

علوم زیستی ورزشی - پاییز ۱۳۸۹
شماره ۶ - ص ص : ۱۳۵ - ۱۱۷
تاریخ دریافت : ۸۹ / ۰۶ / ۱۳
تاریخ تصویب : ۹۰ / ۱ / ۱۵

برآورد درصد چربی بدن از طریق توزین زیر آب و اندازه‌های محیط بدن و ارائه معادلات در دانشجویان پسر

حسین مجتهدی^۱ - روح اله خادئی بادی - محمد بهرامی - سیدمحمد مرندی - وازگن میناسیان -

احمدرضا موحدی - شهرام لنجان نژادیان

استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی دانشگاه اصفهان، کارشناس ارشد گروه فیزیولوژی ورزشی دانشگاه اصفهان، استادیار گروه آمار دانشگاه اصفهان، دانشیار گروه فیزیولوژی دانشگاه اصفهان، استادیار گروه فیزیولوژی دانشگاه اصفهان، استادیار گروه رفتار حرکتی دانشگاه اصفهان، استادیار گروه بیومکانیک دانشگاه اصفهان

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، برآورد درصد چربی بدن از طریق محیط بخش‌های مختلف بدن با استفاده از چگالی سنجی توزین زیر آب به‌عنوان روش معیار و ارائه معادلات مربوط به آن بود. به این منظور ۱۵۸ نفر از دانشجویان پسر دانشگاه اصفهان (سن ۲۱/۶ سال، قد ۱۷۴ سانتی‌متر، وزن ۶۹ کیلوگرم، ۱۵/۶۱ درصد چربی بدن و شاخص توده بدنی ۲۲/۵) به صورت تصادفی انتخاب شدند و پس از تکمیل پرسشنامه سوابق پزشکی، آزمون‌های پژوهش را اجرا کردند. چگالی بدن از طریق توزین زیر آب به‌دست آمد. حجم باقی‌مانده از طریق معادله برآورد شد. قد، وزن و محیط اندام‌ها در هشت نقطه از بدن اندازه‌گیری شد. از طریق ضریب همبستگی پیرسون و معادلات رگرسیون خطی و به روش گام‌به‌گام، پنج معادله توسعه ارائه شد. مقدار ضرایب همبستگی بین وزن و محیط اندام‌ها و آزمون معیار قابل قبول و زیاد و برای ترسیم معادله مناسب بود. دو معادله از پنج معادله‌ای که ضریب تعیین بالاتری داشتند، عبارتند از :

متغیر وابسته	معادله	r	r ²	SEE
مقدار توده بدون چربی بدن به کیلوگرم	$TBF(kg) = 5/924 + (655 * W) - (490 * LA) + (302 * CC) + (197 * HC)$	۰/۹۰۱	۰/۸۱۲	۲/۶۰۴۳۸
مقدار توده بدون چربی بدن به کیلوگرم	$TBF(kg) = 2/413 + (358 * W) - 1/03 * (LA) 2 + (0.98 * SCCAUA) + 1/01 * (CC)2$	۰/۹۰۴	۰/۸۱۸	۲/۵۲۴۷۸

W = وزن ، LA = محیط پایین شکم، CC = محیط سینه، HC = محیط باسن، SCCAUA = جمع محیط سینه و بالای شکم

واژه های کلیدی

محیط اندام‌ها، درصد چربی بدن، ترکیب بدنی، توزین زیر آب.

مقدمه

در جوامع امروزی، چاقی مشکل جدی محسوب می شود و در برنامه های تندرستی جوامع به عنوان یکی از مهم ترین موضوعات طب پیشگیری مطرح است. کم تحرکی، ماشینی شدن زندگی روزمره، تغذیه نامطلوب به ویژه استفاده از غذاهای آماده و موارد دیگر، از عوامل مؤثر در بروز اضافه وزن و چاقی است. پژوهش ها نشان می دهد که بین چاقی و بسیاری از بیماری ها مانند دیابت، بیماری های قلبی - عروقی، انواع سرطان و بسیاری دیگر از بیماری ها، ارتباط مثبت و زیادی وجود دارد (۲۲،۲۵). در پژوهش های میدانی بین شاخص توده بدن (BMI) و بیماری هایی چون دیابت، بیماری های قلبی و بیماری سنگ کیسه صفرا همبستگی مثبت و زیادی مشاهده شده است (۱۲،۱۳). نتایج این گونه پژوهش ها کنترل وزن و داشتن وزن مطلوب را برای تندرستی جوامع ضروری می داند. پژوهش ها نشان می دهد که در جوامع صنعتی و پیشرفته و حتی در جوامع در حال توسعه، اضافه وزن و چاقی یکی از مشکلات تندرستی است و درصد زیادی از افراد از چاقی رنج می برند (۱،۱۶). از سوی دیگر، دستیابی به وزن مطلوب در موفقیت های ورزشی اهمیت دارد و ورزشکاران و مربیان سعی می کنند تا در تمرین و مسابقات به وزن مطلوب آن رشته دست یابند. درصد مطلوب چربی بدنی در رشته های مختلف ورزشی و در میان ورزشکاران این رشته ها متفاوت است. برای مثال درصد چربی شناگران و بازیکنان هندبال از درصد چربی بدنی کشتی گیران بیشتر است و مقادیر بسیار بیشتری در میان پرتاب کنندگان مشاهده شده است (۳،۲۳).

سازمان های بهداشتی در سطح جهان مقادیر مطلوب درصد چربی بدنی را برای زنان و مردان براساس پژوهش های انجام گرفته تعیین کرده اند. متوسط درصد چربی بدن برای مردان ۱۵ و برای زنان ۲۳ درصد است (۱۴). اگر درصد چربی بدن از حد معینی فراتر رود، افراد در معرض بیماری قرار می گیرند. این محدوده برای مردان ۲۵ درصد و بیشتر و برای زنان ۳۲ درصد و بیشتر است. کم بودن مقدار چربی نیز شخص را در معرض خطر بیماری های خاص دیگری قرار می دهد که کمترین آن برای مردان ۵ درصد و کمتر و برای زنان ۸ درصد و کمتر است (۱۳،۲۲).

