Hum Biol 2016; 28(2): 197-202.
34. Kargarzadehravri F. 7 reasons for kyphosis. Iransalamat. [Online]. [cited 2012 Sep 20]; Available from: http://www.forum.iransalamat.com [In Persian].

35. Saadat F. Treatment of Genu Valgum. Momtaznews [Online]. [cited 2018 Nov 9]; Available from: http://www.momtaznews.com. [In Persian].
36. Salamat News. Reasons to add weight during menstruation [Online]. [cited 2016 Sep 8]; Available from: URL: http://www.salamatnews.com/news/190228.
37. Taherian A, Shojaei M, Daneshfar A, Sharifdoust M. Introducing a model for determining the center of mass in children aged 6 to 12 in Isfahan. J Sport Biomech 2018; 3(4): 5-15. [In Persian].
38. Taherian A, Shojaei M, Daneshfar A, Sharifdoust M. A study on the selected anthropomorphic characteristics of girls and boys in childhood and adolescence. J Res Rehabil Sci 2017; 13(3): 162-70. [In Persian].

DOI: 10.22122/jrrs.v13i6.3063 Published by Vesnu Publications

Calculating the Center of Mass, and Introducing its Pattern of Changes for Adolescents in Format of Equations

Akbar Taherian[1], Masoumeh Shojaei[2], Afkham Daneshfar[2], Maryam Sharifdoust[3]

Original Article

Abstract

Introduction: The center of mass is one of the most important features of the physical structure of the people, which is used in the balance tasks, screening in order to study the physical illnesses, talent acquisition, and designing safety and training devices. The aim of this study was to determine the center of mass, and investigating its changes in adolescents, to ultimately provide a fundamental, applied, and appropriate model based on the most important physical factors affecting it.

Materials and Methods: Among 161134 adolescent students aged 12 to 18 years in Isfahan City, Iran, 384 adolescents were selected through cluster sampling. Height information in lying, standing, and sitting positions, was measured using standard meter, and mass of subjects was determined with a scale, as well as the center of mass with a measurement device based on the torque principles. The most important factors affecting the center of mass were identified using stepwise multivariate regression method, according to the necessary assumptions.

Results: Sitting height to stature ratio, stature height, and sitting height were the most important factors predicting the center of mass in adolescents ($P < 0.001$). The average ratio of height of the center of mass to stature was calculated as 55.41% for adolescents.

Conclusion: A model in the form of a formula was presented to estimate the center of mass of adolescents. This is a very good alternative to estimate the center of mass, rather than using hard, time-consuming, and expensive methods.

Keywords: Body height, Students, Torque, Regression analysis

Citation: Taherian A, Shojaei M, Daneshfar A, Sharifdoust M. **Calculating the Center of Mass, and Introducing its Pattern of Changes for Adolescents in Format of Equations.** J Res Rehabil Sci 2017; 13(6): 341-9.

Received date: 16.12.2017 Accept date: 11.01.2018

1- PhD, Department of Physical Education and Sports Sciences, School of Literature, Humanities and Social Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Associate Professor, Department of Motor Behavior, School of Physical Education and Sports Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran
3- Assistant Professor, Department of Statistics and Mathematics, School of Engineering, Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
Corresponding Author: Masoumeh Shojaei, Email: m.shojaei@alzahra.ac.ir