Research Paper

Design and Validation of the Equation for Correction of Body Mass Index

* Abbas Farjad Pezeshk¹, Nader Nokhodchi², Mohammad Yousefi¹, Saeed Ilbeigi¹, Ali Farjad Pezeshk³

1. Department of Sport Sciences, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.

2. Department of Sport Sciences, Faculty of Human Sciences, University of Bojnord, Bojnord, Iran.

3. Department of Computer Engineering, Faculty of Computer Engineering, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.

Citation Farjad Pezeshk A, Nokhodchi N, Yousefi M, Ilbeigi S, Farjad Pezeshk A. Design and Validation of the Equation for Correction of Body Mass Index. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2021; 10(3):400-411. <https://doi.org/10.32598/sjrm.10.3.2>

doi <https://doi.org/10.32598/sjrm.10.3.2>

Received: 26 Dec 2020

Accepted: 13 Mar 2021

Available Online: 23 Jul 2021

Keywords:

Body Mass Index,
Obesity, Somatotypes

ABSTRACT

Background and Aims The Body Mass Index (BMI) is considered one of the most common indexes for examining the health. The purpose of this study was the design and validation of the equations for the accuracy of BMI.

Methods In the current 419 athletic and non-athletic subjects participated in this study. Anthropometrical measurement was performed using International Standard for Anthropometry and Kinanthropometry (ISAK) protocol, and mesomorphic and endomorphic calculated based on the Heath-Carter methods. The Spearman correlation coefficient was used to determine the relationship between BMI and body fat percent, mesomorphic and endomorphic values. Multiple regressions were used to predict BMI.

Results There is a high correlation between BMI with mesomorphic and endomorphic values ($P < 0.01$), but the correlation of BMI with mesomorphic in athletic men was higher than endomorphic (0.77 vs. 0.63). Multiple regression produces some equations for predicting mesomorphic and endomorphic, and bland Altman believes that all equations predict fatness.

Conclusion According to the results, the Equations proposed in this study could appropriately turn BMI to predict body composition so that this equation could determine higher BMI because of the higher muscular mass.

Extended Abstract

1. Introduction

Obesity is one the most progressing health problems in the current population, in development and underdevelopment countries worldwide. Since there are strong relationships between obesity and health-threatening disease, including diabetes, cancers, and blood pressure, prevention and treating obesity become more important for countries

approaching a healthy population. The Body Mass Index (BMI) is considered one of the most common indexes for examination and estimation of the human health situation. However, current research believes that BMI has not enough validity for detecting obesity, especially in the athletic population. It assumed that BMI could not consider inter subjects differences, including sex, activity, and body composition. So it was hypothesized that BMI has less accuracy in predicting obesity in all populations, including athletic and every day. This study aimed to design and validate equations for the correction of the BMI.

*** Corresponding Author:**

Abbas Farjad Pezeshk, PhD.

Address: Department of Sport Sciences, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.

Tel: +98 (56) 31026915

E-Mail: abbas.farjad@birjand.com

Table 1. Average and Standard Deviation of mesomorphy, endomorphy, BMI in athletic and non-athletic male and female

Groups	Mean±SD			
	Mesomorphic Index	Endomorphic Index	Body Mass Index (BMI), Kg/m ²	Body Fat (%)
Athletic men	4.98±1.19	4.31±1.34	22.64±3.92	20.70±6.05
Non-athletic men	4.85±2.58	4.79±2.19	22.57±3.88	23.64±10.81
Athletic women	4.34±1.17	7.00±1.3	22.20±2.99	35.02±7.34
Non-athletic women	4.22±1.24	7.00±1.49	22.15±2.31	36.43±8.71

Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

2. Methods

In the current study with semi-experimental methods, 419 athletic and non-athletic subjects participated. All subjects have no history of muscle-skeletal disorders, surgery, and walking abnormality that influence their sports activities. Anthropometrical measurement has been performed using International Standard for Anthropometry and Kinanthropometry (ISAK) protocol. For measuring subcutaneous fat, Skinfold fat has been measured using a particular caliper in the following area: triceps on the posterior of the humerus, iliac crest in highest region, mid-thigh in the anterior side of the thigh, subscapularis in the inferior region of scapula, supraspinatus and medial leg in the calf area. For breath and circumference, the breath of humerus and thigh and girth of leg and humerus have been measured. BMI has been calculated using dividing weight by the square of the height. Percent body fat has been calculated using the Peterson equation. Mesomorphic and endomorphic have been calculated based on the Heath-Carter somatotype methods (Table 1). The Spearman correlation coefficient was used to determine the relationship between BMI and body fat percent, mesomorphic and endomorphic values. Multiple regressions were used to predict BMI. For this purpose, mesomorphic and endomorphic are put into the model as dependent variables, and height, weight, and BMI are put

into the equation as independent variables. Bland Altman limit of agreement plot was also used to validate the equations extracted by multiple regression. All statistical analyses were done using SPSS software version 16.

3. Results

The results of this study have shown that there is a high correlation between BMI with mesomorphic and endomorphic values ($P<0.01$). However, the correlation of BMI value with the mesomorphic score in athletic men was higher than this relationship with endomorphic score (0.77 vs. 0.63). For multiple regression, mesomorphic and endomorphic variables are put into the model as dependent variables, and height, weight, and BMI are put into the equation as independent variables. Multiple regression has produced some equations for predicting mesomorphic and endomorphic scores, and bland Altman believes that all equations for predicting body fatness and muscularity have an acceptable range of error (Table 2).