با توجه به شناخت انسان از مقادیر مطلوب درصد چربی بدن، مؤسسات پژوهشی در بیشتر کشورهای جهان به ویژه جوامع صنعتی و پیشرفته، روش هایی را برای اندازه گیری درصد چربی بدن ابداع کرده اند. اندازه گیری دقیق ترکیب بدن نقش بسیار مهمی در تعیین درصد چربی افراد عادی و ورزشکاران دارد. امروزه اغلب از روش

دوجزیی یعنی بخش‌بندی وزن بدن به وزن چربی و وزن بدون چربی استفاده می‌شود. این روش براساس یافته‌های چگالی‌سنجی زیر آب پیشنهاد شده است. اندازه‌گیری درصد چربی بدن و بافت چربی از طریق توزین بدن در زیر آب، به‌عنوان معیار طلایی و آزمون معیار برای اعتباریابی دیگر روش‌های ساده‌تر قلمداد می‌شود (۹،۱۷). روش‌های اندازه‌گیری دیگری نیز برای برآورد ترکیب بدنی وجود دارد. رادیوگرافی، فراصوت، عکسبرداری از سطوح چربی بدن، مقاومت بیوالکتریکی، اندازه‌گیری سطح پتاسیم، سنجش جذب انرژی دوگانه اشعه X، روش‌های پیچیده و گران‌قیمتی‌اند که در پروژه‌های پژوهشی آزمایشگاهی به‌کار می‌روند و امکان استفاده از آنها در پروژه‌های پژوهشی میدانی و جمعیت‌های بزرگ امکان‌پذیر نیست. در سال‌های اخیر پژوهشگران روش‌های ساده‌تری را برای برآورد ترکیب بدنی ابداع کرده‌اند. برخی از این روش‌ها مانند شاخص توده بدنی دقت زیادی نداشته و محدودیت‌هایی در دقت اندازه‌گیری دارند. برخی دیگر مانند اندازه‌گیری چین پوستی نواحی مختلف بدن و همچنین روش اندازه‌گیری محیط و ابعاد اندام‌ها، دقت زیادی دارند و به‌سادگی می‌توان آنها را اجرا و در جمعیت‌های بزرگ از آنها استفاده کرد. این روش‌ها از طریق آزمون‌های معیار مانند چگالی‌سنجی بدن از طریق توزین زیر آب یا رادیوگرافی و روش فراصوت (اولترا سوند) اعتباریابی می‌شوند (۲۸).

عوامل متعددی مانند نژاد، تغذیه و ویژگی‌های وراثتی بر ترکیب بدنی مؤثراند و توزیع چربی زیر پوستی و چربی بخش‌های داخلی بدن در نژادها و جوامع بشری متفاوت است. از این رو استفاده از معادلات کشورهای دیگر که با ویژگی‌های نژادی و جغرافیایی ویژه آن جمعیت‌ها اعتباریابی شده، برای ایرانیان یا دیگر جوامع با خطا همراه است. یکی از روش‌های ساده برای برآورد درصد چربی بدن یا وزن خالص چربی بدن، استفاده از اندازه‌های مربوط به محیط نواحی خاصی از اندام‌های فوقانی، تحتانی و تنه است که همبستگی زیادی با درصد چربی بدن دارد. استفاده از معادلات مربوط به محیط اندام‌ها بین $2/5 \pm$ تا $4 \pm$ درصد نسبت به وزن‌کشی زیر آب خطا دارد (۶،۷).

در بسیاری از کشورهای جهان برای برآورد درصد چربی بدن معادلاتی برای زنان و مردان نژادهای مختلف و در رده‌های سنی توسعه داده شده است. در کشور ایران تنها در پژوهش مجتهدی و کریمی (۱۳۸۸) که با دانشجویان پسر دانشگاه اصفهان انجام گرفت، معادلاتی با استفاده از چین پوستی نواحی مختلف بدن ارائه شد

(۲). یکی از این معادلات که همبستگی زیادی با چربی کل بدن داشت و در میان دانشجویان پسر دانشگاه اصفهان اعتباریابی شده و ضریب اعتبار آن $r = 0/9$ گزارش شده، در زیر آمده است:

$$TBF (kg) = -4/66 + 0/136 (\text{ناحیه شکم}) + 0/33 (\text{ناحیه ساق پا}) + 0/448 (BMI)$$

در این معادله چین پوستی ناحیه شکم، ناحیه ساق پا و شاخص توده بدن (BMI)، شاخص‌های مورد اندازه‌گیری است. این معادله برای پسران سنین دانشگاهی ایرانی معتبر است.

مانوئل رامیرز و همکاران^۱ (۲۰۰۶) با استفاده از توزین زیر آب به عنوان آزمون معیار، معادلاتی را برای برآورد درصد چربی بدن زنان و مردان ۱۸ تا ۵۶ سال با استفاده از محیط اندام‌ها و ضخامت چین پوستی ارائه کرده‌اند (۲۸). این معادلات عبارتند از:

$$+ (0/352 * \text{چین پوستی سه سر}) + (2/32 * \text{قد}) + (0/714 * \text{وزن}) - 90/644 = \text{درصد چربی بدن مردان}$$

$$+ (1/076 * \text{محیط ساعد}) + (2/78 * \text{محیط ساق پا}) + (2/87 * \text{محیط ران}) + (0/977 * \text{محیط شکم}) + (0/195 * \text{چین پوستی شکم})$$

$$+ (1/045 * \text{محیط ساق پا}) + (1/045 * \text{محیط دور شکم}) + (0/439 * \text{وزن}) - 64/238 = \text{درصد چربی مردان}$$

آنی پاکستون و همکاران^۲ (۱۹۹۸) معادلاتی را برای تغییرات وزن زنان باردار ابداع کردند (۳۴). وان در جی پلوگ^۳ (۲۰۰۳)، معادلاتی را برای مردان ۱۹ تا ۵۹ سال ارائه دادند و از محیط اندام‌ها در ناحیه شکم، ران و عرض اندام‌ها در ناحیه بازو و ران استفاده کردند. یکی از محدودیت‌های کار آنها، تعداد آزمودنی‌های پژوهش بود (۳۲) (n=۷۵). دی کی دی و همکاران^۴ (۲۰۰۳) ترکیب بدنی زنان سالمند سوئدی را با استفاده از روش بیوالکتریک اندازه‌گیری و معادلاتی را ارائه کردند (۱۱). محققان دیگری همچون بال اس دی و همکاران^۵

1 - Manuel Ramirez et al

2 - Ane Paxton et al

3 - Van der ge Ploeg

4 - Dey Dk et al

5 - Ball, Sd et al

(۲۰۰۴)، آدا، ال، گارسیا و همکاران^۱ (۲۰۰۵) برای زنان و مردان آلمانی، کاشیش گوئل و همکاران^۲ (۲۰۰۷) برای بومیان آسیایی، نایلی ماسیاس و همکاران^۳ (۲۰۰۷) برای بزرگسالان مکزیکی و تری ال دوپلر^۴ (۲۰۰۰) برای مردان مسن معادلاتی را توسعه داده‌اند (۵،۸،۱۵،۷،۳۱).

کی سایتو و همکاران^۵ (۲۰۰۳) با توجه به اینکه اندازه‌گیری چین پوستی کشتی‌گیران سومو ژاپنی با خطا همراه است، معادلاتی را با استفاده از شاخص توده بدنی، و محیط اندام‌ها در ناحیه سینه، کمر، باسن، بازو، ساعد، ران برای کشتی‌گیران سومو توسعه دادند (۲۹). متوکی بوکرمن^۶ (۲۰۰۴) معادلاتی را برای قایق‌رانان مرد طریق اندازه‌گیری چین پوستی و محیط اندام‌ها توسعه داد (۲۱). می نوئل رامیرز^۷ (۲۰۰۶) نیز معادلاتی را برای زنان و مردان سالم ۱۸ تا ۵۶ سال با استفاده از محیط اندام‌ها ارائه داد (۲۸).

در ایران برای برآورد درصد چربی بدن از طریق محیط اندام‌ها و ابعاد بدن معادلاتی تدوین و پیشنهاد نشده است. تنها پژوهش مجتهدی و کریمی با استفاده از اندازه‌گیری چین پوستی نقاط مختلف بدن و آزمون معیار توزین زیر آب در دانشجویان پسر دانشگاه اصفهان اعتباریابی شده است. ذوالاکتاف و همکاران نیز در پژوهشی روایی هم عرض معادلات خارجی را بررسی کردند (۴)، درحالی‌که در بیشتر کشورها معادلاتی برای اندازه‌گیری و برآورد درصد چربی بدن به روش‌های ساده‌تر مانند اندازه‌گیری چین پوستی و محیط و اندام‌های بدن وجود دارد و برای جمعیت‌های مختلف مانند کودکان، بزرگسالان، زنان، مردان و حتی نژادهای متفاوت مانند سیاه‌پوستان، سفیدپوستان و ... معادلاتی ارائه شده است (۱۴، ۱۰، ۳).

1 - Garcia et al
2 - Kashish Goel et al
3 - Nayeli macias et al
4 - Terry L Dupler et al
5 - K Saito et al
6 - Matthew, K, Bokerman
7 - Manuel Ramirez

روش تحقیق

هدف از پژوهش حاضر، ارائه معادلاتی برای برآورد درصد چربی بدن از طریق اندازه‌گیری محیط نواحی ویژه‌ای از اندام فوقانی، تحتانی و تنه بود که با آزمون معیار توزین زیر آب همبستگی زیادی داشته باشند. جامعه آماری پژوهش ۲۲۵۰ نفر از دانشجویان پسر ساکن خوابگاه‌های دانشگاه اصفهان بودند که از میان آنها ۱۵۸ نفر به صورت تصادفی انتخاب شدند. در پژوهش‌های توصیفی، در اعتباریابی آزمون‌ها، باید تعداد آزمودنی‌ها بیش از صد نفر باشد. در برخی پژوهش‌ها تعداد آزمودنی‌ها کمتر از صد نفر بوده که از محدودیت‌های این گونه پژوهش‌ها محسوب می‌شود (۳۳، ۱۴، ۲۳). سلامت جسمانی آزمودنی‌ها از طریق پرسشنامه ۲۱ سؤالی که در آن سطح فعالیت بدنی، سلامت و نداشتن بیماری‌های چون آسم، دیابت، بیماری‌های قلبی و عروقی پرسیده شده بود ارزیابی شد.

طرح تحقیق

پس از انتخاب آزمودنی‌ها ابتدا قد، وزن و محیط اندام‌ها در هشت ناحیه از بدن (دور بازو، سینه، شکم در دو ناحیه، باسن، ران، ساق پا و مچ دست) با استفاده از متر پلاستیکی مخصوص و سپس وزن آنها در داخل آب اندازه گرفته شد. محیط اندام‌ها در نواحی ۱- دور بازو در قسمتی از بازو که بیشترین محیط را داشت، ۲- دور سینه در ناحیه نوک سینه، ۳- دور بالای شکم بین پایین جناغ و ناف، ۴- دور پایین شکم در سطح ناف، ۵- دور باسن در ناحیه‌ای که بیشترین محیط را داشت، ۶- دور ران در قسمت بالای ران که بیشترین محیط را داشت، ۷- دور ساق پا در ناحیه‌ای که بیشترین محیط را داشت و ۸- دور مچ دست در پایین استخوان ساعد اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری توزین زیر آب با استفاده از مخزن مخصوص که دارای صندلی و ترازو با دقت یک گرم بود، انجام گرفت و مراحل اجرای آن به این صورت بود که از آزمودنی‌ها خواسته شد تا ۱۲ ساعت قبل از آزمون فعالیت ورزشی نداشته باشند و صبحانه سبکی میل کنند. قبل از وزن‌کشی به دستشویی رفتند و مدفوع و ادرار و گازهای روده را دفع کردند. سپس با مواد شوینده سر و بدن خود را شستند و با بدن خیس و مایوی پلاستیکی مخصوص که قبلاً تهیه شده بود، در داخل مخزن آب قرار گرفتند و با بازدم بسیار عمیق بدن خود را زیر آب