4. Discussion and Conclusion

This study aimed to design and validate equations for the correction of the Body Mass Index. The results of this study showed that there is a nonlinear relationship between body

Table 2. Regression equations for prediction of obesity and muscularity

Groups	Heath-Carter Correlation	SEE	Endomorphic Equations	Heath-Carter Correlation	SEE	Mesomorphic Equations
Athletic men	0.67	0.98	$20.787+(0.185 \times W)+(-0.135 \times H)+(-0.247 \times BMI)$	0.85	0.61	$-2.753+(0.533 \times BMI)+(-0.062 \times W)$
Non-athletic men	0.76	1.40	$-5.003+(0.434 \times BMI)$	0.88	0.71	$-3.284+(BMI \times 0.504)+(W \times -0.049)$
Athletic women	0.69	0.96	$0.188-(0.040 \times W)+(0.411 \times BMI)$	0.82	0.67	$5.261+(0.319 \times BMI)+(0.05 \times H)$
Non-Athletic women	0.74	0.99	$-0.146+(0.337 \times BMI)$	0.88	0.59	$9.798+(0.287 \times BMI)-(-0.75 \times H)$

SEE= Standard Error of Estimate.

Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

fat percent calculated with the Peterson method and BMI in the athletic population. Also, there is a nonlinear relationship between endomorphy value with BMI in the athletic population. It was notable that the relationship between body fat percent calculated with Peterson method and BMI in the athletic population and also between endomorphy value with BMI in the non-athletic group was linear. Based on this finding, BMI is not an appropriate way to assess obesity in the athletic population.

On the other hand, the relationship between mesomorphy score with BMI was linear in the athletic population. This finding indicated that BMI tends to consider the overweight in this athletic group as fatness and obesity; however, it seems that this overweight is because of higher muscular mass in the athletic population. The other purpose of this study was to design equations to predict fatness and muscularity of the athletic population for correction of BMI based on body composition. We used height and weight as dependent variables of the regression model. The same variables were used to calculate BMI. We also used the Bland Altman plot to validate the equation extracted by multiple regression. The Bland-Altman plot has given helpful information regarding the accuracy of the equation in predicting obesity and muscularity. Using the limit of agreement value (Mean differences $\pm 2 \times$ SD), we estimated each equation's upper and lower limits and plotted them. The Limit of the agreement for mesomorphy in four groups was 1.11 (average in four groups) that is acceptable concerning input variables (only weight and height). The limit of agreement for endomorphy in the four groups was 1.8. Besides of high score, concerning the aim of the study, it seems that it was an acceptable value to predict the tendency of body composition. According to the results, the Equations proposed in this study could appropriately turn BMI to predict body composition so that this equation could determine higher BMI because of the higher muscular mass. So the results of this study could be used by athletes, coaches, and clinicians to measure the exact amount of body fatness and obesity using the BMI index.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of Kharazmi University (Code: 141/1000/KAP).

Funding

This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Authors' contributions

Authors contributed equally in preparing this article.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

مقاله پژوهشی

طراحی و اعتباریابی معادلاتی برای افزایش صحت شاخص توده بدنی

*عباس فرجاد پزشک^۱، نادر نخودچی^۲، محمد یوسفی^۱، سعید ایل بیگی^۱، علی فرجاد پزشک^۳

۱. گروه علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۲. گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران.

۳. گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

چکیده

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹ دی ۰۶

تاریخ پذیرش: ۲۳ اسفند ۱۳۹۹

تاریخ انتشار: ۰۱ مرداد ۱۴۰۰

زمینه و هدف: امروزه شاخص توده بدنی به یکی از رایج ترین روش ها برای محاسبه وضعیت سلامتی بدن تبدیل شده است. هدف این تحقیق، طراحی و اعتباریابی معادلاتی برای افزایش صحت شاخص توده بدنی بود.

مواد و روش ها: در این مطالعه نیمه تجربی ۴۱۹ آزمودنی شامل مردان و زنان ورزشکار و غیرورزشکار شرکت کردند. کلیه اندازه های آنترپومتریکی با استفاده از پروتکل استاندارد ISAK اندازه گیری شد و از اندازه های فوق، شاخص توده بدنی و نمرات مزومورفی و اندومورفی شاخص تیپ بدنی هیث کارتر مورد محاسبه قرار گرفت. برای تعیین همبستگی بین شاخص توده بدنی با درصد چربی و مقیاس مزومورفی و اندومورفی، از ضریب همبستگی اسپیرمن و برای طراحی معادلات به منظور اصلاح شاخص توده بدنی از رگرسیون چندمتغیره استفاده شد.

یافته ها: یافته ها نشان داد همبستگی بالایی بین شاخص توده بدنی با نمره های مزومورفی و اندومورفی مقیاس هیث کارتر وجود دارد ($P < 0/01$)، هرچند در گروه ورزشکاران مرد، همبستگی شاخص توده بدنی با مزومورفی بالاتر از همبستگی با اندومورفی ($0/77$) در برابر ($0/63$) بود. رگرسیون چندمتغیره برای پیش بینی سطح مزومورفی و اندومورفی هر گروه یک معادله را معنی دار شناخت. از نظر نمودار بلاتد آلمن نیز اعتبار کلیه معادلات برای پیش بینی سطح فربهی و عضلاتی بودن قابل قبول بود.

نتیجه گیری: با استفاده از معادلات ارائه شده در این تحقیق به سرعت و سهولت پس از محاسبه شاخص توده بدنی، میزان تمایل این شاخص به سمت ترکیبات بدنی را می توان تخمین زد، به طوری که پس از قرار دادن این اطلاعات در معادلات، چنانچه نمره مزومورفی فرد زیاد شود می توان تشخیص داد افزایش شاخص توده بدنی ناشی از افزایش توده عضلانی است.