می‌بردند و چند ثانیه بی‌حرکت ماندند تا وزنشان ثبت شود. این عمل سه بار به صورت آزمایشی و سپس ۶ تا ۸ بار وزن‌کشی زیر آب انجام گرفت. از بین میانگین سه وزن‌کشی که بیشترین مقدار را به کیلوگرم نشان می‌داد، ملاک وزن زیر آب تعیین شد. چگالی بدن و درصد چربی بدن از طریق معادلات زیر برآورد شد:

وزن بدن در خارج آب

$$\text{چگالی بدن} = \frac{\text{وزن بدن در داخل آب} - \text{وزن بدن در خارج آب}}{\text{حجم باقی مانده (100 ml)}} - \text{چگالی آب در دمای ویژه}$$

وزن بدن در داخل آب - وزن بدن در خارج آب

$$\text{چگالی آب در دمای ویژه} - \text{حجم باقی مانده (100 ml)}$$

$$\text{معادله سائری (4/5) - } \frac{4/95}{\text{چگالی بدن}} = \text{چربی بدن}$$

کلیه اندازه‌گیری‌ها صبح‌ها از ساعت ۱۰ تا ۱۲ انجام گرفت. حجم باقیمانده ریه از طریق معادله پیش‌بینی زیر انجام گرفت (۲۱، ۲۴).

$$RV = 3/477 - (سن) / 0.177 + (قد به اینچ) / 0.6858$$

یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر این بود که اندازه‌گیری حجم باقیمانده ریه روش مستقیم مانند رقیق‌سازی هلیوم و دیگر روش‌ها در آزمایشگاه‌های شهر اصفهان و حتی تهران امکان‌پذیر نبود. از این رو برآورد حجم باقیمانده ریه روش غیرمستقیم انجام گرفت. برخی پژوهشگران از معادله برآورد غیرمستقیم حجم باقی‌مانده استفاده کرده با خطای $\pm 1\%$ آن را قبول کرده‌اند (۱۷، ۲۳، ۲۲). با محاسبه چگالی بدن با استفاده از دامنه بالا و پایین حجم باقیمانده پیش‌بینی‌شده به وسیله معادله، مشاهده شد که چگالی محاسبه‌شده با تقریب ۵ هزارم تغییر می‌کند. برای مثال اگر حجم باقیمانده محاسبه‌شده از طریق معادل ۱۲۰۰ میلی‌لیتر بود، با قرار دادن مقادیر ± 200 میلی‌لیتر یعنی ۱۰۰۰ و ۱۴۰۰ میلی‌لیتر در معادله چگالی، تغییرات بسیار اندک و با تقریب ۵ هزارم بود که چشمگیر نیست. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از روش غیرمستقیم حجم باقیمانده خطای زیادی را به دنبال ندارد.

برای تجزیه و تحلیل آماری پژوهش از ضریب همبستگی پیرسون و تحلیل رگرسیون خطی چند متغیره استفاده شد. در پژوهش‌های برآورد ترکیب بدنی با استفاده از آزمون معیار از روش گام‌به‌گام استفاده می‌شود. در این پژوهش نیز از این روش استفاده شد. در این روش از بین متغیرهای موجود (BMI، وزن و اندازه‌های مربوط به محیط اندام‌ها) هر یک که بیشترین همبستگی را با متغیر وابسته (آزمون معیار توزین زیر آب برای چگالی‌سنجی) و کمترین همبستگی را با دیگر متغیرها داشته باشند، انتخاب می‌شود. در این پژوهش از ۵ مدل استفاده شد و مدلی پذیرفته شد که VIP آنها زیر عدد ۵ بود. مدلی‌هایی که VIP آنها به عدد یک نزدیک‌تر باشد، بهتر و قابل قبول‌ترند. از نرم‌افزار SPSS برای محاسبه رگرسیون چندمتغیری و روش گام‌به‌گام استفاده شد.

نتایج و یافته‌های تحقیق

جدول (۱) ویژگی‌های آزمودنی‌های تحت بررسی را نشان می‌دهد.

جدول ۱ - ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌های مورد بررسی در متغیرهای پژوهش

متغیر	\bar{X}	SD	متغیر	\bar{X}	SD
سن (سال)	۲۱/۸۵	۲/۲۲	چگالی بدن	۱/۰۶۳	۰/۰۱۰۶
قد (متر)	۱/۷۴	۶/۲	درصد چربی بدن	۱۶/۱	۴/۹۷
وزن در خشکی (کیلو گرم)	۶۹/۰۹	۷/۹	وزن چربی بدن (کیلو گرم)	۱۱/۳۰	۴/۲۸
وزن در زیر آب (کیلو گرم)	۲/۶۲	۰/۵۸	وزن توده خالص بدون چربی (کیلو گرم)	۵۷/۸۵	۵/۸۴

جدول ۲ اندازه‌های مربوط به محیط نواحی ویژه در اندام‌های فوقانی، تحتانی و تنه را نشان می‌دهد.

جدول ۲- شاخص‌های توصیفی اندازه‌های محیط اندام فوقانی، اندام تحتانی و تنه

متغیر	\bar{X}	SD	متغیر	\bar{X}	SD
دور سینه (Cm)	۹۲/۳	۵/۹۷	دور بازو (Cm)	۲۸/۱۹	۲/۳۵
دور بالای شکم (Cm)	۷۷/۸	۷/۸۹	دور مچ دست (Cm)	۱۶/۹۴	۰/۷۹
دور پائین شکم (Cm)	۸۸/۹۹	۶/۳۸	دور ساق پا (Cm)	۳۵/۷۹	۲/۲۸
دور باسن (Cm)	۹۳/۳۳	۵/۲۱	دور ران (Cm)	۵۳/۴۰	۳/۳۵

جدول ۳ مقادیر ضریب همبستگی بین توده خالص چربی بدن با اندازه‌های مربوط به محیط اندام‌ها را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار ضریب همبستگی بین چربی خالص بدن و نواحی بالای شکم، پایین شکم، باسن و وزن بدن است.

جدول ۳ - مقادیر ضریب همبستگی بین متغیرهای تحقیق (مقیاس وزن خالص چربی به کیلوگرم و دور اندام‌ها به سانتی‌متر)

متغیرها	دور بازو	دور مچ دست	دور سینه	دور بالای شکم	دور پایین شکم	باسن	ران	ساق	قد	وزن
وزن خالص چربی	۰/۴۷۵	۰/۲۸۵	۰/۴۶۴	۰/۶۳۲	۰/۷۴۶	۰/۶۲۲	۰/۵۷	۰/۵۵۶	۰/۲۷۶	۰/۷۰۸

انتخاب مدل قابل قبول

هدف مدل، پیش‌بینی مقدار چربی بدن به کیلوگرم، درصد چربی بدن و وزن خالص بدون چربی بود. پنج مدل برای پیش‌بینی آزمایش شد. در هر پنج مدل متغیرهای دور محیط پایین شکم، محیط دور سینه، محیط دور باسن و وزن به دلیل دارا بودن ضریب همبستگی قابل قبول با مقدار چربی بدن انتخاب شدند. معادلات براساس پنج مدل به‌طور جداگانه براساس رگرسیون چندمتغیری محاسبه شد. به دلیل پیچیدگی محاسبات آماری از ترسیم جداول و نمودارها خودداری شد. در محاسبات آماری ابتدا فرض نرمال بودن خطاهای هر یک از مدل‌ها بررسی و سپس مدل‌هایی انتخاب شد که ضریب همبستگی زیادی با مقادیر مربوط به درصد چربی بدن

داشتند. مدل‌هایی که مقادیر VIF بالاتر از ۵ داشتند، کنار گذاشته شد و مدل‌هایی که VIF آنها به عدد یک نزدیک‌تر بود، انتخاب شد.

محاسبات آماری ۵ مدل دارای جداول ویژه‌ای است. در اینجا مدل پنجم که دارای ضریب همبستگی بالا و VIP کمتری است ارائه می‌شود.

مشخصات مدل پنجم

جدول ۴ مشخصات مدل انتخابی پنجم را نشان می‌دهد.

جدول ۴ - مشخصات مدل انتخابی پنجم

VIF	Sig	T	Unstandardized Coefficients		مدل پنجم
			B	Std. Error	
		۰/۶۸۶	۲/۴۱۳	۳/۵۱۷	مقدار ثابت
۴/۰۰۴	۰/۰۰۰	۱۴/۰۹۲	۰/۳۵۸	۰/۰۲۵	جمع وزن
۳/۶	۰/۰۰۰	-۸/۳۲۷	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	توان دوم دور پایین شکم
۴/۸۱۱	۰/۰۰۰	۲/۷۲۶	۰/۰۹۸	۰/۰۳۶	جمع دور سینه و بالای شکم
۴/۷۵۶	۰/۰۰۰	۲/۵۹۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	توان دوم دور سینه

با توجه به مقادیر VIF در جدول که همگی کوچک‌تر از عدد ۵ هستند، پس مشکلی در زمینه همبستگی زیاد بین متغیرها که موجب افزایش واریانس و در نتیجه بی‌ثبات شدن برآوردها می‌شود، وجود ندارد. در جدول ۵ تحلیل واریانس در مدل پنجم آمده است.

جدول ۵ - تحلیل واریانس برای مدل پنجم

Sig.	F	Mean Square	DF	Sum of Squares	منابع
۰/۰۰۰	۱۷۱/۷۴۷	۱۰۹۴/۹۷۲	۴	۴۳۷۹/۹۱۰	Regression
		۶/۳۷۵	۱۵۳	۹۷۵/۲۹۹	Residual
			۱۵۷	۵۳۵۵/۲۰۹	Total

با توجه به اینکه هدف مدل پیش‌بینی مقدار توده بدون چربی بدن بود و معیارهای پیش‌بینی یک مدل ایده‌آل و خوب با توجه به داده‌ها در این مدل صدق می‌کند. این مدل قابل قبول‌ترین مدل در بین پنج مدل ارائه شده است. روش گام‌به‌گام انتخاب مدل در جدول ۶ دیده می‌شود.

جدول ۶ - خلاصه‌ای از گزینه‌های انتخاب شده در روش گام‌به‌گام در مدل انتخابی پنجم

مدل	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Dorbin Watson
الف	۰/۸۵۴	۰/۷۲۹	۰/۷۲۷	۳/۰۴۹	۱/۵۸۴
ب	۰/۸۸	۰/۷۷۵	۰/۷۷۲	۲/۷۸۹۵	
ج	۰/۸۹۸	۰/۸۰۷	۰/۸۰۳	۲/۵۹۲۱	
د	۰/۹۰۵	۰/۸۲	۰/۸۱۵	۲/۵۱۳۴۴	

الف- وزن

ب- مجموع وزن، توان دوم دور پایین شکم

ج- مجموع وزن، توان دوم دور پایین شکم، مجموع دور سینه و بالای شکم

د- مجموع وزن، توان دوم دور پایین شکم، مجموع دور سینه و بالای شکم، توان دوم دور سینه