کلیدواژه ها:

شاخص توده بدنی، تیپ بدنی، درصد چربی، مزومورفی، اندومورفی

مقدمه

چاقی یکی از رو به رشدترین تهدیدات برای سلامتی در دنیا، هم در کشورهای پیشرفته و هم در کشورهای در حال توسعه است. از آنجایی که رابطه زیادی بین چاقی با سایر بیماری های مزمن شامل دیابت، فشار خون و انواع سرطان ها وجود دارد، یکی از اصول اولیه در رسیدن به سلامت جامعه، درمان و پیشگیری از چاقی است [۱]. یکی از شاخص هایی که کاربرد فراوانی در تخمین میزان فربهی افراد پیدا کرده است، شاخص توده بدنی (شاخص کنتل) است [۲]. مزیت اصلی این شاخص در این است که تنها به قد و وزن افراد احتیاج دارد و به راحتی قابل محاسبه است [۳]. از جمله دلایل دیگر محبوبیت شاخص توده بدنی می توان به

همبستگی متوسط تا بالای این شاخص با چربی زیر پوستی [۴]، همبستگی با چربی تشخیصی با استفاده از روش هیدرواستاتیک و همبستگی بالا با امراض و مرگ و میر اشاره کرد [۵]. سازمان بهداشت جهانی (۱۹۹۷) و کمیته راهبردی دفتر منطقه اقیانوس آرام غربی سازمان بهداشت جهانی، مرزهایی را به عنوان شاخص بین المللی شاخص توده بدنی در تشخیص چاقی تعیین نمودند.

در حال حاضر برخی تحقیقات نشان می دهند شاخص توده بدنی اعتبار لازم را برای تشخیص میزان فربهی افراد ندارد [۴، ۵]. درواقع چنین فرض می شود که شاخص توده بدنی تغییرات در ترکیبات بدنی افراد و خصوصیات مثل جنسیت، فعالیت بدنی و تیپ بدنی افراد را در نظر نمی گیرد [۶، ۷]. علاوه بر این تحقیقات

* نویسنده مسئول:

عباس فرجاد پزشک

نشانی: بیرجند، دانشگاه بیرجند، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه علوم ورزشی.

تلفن: ۳۱۰۲۶۹۱۵ (۵۶) ۹۸+

رایانامه: abbas.farjad@birjand.com

آزمون ورودی دانشگاه و با رضایت شرکت کنندگان و ذکر این مطلب که نتیجه اندازه گیری فوق در نتیجه قبولی شما تأثیری نخواهد گذاشت، صورت گرفت. به منظور حفظ صحت اطلاعات از آزمودنی ها خواسته شد تا لباس های خود را از تن در بیاورند و اندام های چربی زیر پوستی، محیط و پهنای اندام ها مستقیماً از روی پوست گرفته شد. قد و وزن آزمودنی ها به طور هم زمان و با استفاده از دستگاه سیکا^۱ (با دقت یک میلی متر برای قد و ۰/۱ کیلوگرم برای وزن) مورد اندازه گیری قرار گرفت. برای اندازه گیری چربی زیر پوستی، محیط و پهنای اندام ها از پکیج آنترپومتری بریتانیا استفاده شد. این پکیج شامل یک کالیپر برای اندازه گیری چربی زیر پوستی با دقت یک میلی متر، متر نواری برای اندازه گیری محیط اندام ها با دقت یک سانتی متر و کالیپر برای اندازه گیری پهنای اندام ها با دقت یک میلی متر است. کلیه اندازه گیری های آنترپومتریکی با استفاده از پروتکل انجمن بین المللی برای پیشرفت کینانترپومتری^۲ (ISAK) اجرا شد. چربی زیر پوستی در این نقاط مورد اندازه گیری قرار گرفت: سه سر بازویی، خار خصره، میانه ران، تحت کتفی، فوق خاری و ساق داخلی. برای محیط و پهنای اندام ها هم محیط ساق، محیط بازو، پهنای بازو و پهنای ران مورد اندازه گیری قرار گرفت. لازم به ذکر است که تمامی اندازه ها در سه تکرار گرفته شد و میانگین تکرارها به عنوان رکورد آزمودنی ثبت شد.

برای تعیین شاخص توده بدنی آزمودنی ها، معادله کتل ($\frac{H^2}{W}$) مورد استفاده قرار گرفت. در اینجا W وزن فرد بر حسب کیلوگرم و H قد ایستاده بر حسب سانتی متر است.

برای تعیین نمره های مزومورفی و اندومورفی افراد از مقیاس آنترپومتریک سوماتوتایپینگ هیث کارتر استفاده شد [۱۵]. این محققین به منظور تسهیل فرایند تعیین تیپ بدنی معادلاتی را تعریف کردند که معادلات مربوط به اندومورفی و مزومورفی به شرح ذیل است:

$$\text{Endomorphy} = -0.7182 + 0.01451X - 0.00068X^2 + 0.000014X^3$$

در اینجا X مجموع چربی زیر پوستی نواحی فوق خاری، سه سر بازویی و تحت کتفی است.

$$\text{Mesomorphy} = 0.858HB + 0.601FB + 0.188AG + 0.161CG - 0.131SH + 4.5$$

در اینجا HB پهنای بازو، FB پهنای ران، AG پهنای بازو (چربی سه سر×۳/۱۴)، CG پهنای ساق (چربی ساق داخلی×۳/۱۴) و SH قد ایستاده است.