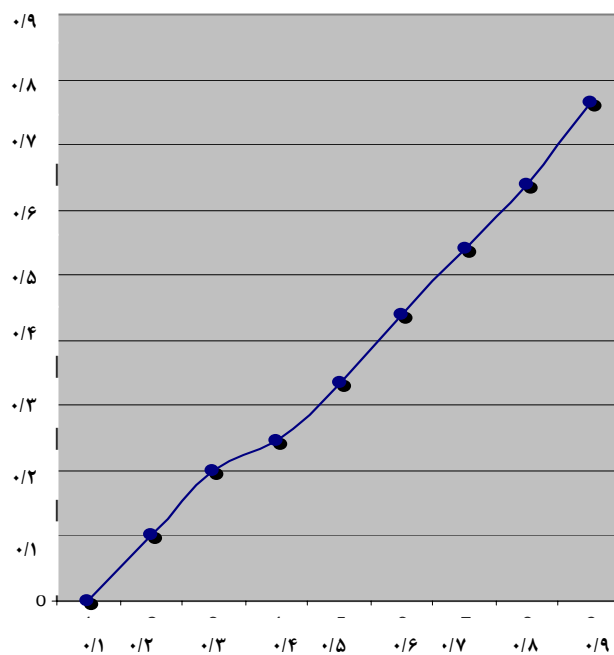
(متغیر وابسته مقدار توده بدون چربی بدن به کیلوگرم است.)

در روش گام‌به‌گام در مدل پنجم، چهار مدل به دست آمد که مدل چهارم که دارای بالاترین R Square است به عنوان مدل نهایی انتخاب شد.

$$FFM = (جمع محیط سینه و بالای شکم * ۰/۰۹۸) + ۲ (محیط پایین شکم) - ۰/۰۰۳ (وزن * ۰/۳۵۸) + ۲/۴۱۳$$

$$^2 (دور سینه) ۰/۰۰۱$$

فرض نرمال بودن خطاهای مدل با توجه به نمودار ۱ پذیرفته می‌شود.



نمودار ۱- فرض نرمال بودن خطاهای مدل

معادلات ارائه شده با استفاده از مدل‌ها در جدول ۷ دیده می‌شود. کلیه معادلات پنج گانه اعتبار زیادی دارند، ولی مدل‌های چهارم و پنجم با توجه به مقادیر I^2 و I بالا مناسب‌ترند. دو معادله اول مقدار چربی بدن را به کیلوگرم و سه معادله آخر مقدار توده بدن بدون چربی را به کیلوگرم اندازه‌گیری می‌کند. انتخاب این امر از سوی مدل انجام گرفته و به ضریب همبستگی و محاسبات رگرسیون چندمتغیری بستگی دارد.

جدول ۷ - معادلات پیشنهادی برای برآورد درصد چربی بدن

SEE	r ₂	r	معادله	متغیر وابسته
۲/۵۲۰۷	۰/۶۵۴	۰/۸۰۹	$TBF(kg) = - ۶/۴۸۰ + (۰/۴۵۹ * LA) + (۰/۳۵۲ * w) - (۰/۲۹۰ * CC) - (۰/۱۸۱ * HC)$	میزان چربی بدن به کیلوگرم
۲/۴۹۰۱	۰/۶۶۵	۰/۸۱۵	$TBF(kg) = ۱۱/۸۰۲ + (۰/۴۱۴ * LA) + (۰/۴۵۲ * w) - (۰/۳۱۷ * CC) - (۰/۲۰۲ * HC) - (۰/۰۹۹ * H)$	میزان چربی بدن به کیلوگرم
۲/۵۳۳۰۵	۰/۸۰۵	۰/۸۹۷	$TBF(kg) = ۱۴/۸۳۸ + (۰/۷۲۲ * w) - (۰/۴۱۶ * LA) + (۰/۲۹۱ * CC)$	میزان توده بدون چربی بدن به کیلوگرم
۲/۶۰۴۳۸	۰/۸۱۲	۰/۹۰۱	$TBF(kg) = ۵/۹۲۴ + (۰/۶۵۵ * w) - (۰/۴۹۰ * LA) + (۰/۳۰۳ * CC) + (۰/۱۹۷ * HC)$	میزان توده بدون چربی بدن به کیلوگرم
۲/۵۲۴۷۸	۰/۸۱۸	۰/۹۰۴	$TBF(kg) = ۲/۴۱۳ + (۰/۳۵۸ * w) - ۰/۰۰۳ * (LA)^2 + (۰/۰۹۸ * SCCAUA) + ۰/۰۰۱ * (CC)^2$	میزان توده بدون چربی بدن به کیلوگرم

W = وزن ، LA = محیط پایین شکم، CC = محیط سینه، HC = محیط باسن، SCCAUA = جمع محیط سینه و بالای شکم، H = قد

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که در دانشجویان پسر، نواحی ویژه‌ای در اندام‌ها، برآوردکنندهٔ بهتری نسبت به دیگر نواحی بدن هستند. نتایج پژوهش گویای آن است که نواحی دور باسن، دور پایین شکم، دور بالای شکم و وزن بدن در میان دانشجویان پسر دانشگاهی به طور مناسبی وزن خالص بدون چربی و وزن خالص چربی بدن را برآورد می‌کند. پژوهش‌های انجام گرفته در زمینهٔ موضوع تحقیق، نشان می‌دهد که توزیع چربی بدن در نژادها و جمعیت‌ها تفاوت دارد. راتول رامیرز و همکاران در معادلات خود از محیط ساق پا، قد، محیط بازو و محیط شکم استفاده کردند که نقطهٔ مشترک آن با پژوهش حاضر در محیط شکم است. جی کارلوس تران

و همکاران از دور بازو، ساعد، محیط بالای شکم، محیط پایین شکم، باسن و ساق پا و متئوکی بوکرمن برای برآورد درصد چربی بدن از دور سینه، دور کمر، دور باسن، دور بازو و ساعد استفاده کرد.

کی سایتو و همکاران معادلاتی را برای کشتی‌گیران سومو ژاپنی ارائه کردند که براساس محیط اندام و شاخص توده بدنی بود. آنها اظهار کردند که اندازه‌گیری ضخامت چین پوستی در ورزشکاران سومو مناسب نیست و اندازه‌گیری درصد چربی بدن در افراد چاق با استفاده از کالیپر دقت زیادی ندارد، ازاین رو بهتر است برای برآورد درصد چربی بدن در افراد چاق از محیط و ابعاد بدن استفاده شود (۷). به نظر می‌رسد که در نژادها، جمعیت‌ها، ورزشکاران، غیرورزشکاران، زنان، مردان، کودکان و بزرگسالان، نواحی خاصی از بدن ارتباط بیشتری با آزمون معیار دارد و معادلات ویژه‌ای باید برای گروه‌های مختلف توسعه داده شود (۱۸، ۱۹، ۳۰).

در این پژوهش از آزمون معیار توزین زیر آب برای برآورد چگالی بدن و درصد چربی بدن استفاده شد. بیشتر پژوهشگران برای توسعه معادلات جدید در جمعیت‌های ویژه از این آزمون که به معیار طلایی معروف شده استفاده می‌کنند. در این پژوهش ضرایب همبستگی قابل قبول و زیادی بین وزن چربی بدن و محیط اندام‌ها در نواحی خاصی از بدن به دست آمد که در مقایسه با ضرایب همبستگی به دست آمده در پژوهش‌های دیگر اعتبار زیادی دارد. تری ای دوپلر و همکاران (۲۰۰۰) با استفاده از توزین زیر آب برای مردان مسن ۶۵ تا ۸۱ سال ($n = 75$) چهار معادله با ضرایب تعیین $r^2 = 0/66$ برای برآورد چگالی بدن، $r^2 = 0/88$ برای برآورد توده خالص بدن، $r^2 = 0/9$ برای برآورد وزن چربی و $r^2 = 0/66$ برای برآورد درصد چربی بدن ارائه دادند. یکی از محدودیت‌های پژوهش دوپلر تعداد کم آزمودنی‌هاست. مقدار r^2 در پژوهش حاضر برای برآورد توده خالص بدن با مقادیر دوپلر و همکاران مشابه است. بوکرمن (۲۰۰۴) سه معادله را با استفاده از محیط اندام‌ها و توزین زیر آب توسعه داد. r^2 هر سه مدل به ترتیب $0/89$ ، $0/90$ و $0/91$ بود. بوکرمن نیز برای برآورد حجم باقیمانده از معادله برآورد حجم باقیمانده استفاده کرد.

در پژوهش حاضر پنج معادله ارائه شد که در سه معادله مقدار وزن چربی و در دو معادله توده بدون چربی برآورد شد که به سادگی می‌توان درصد چربی بدن را نیز محاسبه کرد. در پژوهش حاضر دقت برآورد مدل‌هایی که مقدار توده بدون چربی را اندازه می‌گیرند، بیشتر از دو معادله‌ای بود که مقدار چربی بدن را برآورد می‌کردند. امید است تا معادلات دیگری در جمعیت‌های مختلف مانند کودکان، بزرگسالان، افراد میانسال و در زنان و مردان در کشور

ایران توسعه داده شود تا پژوهشگران و کارشناسان بهداشتی بتوانند برآورد دقیق‌تری از مقدار چربی بدن در جمعیت‌های ویژه در کشورمان داشته باشند. همچنین با توجه به نقش تعیین‌کننده درصد چربی بدن در تندرستی جوامع و لزوم آگاهی از مقدار آن، ضرورت اجرای پروژه‌های پژوهشی مانند پژوهش حاضر اجتناب‌ناپذیر است و پژوهش‌های آینده می‌تواند معادلاتی را برای زنان باردار، افراد چاق، نژادهای مختلف ایرانی در رده‌های سنی مختلف ارائه دهد. معادلات ارائه‌شده در این پژوهش با استفاده از جمعیت دانشجویان پسر سنین دانشگاهی دانشگاه اصفهان توسعه داده شده و تنها برای ارزیابی درصد چربی بدنی دانشجویان پسر دانشگاه اصفهان مناسب است، ولی چون این دانشجویان از ساکنان خوابگاه دانشگاه که از استان‌های مختلف کشور بوده و به‌صورت تصادفی انتخاب شده بودند، از این رو با توجه به نبود یک معادله ویژه در کشور ما، می‌توان از آن برای برآورد درصد چربی بدنی دانشجویان پسر سنین دانشگاهی در دانشگاه‌های ایران استفاده کرد.

منابع و مأخذ

۱. رحمانی نیا، فرهاد؛ سعیدی، ته‌مین. (۱۳۷۹). "تعیین ارتباط بین برآورد درصد چربی بدن با نتایج اندازه‌گیری ابعاد بدن در زنان ورزشکار و غیرورزشکار". نشریه حرکت. شماره ۶ - پاییز ۱۳۷۹، ص: ۹۵-۱۰.
۲. کریمی، بیره‌ور؛ مجتهدی، حسین. (۱۳۸۸). "برآورد درصد چربی بدن از طریق ضخامت چربی زیر پوستی و توزین زیر آب به عنوان روش معیار و ارائه معادلات مربوطه". پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه اصفهان، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی.
۳. مجتهدی، حسین. (۱۳۸۶). "سنجش و اندازه‌گیری در تربیت بدنی"، دانشگاه اصفهان.
۴. ذوالاکتاف، وحید؛ مشرف، لیلی. (۱۳۸۲). "بررسی روایی هم‌عرض ۱۰ روش میدانی تخمین چربی برای زنان ورزشکار ایرانی". پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی.

5- *Ada L. Garcia, Karen Wagner, Torsten Hothorn, Corinna Koebnick, Hansjoachim F. zunft, and Ulrike Trippo (2005). "Improved Prediction of Body fat*

by *Measuring Skin fold Thickness, Circumferences, and Bone Breadths*". *Obesity research Vol. 13 No.P:3*.