برای محاسبه درصد چربی بدن از معادله پیترسون و همکاران

گذشته نشان داده اند که شاخص توده بدنی اغلب در تشخیص چاقی ورزشکاران با اشتباه روبه رو می شود [۸-۱۱]. اوده و همکاران [۱۱] و ریوالد [۱۲] عنوان کردند که برای استفاده از شاخص توده بدنی به عنوان شاخصی برای تعیین چاقی ورزشکاران باید از معیار متفاوتی نسبت به افراد عادی استفاده کرد. در همین راستا اوده و همکاران [۱۱] نقاط مرزی بهینه مردان ورزشکار، مردان غیرورزشکار، زنان ورزشکار و زنان غیرورزشکار را به ترتیب ۲۷/۹، ۲۶/۵ و ۲۴ عنوان کردند.

یکی از فرضیاتی که در خصوص شاخص توده بدنی وجود دارد این است که ترکیبات بدنی به طور قابل توجهی بین افراد مختلف (بسته به نژاد، جنسیت، سطح فعالیت و سبک زندگی، رشته ورزشی و غیره) متفاوت است [۱۳]. از این رو نیاز به اصلاح شاخص توده بدنی در گروه های مختلف افراد حس می شود. مادان و همکاران [۱۴] عنوان کردند که شاخص توده بدنی همبستگی بالایی با تیپ بدنی (با روش شلدون) دارد، پس می توان از طریق شاخص توده بدنی تیپ بدنی افراد را توصیف کرد. با این حال از آنجایی که شاخص تیپ بدنی هیث کارتر یکی از پرکاربردترین و معتبرترین روش ها برای تخمین تیپ بدنی است، تاکنون تحقیقی در خصوص بررسی رابطه بین شاخص توده بدنی با مقیاس آنترپومتریک سوماتوتایپینگ هیث کارتر صورت نگرفته است. در همین راستا به علت نیاز به اصلاح شاخص توده بدنی برای هر گروه نژادی خاص و با فرض وجود رابطه معنی دار بین نمرات مزومورفی و اندومورفی مقیاس آنترپومتریک سوماتوتایپینگ هیث کارتر، اهداف این تحقیق عبارت بودند از: ۱) بررسی رابطه بین درصد چربی بدن و نمره های عضلانی (مزومورفی) و فربهی (اندومورفی) مقیاس آنترپومتریک سوماتوتایپینگ هیث کارتر با شاخص توده بدنی و ۲) طراحی معادلاتی برای تخمین سطح عضلانی بودن و فربهی افراد (مردان ورزشکار و غیرورزشکار و زنان ورزشکار و غیرورزشکار) به منظور تخمین گرایش شاخص توده بدنی به سمت ترکیبات بدنی.

مواد و روش ها

جامعه آماری این تحقیق را افراد متقاضی ورود به رشته تربیت بدنی دانشگاه فردوسی مشهد تشکیل دادند. جامعه آماری فوق ۱۰۰۰ نفر بودند که از این میان ۴۱۹ نفر به صورت تصادفی در قالب گروه های مختلف انتخاب شدند. معیار انتخاب ورزشکاران، فعالیت ورزشی منظم حداقل سه جلسه در هفته و معیار انتخاب غیرورزشکاران عدم فعالیت ورزشی منظم در طول هفته بود. آزمودنی های منتخب در این تحقیق شامل ۱۵۲ مرد ورزشکار، ۱۴۰ مرد غیرورزشکار، ۵۹ زن ورزشکار و ۶۸ زن غیرورزشکار (در مجموع ۴۱۹ نفر) بودند. اطلاعات و مشخصات فردی آزمودنی ها در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

کلیه مراحل جمع آوری اطلاعات در قالب تست پزشکی

1. Seca. Model 755. Germany. CE 0123.

2. International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK)

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی آزمودنی‌ها

گروه	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)
مردان ورزشکار	۲۰/۷۰±۴/۱۸	۱۷۴/۰۸±۸/۶۰	۶۸/۳۹±۱۰/۰۰	۲۲/۶۴±۳/۹۲
مردان غیرورزشکار	۲۰/۷۵±۳/۸۵	۱۷۳/۶۴±۵/۸۸	۶۸/۲۸±۱۳/۴۵	۲۲/۵۸±۳/۸۸
زنان ورزشکار	۱۹/۶۹±۲/۸۱	۱۶۰/۲۱±۵/۸۸	۵۷/۱۸±۹/۶۱	۲۲/۳۰±۲/۹۹
زنان غیرورزشکار	۱۹/۵۸±۱/۹۶	۱۵۸/۶۶±۵/۲۵	۵۵/۲۷±۸/۱۱	۲۲/۱۵±۳/۳۱

طب توانبخش

بدنی به عنوان متغیر مستقل وارد رگرسیون چندمتغیره شدند. محدوده پذیرش معادله هم از طریق نمودار بلاند آلتمن [۱۶] به نمایش درآمد. برای ترسیم محدوده پذیرش، اختلاف نتایج معادلات هیث کارتر با معادلات طراحی شده به عنوان محور Y و میانگین نتایج معادلات هیث کارتر با معادلات طراحی شده به عنوان محور X ترسیم شدند. سپس یک خط از نقطه صفر و دو خط به مقدار اختلاف دو معادله + (± دو انحراف استاندارد) به صورت موازی با محور X ترسیم شد. کلیه محاسبات و آزمون‌ها به‌جز نمودار بلاند آلتمن با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ به اجرا درآمد.