6- *Aissaton dioum, agni's Gartner, Bernard Maier, Francis Delpuech and Salimata Wade (2005). "Body composition predicted from skin folds in African women: a cross-validation study using air-displacement plethysmography and a black-specific equation". British journal of Nutrition, 93, PP:973-979.*

7- *Bray GA. et al. Evaluation of body fat in fatter and Leaner 10 y-old African American and White children: An J clin Nutr 2001.*

8- *Ball, SD, TS Altena and PD Swan (2004). "Comparison of anthropometry to DXA: a new prediction equation for men". European journal of Clinical Nutrition 58, PP:1525-1531.*

9- *Brozek J. Densitometric "analysis of body Composition: Revision of some quantitative assumption". Ann New York Academy Sciences. 1963.*

10- *Carlos J Teran, Kenneth E Sparks, Linda M Quinn, Bernard Fernandez, Susanna H Kerrey, and Wi/jam P Steffen (1991). "Percent body fat in obese white females predicted by anthropometric measurements". Am j Cline Nutr; 53:7-13.*

11- *Day DK, Bosaeus I, Lissner L, Steen B (2003). "Body composition estimated by bioelectrical impedance in Swedish elderly". Development of population-based prediction equation and reference values of fat-free mass and body fat for 70 and 75-year oldster J Cline Nutr. Aug:57(8):PP:909-16.*

12- *Field AE, Coakley EH. Impact of overweight on the risk of developing common chronic diseases DURING A 10 YEARS PERIOD. Arch Intern Med (2001).*

13- *Gregg EW, Cheng YJ. "Secular trends in Cardiovascular disease risk Factors according to body mass index in us Adults". JAMA (2005).*

14- *Heward VH, wagner DR. "Applied Body Composition Assessment". Champaign IL: Human Kinetics, (2004).*

15- Kashish Goell, Nidhi Guptal, Anoop Misra, Pawan Poddar, Ravindra. Pandey, Naval K. Vikram, and Jasjeet S. Wasir. "Predictive Equations for Body fat and Abdominal fat with DXA and MRI as Reference in Asian Indians" (2008). *Obesity* 16, PP:451-456.

16- Kemink, S.A. Frijns, A. Hermus, G. F. Pieters, A. smals, W. D. Van marken Lichtenbeit (1999). "Body Composition Determined by Six Different Method in Women Bilaterally Adrenalectomized for Treatment of Cushing's Disease". *J Cline Endocrinal Me tab* 84: PP:3991-3999.

17- Lean ME, Han TS, Durenberger P. (1996). "Predicting body composition by densitometry from simple anthropometric measurements". *AM J Cline Nutr. Jan;* 63(1): PP:4-14.

18- Marinas Elea, Peter Batts, Diane M Jackson, and Jean Mulligan. (2007). "Fetal programming of body dimensions and percentage body fat measured in prepubertal children with a 4-component model of body composition, dual-energy X-ray absorptiometry, deuterium dilution, densitometry, and skin fold thicknesses". *American journal of Clinical Nutrition*, Vol. 86 No. 3, PP:618-624.

19- Jackson AS, Pollock ML. "Generalixed wquations for predicting body density of man". *Br j nutrition* 1978.

20- Jackson. As et al. "The effect of Sex, age and race on estimating percentage body mass index". *Int J obes* 2002.

21- Matthew K. Beckerman (2004). "Anthropometric Equation for Determining percent Body fat in Collegiate Male Rowers *Proceedings of the National Conferevce on undergraduate research (NCUR)*". Indiana University Purdue university Indianapolis, Indiana April. PP:15-17.

22- Mc Dowell, MA, Fryar CD. *Anthropometric reference data for Children and adults: U.S. population 2005*.

23- McArdle. D.W Katch, DW. Katch, I Frank: "Sports and exercise Nutrition". *Second edition. Lippincott Williams and Wilkins* (2004).

-
- 24- Macardle, D.W, Katch, I.F and Katch, LV: "Exercise physiology". Sixth edition. Loppincott Williams and Wilkins. (2007).
- 25- Morrow JR, Jackson AS: "Accuracy of measured and predicted residual volume on body density measurement". *Med Sci Sports Exere* (1986).
- 26- Nieman David. C. *Exercise Testing and Prescription, A Health related Approach. Six edition. NC Graw Hill.* (2007).
- 27- Neely Macias, Heliodor Aleman-Mateo, julian Esparza-Romero and mauro E Valencia (2007). "Body fat measurement by bioelectrical impedance and air displacement plethysmography": a cross-validation study to design bioelectrical impedance equations in Mexican adults. *Nutrition Journal.* 6:P:18.
- 28- Ramirez, zea M. Torun B Marmoreal R, Stein AD.(2006). "Anthropometric predictor of body fat as measured by hydrostatic weighing in quatemelan adults. *Am J Cline nutr*". Apr, 83(4), PP:795-802.
29. Saito, K., Nakaji, T., Shimoyama, K., Sugavara, Y. (2003). Development of predictive equations for body density of Sumo Wrestlers using B- Mode ultrasound for the determination of subcutaneous fat thickness. *Br J Sports Med*; 37: 144-148.
- 30- Siri WE. *Body Composition from fluid spaces and density: "Analysis of methods. In Brozek J. techniques for measuring Body Composition". Washington, DC: National A Cademy of science 1961.*
- 31-Terry L. Dupler and Homer Towson (2000). "Body Composition prediction Equations for elderly men. *Journal of Gerontology*". *Medical Sciences*, vol. 55A, No. 3, M180-M184-M180.
- 32- Terry T. K. Huang, Michael P. Wathins, and Michael I. Goren (2003). "Prediction total body fat from anthropometry in latino children obesity research". *Vol. 11 No. 10 October.*

33- Van der Oeg GE, Gunn SM, Withers RT, Modra AC. (2003). "Use of anthropometric variables to predict relative body fat determined by a four-compartment body composition model". *Euro J cline Nutr. Aug*; 57(8): P:1009.

34- Paxton A, Lederman SA, Heymsfield SB, Wang J, Thornton JC, Pierson RN Jr. (1998). "Anthropometric equations for studing body fat in pregnant women". *Am J Cline. Jan*; 67(1): PP:104-10.