یافته‌ها

میانگین و انحراف استاندارد نمرات مزومورفی، اندومورفی، شاخص توده بدنی و درصد چربی آزمودنی‌ها در جدول شماره ۲ ارائه شده است. جدول شماره ۳ و تصاویر شماره ۲ و ۳ ضریب همبستگی بین پارامترهای مختلف با شاخص توده بدنی را نشان می‌دهد. با توجه به معنی دار شدن رابطه بین شاخص توده بدنی با مقیاس‌های مزومورفی، اندومورفی و درصد چربی بدن ($P < 0.01$)، در گام بعد معادلات رگرسیون برای پیش‌بینی سطح فربهی و عضلاتی بودن به کار گرفته شدند. برای این منظور متغیرهای شاخص توده بدنی مثل قد، وزن و خود شاخص توده بدنی به عنوان متغیر مستقل و شاخص‌های مزومورفی و اندومورفی به عنوان متغیر وابسته وارد مدل رگرسیون شدند.

استفاده شد [۳]. چگالی‌سنجی آبی نشان داد روش پیترسون برای تعیین درصد چربی به دلیل اینکه از چهار کمپارتمان (4C) استفاده می‌کند به طور معنی‌داری دقیق‌تر از روش‌هایی است که از سه چربی استفاده می‌کنند. درصد چربی با روش پیترسون از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود [۳]:

برای مردان:

$$\%Fat = 20.94878 + (age \times 0.1166) - (Ht \times 0.11666) + (S4 \times 0.42696) - (S4^2 \times 0.00159)$$

برای زنان:

$$\%Fat = 22.18945 + (age \times 0.06368) + (BMI \times 0.60404) - (Ht \times 0.14520) + (S4 \times 0.30919) - (S4^2 \times 0.00099562)$$

در اینجا age = سن، Ht = قد، شاخص توده بدنی = شاخص کتلت و S4 مجموع چهار چربی زیر پوستی (سه‌سر، تحت کتفی، فوق خاری و ران میانی) است.

برای بررسی رابطه میان درصد چربی بدن و نمره مزومورفی و اندومورفی آزمودنی‌ها با شاخص توده بدنی از ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن استفاده شد. برای طراحی معادله پیش‌بین میزان مزومورفی و اندومورفی، از رگرسیون چندمتغیره با روش استپ وایز استفاده شد. برای این منظور شاخص مزومورفی یا اندومورفی به عنوان متغیر وابسته و قد، وزن و شاخص توده

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد شاخص‌های مزومورفی، اندومورفی، شاخص توده بدنی (شاخص توده بدنی) مردان و زنان ورزشکار و مردان و زنان غیرورزشکار

گروه	شاخص مزومورفی	شاخص اندومورفی	شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	درصد چربی بدن
مردان ورزشکار	۴/۹۸±۱/۱۹	۴/۳۱±۱/۲۴	۲۲/۶۴±۳/۹۲	۲۰/۷۰±۴/۰۵
مردان غیرورزشکار	۴/۸۵±۲/۵۸	۴/۷۹±۲/۱۹	۲۲/۵۷±۳/۸۸	۲۳/۶۴±۱۰/۸۱
زنان ورزشکار	۴/۳۴±۱/۱۷	۷/۰۰±۱/۳۰	۲۲/۲۰±۲/۹۹	۳۵/۰۲±۷/۳۴
زنان غیرورزشکار	۴/۲۲±۱/۲۴	۷/۰۰±۱/۴۹	۲۲/۱۵±۳/۳۱	۳۶/۴۳±۸/۷۱

طب توانبخش

جدول ۳. ضریب همبستگی اسپیرمن بین شاخص توده بدنی با درصد چربی بدن، مزومورفی و اندومورفی مردان و زنان ورزشکار و غیرورزشکار

گروه	مزومورفی	اندومورفی	درصد چربی بدن
مردان ورزشکار	۰/۸۰	۰/۶۶	۰/۶۸
مردان غیرورزشکار	۰/۸۶	۰/۷۶	۰/۸۰
زنان ورزشکار	۰/۷۳	۰/۶۷	۰/۶۵
زنان غیرورزشکار	۰/۸۳	۰/۷۵	۰/۷۶

نکته: کلیه همبستگی‌ها در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بودند.

طب توانبخشی

■ رابطه ی بین شاخص توده ی بدنی با درصد چربی غیر ورزشکاران

◆ رابطه ی بین شاخص توده ی بدنی با درصد چربی ورزشکاران

طب توانبخشی

تصویر ۱. رابطه بین شاخص توده بدنی با درصد چربی بدن

تصویر راست: مردان ورزشکار ($r=0/68$) و غیرورزشکار ($r=0/80$)؛ و تصویر چپ: زنان ورزشکار ($r=0/65$) و غیرورزشکار ($r=0/76$)

غیرورزشکاران رابطه خطی وجود دارد، اما در گروه ورزشکاران مرد این رابطه خیلی خطی به نظر نمی‌رسد.

بحث

اهداف این تحقیق، بررسی رابطه بین درصد چربی بدن و نمره‌های عضلانی (مزومورفی) و فربهی (اندومورفی) مقیاس آنتروپومتریک سوماتوتایپینگ هیث کارتر با شاخص توده بدنی و طراحی معادلاتی برای تخمین سطح عضلانی بودن و فربهی افراد (مردان ورزشکار و غیرورزشکار و زنان ورزشکار و غیرورزشکار) به منظور تخمین گرایش شاخص توده بدنی به سمت ترکیبات بدنی بود. بیلاوایز و همکاران [۱۷] پیش‌تر عنوان کرده بودند که تنها شاخص توده بدنی (شاخص کتلت)، شاخص مناسبی است

پس از وارد نمودن متغیرهای مستقل و وابسته به مدل رگرسیون (با روش استپ وایز) معادلات جدول شماره ۴ برای تعیین سطح عضلانی و چاقی هر گروه، معنی‌دار شناخته شد. جدول شماره ۵ نیز محدوده پذیرش بلاند آلتمن هشت معادله را نشان می‌دهد.

در نمودارهای موجود در تصویر شماره ۱ به خوبی مشخص است که رابطه بین درصد چربی و شاخص توده بدنی در گروه غیرورزشکار خطی‌تر از ورزشکاران است. جدول شماره ۵ نشان می‌دهد که تقریباً محدوده پذیرش تمامی معادلات برای تخمین تیپ بدنی در حد قابل قبولی است (به طور میانگین ۱/۵). تصاویر شماره ۴ و ۵ هم رابطه موجود در تصویر شماره ۱ را تأیید می‌کنند و نشان می‌دهند که بین شاخص توده بدنی با نمرات اندومورفی

جدول ۴. لیست معادلات رگرسیون برای تخمین سطح فربهی و توسعه عضلانی بودن ورزشکاران و غیرورزشکاران زن و مرد

گروه	معادله مزومورفی	SEE	همبستگی با هیث کارتر	معادله اندومورفی	SEE	همبستگی با هیث کارتر
مرد ورزشکار	$-2.753 + (0.533 \times \text{BMI}) + (-0.062 \times W)$	۰/۶۱	۰/۸۵	$20.787 + (0.185 \times W) + (-0.135 \times H) + (-0.247 \times \text{BMI})$	۰/۹۸	۰/۶۷
مرد غیرورزشکار	$-3.284 + (\text{BMI} \times 0.504) + (W \times -0.049)$	۰/۷۱	۰/۸۸	$-5.003 + (0.434 \times \text{BMI})$	۱/۴۰	۰/۷۶
زن ورزشکار	$5.261 + (0.319 \times \text{BMI}) + (0.05 \times H)$	۰/۶۷	۰/۸۲	$0.188 - (0.040 \times W) + (0.411 \times \text{BMI})$	۰/۹۶	۰/۶۹
زن غیرورزشکار	$9.798 + (0.287 \times \text{BMI}) - (0.75 \times H)$	۰/۵۹	۰/۸۸	$-0.146 + (0.337 \times \text{BMI})$	۰/۹۹	۰/۷۴

SEE=Standard error of estimate

طب توانبخشی

جدول ۵. محدوده پذیرش بلاند آلتمن معادلات تخمین مزومورفی و اندومورفی برای مردان و زنان ورزشکار و غیرورزشکار

گروه	محدوده پذیرش* مزومورفی	محدوده پذیرش* اندومورفی
مرد ورزشکار	۱/۲۶ -۱/۱۹	۱/۹۰ -۱/۹۹
مرد غیرورزشکار	۱/۰۲ -۰/۹۹	۱/۸۷ ۱/۷۴
زن ورزشکار	۱/۱۶ -۱/۲۲	۱/۹۳ -۱/۸۹
زن غیرورزشکار	۰/۹۸ -۱/۱۳	۱/۹۰ -۱/۸۵

*جمع جبری اختلاف نتایج معادله رگرسیون با معادلات هیث کارتر (۲×) انحراف استاندارد)

طب توانبخش

ورزشکاران و غیرورزشکاران زن و مرد بود.

در گروه غیرورزشکار، نتایج این تحقیق، نتایج تحقیق گذشته که عنوان کرده بود شاخص توده بدنی رابطه ضعیفی (کمتر از ۰/۰۶) با درصد چربی بدن دارد را تأیید نکرد [۱۳]. با این حال با نتایج تحقیقات قبلی که رابطه قوی بین شاخص توده بدنی و درصد چربی بدن نشان داده بودند همخوانی داشت. به عنوان مثال، لوکی و همکاران [۱۹] رابطه بین چربی و شاخص

که حداقل همبستگی را با قد و حداکثر همبستگی را با وزن دارد. این نظریه مورد تأیید سایر محققین قرار گرفت [۱۰، ۱۱] و از آنجایی که در تحقیق ریویکی و همکاران [۱۸] نشان داده شد شاخص کتلت دارای همبستگی بالایی با وزن بوده ($r=0/9$) و همبستگی بسیار پایینی با قد دارد ($r=0/03$)، ما در این تحقیق از میان شاخص‌های توده بدنی، شاخص کتلت (همان شاخص توده بدنی) را انتخاب نمودیم. هدف اول این تحقیق بررسی رابطه میان درصد چربی، مزومورفی و اندومورفی با شاخص توده بدنی بین

رابطه بین شاخص توده بدنی با

مزومورفی
اندومورفی

رابطه بین شاخص توده بدنی با

مزومورفی
اندومورفی

طب توانبخش

تصویر ۲. رابطه بین شاخص توده بدنی با نمرات مزومورفی و اندومورفی (هیث کارتر) مردان ورزشکار (چپ) و غیرورزشکار (راست)

رابطه بین شاخص توده بدنی با

مزومورفی
اندومورفی

رابطه بین شاخص توده بدنی با

مزومورفی
اندومورفی

طب توانبخش

تصویر ۳. رابطه بین شاخص توده بدنی با نمرات مزومورفی و اندومورفی (هیث کارتر) زنان ورزشکار (چپ) و غیرورزشکار (راست)

اندومورفی غیرورزشکاران رابطه ی خطی وجود دارد اما در گروه ورزشکاران این رابطه خیلی خطی نیست.

تصویر ۴. نمودار پلاتد آلتمن برای محدوده پذیرش معادله مزومورفی (الف) و اندومورفی (ب) مردان غیرورزشکار (بالا) و ورزشکار (پایین)

تصویر ۵. نمودار پلاتد آلتمن برای محدوده پذیرش معادله مزومورفی (الف) و اندومورفی (ب) زنان ورزشکار (بالا) و غیرورزشکار (پایین)

توده بدنی در جنس ها و نژادهای مشابه را قوی توصیف کرده

محدوده پذیرش معادله مزومورفی برای چهار گروه ۱/۱۱ است که برای تخمین مزومورفی با توجه به تنها استفاده از قد و وزن به عنوان متغیر مستقل خوب به نظر می‌رسد. میانگین محدوده پذیرش معادله اندومورفی برای چهار گروه ۱/۸۰ است که هرچند مقداری بالا به نظر می‌رسد، اما با توجه به کم بودن متغیرهای مستقل و هدف تحقیق که تعیین گرایش شاخص توده بدنی به ترکیبات بدنی است قابل قبول خواهد بود.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد شاخص توده بدنی در تشخیص ترکیبات بدنی خصوصاً در گروه ورزشکار ناتوان است و امتیازهای بالای این شاخص در گروه افراد ورزشکار لزوماً نشان‌دهنده اضافه‌وزن و ریسک آسیب‌های قلبی عروقی نیست و می‌تواند به دلیل افزایش توده عضلانی و استخوانی در این افراد باشد. از این رو در ادامه این مطالعه، معادلات رگرسیونی پیشنهاد شد که بتوان با استفاده از متغیرهای مورد استفاده در شاخص توده بدنی (قد و وزن)، میزان فربه بودن یا عضلاتی بودن افراد را پیش‌بینی کرد و از این طریق به خطای احتمالی در استفاده از شاخص توده بدنی افراد عضلاتی پی برد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش، ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه خوارزمی در نظر گرفته شده است (کد اخلاق: ۱۴۱/۱۰۰/ک.ا.پ).

حامی مالی

این مقاله هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان تأمین‌کننده مالی در بخش‌های عمومی، دولتی، تجاری، غیرانتفاعی، دانشگاه یا مرکز تحقیقات دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت یکسان داشته‌اند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

بودند (۲=۰/۹). در مطالعه دیگر عنوان شد که شاخص توده بدنی با چربی زیر پوستی (۲=۰/۸۱) و چربی تعیین‌شده با روش هیدرواستاتیک (۲=۰/۷۱) همبستگی بالایی دارد [۹]. علاوه بر این، رابطه بین شاخص توده بدنی با چربی نقطه‌ای قوی گزارش شده است. به عنوان مثال در تحقیقی رابطه بالایی بین شاخص کنتل با چربی زیر پوستی سه‌سر ذکر شده بود (۲=۰/۷۸) [۱۴].

در گروه ورزشکاران نیز نتایج این تحقیق با مطالعات قبلی که عنوان کرده بودند ممکن است شاخص توده بدنی در تشخیص فربهی ورزشکاران خیلی کاربرد نداشته باشد مطابقت داشت [۸-۱۱]. در تحقیقی روی ۱۰۷ مرد و ۱۰۶ زن ورزشکار دانشجویان نشان داده شد شاخص توده بدنی تمایل دارد ورزشکاران را در گروه فربه طبقه‌بندی کند، در حالی که چربی زیر پوستی بالایی نداشتند [۹]. از این رو عنوان شد که برای تقسیم‌بندی ورزشکاران به گروه فربه با استفاده از شاخص توده بدنی از معیارهای متفاوتی باید استفاده کرد [۱۱]. نمودارهای موجود در **تصاویر شماره ۱ و ۲** تا **۵** به خوبی نشان می‌دهند که رابطه بین درصد چربی بدن و شاخص توده بدنی و همچنین مقیاس اندومورفی هیث کارتر با شاخص توده بدنی ورزشکاران غیرخطی است، در حالی که در گروه غیرورزشکاران این رابطه متمایل به خطی بودن است. این مطلب نشان می‌دهد شاخص توده بدنی پیش‌بین مناسبی برای تعیین فربهی و اضافه‌وزن ورزشکاران نیست. برعکس، رابطه بین شاخص توده بدنی با مقیاس مزومورفی هیث کارتر در نمودارهای فوق در گروه ورزشکاران خطی نشان داده شد (**تصاویر شماره ۲، ۳، ۴ و ۵**) که می‌توان چنین استنباط کرد که شاخص توده بدنی تمایل دارد تا اضافه‌وزن ورزشکاران (که ناشی از حجم عضله بالای آن‌هاست) را به افزایش چربی نسبت بدهد.

پس از تعیین رابطه بین درصد چربی بدن و نمرات مزومورفی و اندومورفی با شاخص توده بدنی، هدف بعدی طراحی معادلاتی برای تخمین سطح فربهی و عضلاتی بودن ورزشکاران و غیرورزشکاران به منظور اصلاح شاخص توده بدنی و تعیین گرایش این شاخص به ترکیبات بدنی بود. در کل تنها از قد، وزن و شاخص توده بدنی آزمودنی‌ها به عنوان متغیر وابسته برای مدل رگرسیونی استفاده شد تا تنها با همان اطلاعاتی که برای تعیین شاخص توده بدنی مورد نیاز است بتوان میزان فربهی و عضلاتی بودن فرد را نیز تخمین زد. برای اعتباریابی معادلات از نمودار پراکنش بلاند آلمن استفاده شد [۱۶]. نمودار بلاند آلمن اطلاعات زیادی را در خصوص دقت معادلات برای تخمین میزان فربهی و عضلاتی بودن افراد فراهم می‌کند. با استفاده از معادله «میانگین اختلافات $\pm 2 \times$ انحراف استاندارد» می‌توان حد بالایی و پایینی نتایج هر کدام از معادلات را تخمین زد. به عبارت دیگر، چنانچه حد پایینی و بالایی معادله‌ای به ترتیب ۱/۲۶ و ۱/۱۹- باشد، نتایج تخمینی توسط معادله ممکن است ۱/۲۶- نمره بیشتر از نمره واقعی یا ۱/۱۹- نمره پایین‌تر از نمره واقعی شود. میانگین

References

- [1] Kagawa M, Kerr D, Uchida H, Binns CW. Differences in the relationship between BMI and percentage body fat between Japanese and Australian-Caucasian young men. *British Journal of Nutrition*. 2006; 95(5):1002-7. [DOI:10.1079/BJN20061745] [PMID]
- [2] Jackson AS, Stanforth P, Gagnon J, Rankinen T, Leon AS, Rao D, et al. The effect of sex, age and race on estimating percentage body fat from body mass index: The heritage family study. *International Journal of Obesity*. 2002; 26(6):789-96. [DOI:10.1038/sj.ijo.0802006] [PMID]
- [3] Eston R, Reilly T. *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual: Tests, procedures and data: Volume two: Physiology*. 3th ed. England: Routledge; 2013. [DOI:10.4324/9780203868737]
- [4] Kyle UG, Schutz Y, Dupertuis YM, Pichard C. Body composition interpretation: contributions of the fat-free mass index and the body fat mass index. *Nutrition*. 2003; 19(7-8):597-604. [DOI:10.1016/S0899-9007(03)00061-3]
- [5] Frankenfield DC, Rowe WA, Cooney RN, Smith JS, Becker D. Limits of body mass index to detect obesity and predict body composition. *Nutrition*. 2001; 17(1):26-30. [DOI:10.1016/S0899-9007(00)00471-8]
- [6] Wagner DR, Heyward VH. Measures of body composition in blacks and whites: A comparative review. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2000; 71(6):1392-402. [DOI:10.1093/ajcn/71.6.1392] [PMID]
- [7] Prentice AM, Jebb SA. Beyond body mass index. *Obesity Reviews*. 2001; 2(3):141-7. [DOI:10.1046/j.1467-789x.2001.00031.x] [PMID]
- [8] Witt KA, Bush EA. College athletes with an elevated body mass index often have a high upper arm muscle area, but not elevated triceps and subscapular skinfolds. *Journal of the American Dietetic Association*. 2005; 105(4):599-602. [DOI:10.1016/j.jada.2005.01.008] [PMID]
- [9] Kraemer WJ, Torine JC, Silvestre R, French DN, Ratamess NA, Spiering BA, et al. Body size and composition of National Football League players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2005; 19(3):485-9. [DOI:10.1519/18175.1] [PMID]
- [10] Nevill AM, Stewart AD, Olds T, Holder R. Relationship between adiposity and body size reveals limitations of BMI. *American Journal of Physical Anthropology*. 2006; 129(1):151-6. [DOI:10.1002/ajpa.20262] [PMID]
- [11] Ode JJ, Pivarnik JM, Reeves MJ, Knous JL. Body mass index as a predictor of percent fat in college athletes and nonathletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2007; 39(3):403-9. [DOI:10.1249/01.mss.0000247008.19127.3e] [PMID]
- [12] Riewald S. Does the body mass index accurately reflect percent body fat in athletes? *Strength & Conditioning Journal*. 2008; 30(1):80-1. [DOI:10.1519/SSC.0b013e318163bc23]
- [13] Gallagher D, Heymsfield SB, Heo M, Jebb SA, Murgatroyd PR, Sakamoto Y. Healthy percentage body fat ranges: An approach for developing guidelines based on body mass index. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2000; 72(3):694-701. [DOI:10.1093/ajcn/72.3.694] [PMID]
- [14] Maddan S, Walker JT, Miller JM. Does size really matter? A reexamination of Sheldon's somatotypes and criminal behavior. *The Social Science Journal*. 2008; 45(2):330-44. [DOI:10.1016/j.soscij.2008.03.009]
- [15] Heath BH, Carter JE. A modified somatotype method. *American Journal of Physical Anthropology*. 1967; 27(1):57-74. [DOI:10.1002/ajpa.1330270108] [PMID]
- [16] Bland JM, Altman D. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet*. 1986; 327(8476):307-10. [DOI:10.1016/S0140-6736(86)90837-8]
- [17] Billewicz W, Kemsley W, Thomson A. Indices of adiposity. *British Journal of Preventive & Social Medicine*. 1962; 16(4):183-8. [DOI:10.1136/jech.16.4.183] [PMID] [PMCID]
- [18] Revicki DA, Israel RG. Relationship between body mass indices and measures of body adiposity. *American Journal of Public Health*. 1986; 76(8):992-4. [DOI:10.2105/AJPH.76.8.992] [PMID] [PMCID]
- [19] Luke A, Durazo-Arvizu R, Rotimi C, Prewitt TE, Forrester T, Wilks R, et al. Relation between body mass index and body fat in black population samples from Nigeria, Jamaica, and the United States. *American Journal of Epidemiology*. 1997; 145(7):620-8. [DOI:10.1093/oxfordjournals.aje.a009159] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank