





دانشگاه اصفهان

دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی

گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته تربیت بدنی و علوم ورزشی

گرایش فیزیولوژی ورزشی

برآورد درصد چربی بدن از طریق توزین زیر آب و محیط اندام های بدن در
دانشجویان دختر

استاد راهنما :

دکتر حسین مجتهدی

استاد مشاور :

دکتر احمد رضا موحدی

پژوهشگر :

هما سعادت نیا

شهریور ماه ۱۳۹۰

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات ، ابتکارات و

نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه

متعلق به دانشگاه اصفهان است.



دانشگاه اصفهان

دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی

گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی تربیت بدنی و علوم ورزشی
گرایش فیزیولوژی ورزشی خانم هما سعادت نیا

تحت عنوان

بر آورد درصد چربی بدن از طریق توزین زیر آب و محیط اندام های بدن در
دانشجویان دختر

در تاریخ ۱۳۸۹/۶/۲۲ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

- | | | | |
|-----------------------------|---------------------|--------------------------|------|
| ۱- استاد راهنمای پایان نامه | دکتر حسین مجتهدی | با مرتبه ی علمی استادیار | امضا |
| ۲- استاد مشاور پایان نامه | دکتر احمد رضا موحدی | با مرتبه ی علمی استادیار | امضا |
| ۳- استاد داور داخل گروه | دکتر فهیمه اسفرجانی | با مرتبه ی علمی استادیار | امضا |
| ۴- استاد داور خارج از گروه | دکتر فرزانه تقیان | با مرتبه ی علمی استادیار | امضا |

امضای مدیر گروه

چکیده

هدف از پژوهش حاضر برآورد درصد چربی بدن از طریق محیط اندام های مختلف بدن با استفاده از توزین زیر آب به عنوان روش معیار و ارائه معادلات مربوط به آن است. ۱۱۴ نفر از دانشجویان دختر دانشگاه اصفهان ساکن خوابگاه (با میانگین سن ۲۲/۱ سال، قد ۱۶۲/۹ سانتیمتر؛ وزن ۵۷ کیلو گرم) به صورت تصادفی از میان دانشجویان داوطلب، انتخاب شدند. چگالی بدن از طریق وزن کشتی زیر آب به دست آمد. حجم باقیمانده از طریق معادله تخمین زده شد. اندازه گیری های آنتروپومتری شامل قد، وزن، محیط اندام در نقاط دور بازو، ساعد، مچ دست، زیر سینه، بالای شکم، پایین شکم، لگن، ران، ساق پا و مچ پا، اندازه گیری شد. جهت تعیین رابطه خطی مناسب بین نتایج به دست آمده از محیط های بدنی در نقاط مشخص به عنوان متغیرهای پیش بین و چگالی، درصد چربی و توده چربی محاسبه شده از آزمون وزن کشتی زیر آب به عنوان متغیر ملاک از رگرسیون چند متغیره و به روش گام به گام استفاده شد. معادله نهایی پیش بینی BF% (در صد چربی بدن) و FM (توده چربی) که از نظر آماری از ضریب اعتبار بالایی برخوردار بودند، به قرار زیر است:

$$\text{BF\%} = -7/492 + (0/329 \times \text{ساق پا}) + (0/192 \times \text{بازو}) - (0/426 \times \text{پایین شکم}) + (0/182 \times \text{لگن}) - (0/143 \times \text{ران}) + (0/174 \times \text{ساعد}) + (0/616 \times \text{زیر سینه}) - 7/492$$

$$(r^2 = 0/71)$$

$$\text{FM} = -33/012 + (0/3 \times \text{ساق پا}) + (0/237 \times \text{بازو}) + (0/479 \times \text{ساعد}) + (0/094 \times \text{زیر سینه}) + (0/088 \times \text{شکم}) + (0/116 \times \text{ران})$$

$$(r^2 = 0/82)$$

واژه های کلیدی: توزین زیر آب، آنتروپومتری، ترکیب بدن، محیط اندام های بدن

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول : طرح پژوهش

۱	مقدمه
۱-۱	شرح و بیان مسئله پژوهش
۲-۱	اهمیت و ارزش پژوهش
۳-۱	اهداف پژوهش
۱-۳-۱	اهداف کلی
۲-۳-۱	اهداف فرعی
۴-۱	فرضیه های پژوهش
۵-۱	پیش فرض های پژوهش
۶-۱	کلید واژه ها
۷-۱	تعاریف مفهومی واژه ها
۸-۱	تعاریف عملیاتی واژه ها
۹-۱	متغیرهای پژوهش
۱۰-۱	محدودیت های پژوهش

فصل دوم: مروری بر پیشینه تحقیق

۸	مقدمه
۱-۲	مبانی نظری تحقیق
۱-۱-۲	روش های ارزیابی ترکیب بدن

- ۹ ۱-۱-۱-۲ توزین زیر آب
- ۱۰ ۲-۱-۱-۲ روش مقاومت زیست الکتریکی
- ۱۱ ۳-۱-۱-۲ آب سنجی از طریق هیدروژن سنگین
- ۱۱ ۴-۱-۱-۲ اندازه گیری کل پتاسیم بدن
- ۱۱ ۵-۱-۱-۲ MRI
- ۱۲ ۶-۱-۱-۲ سنجش دوگانه اشعه ایکس
- ۱۳ ۷-۱-۱-۲ ADP
- ۱۳ ۸-۱-۱-۲ هدایت پذیری کل بدن
- ۱۳ ۹-۱-۱-۲ سی تی اسکن
- ۱۴ ۱۰-۱-۱-۲ واکنش اشعه مادون قرمز با طول موج کوتاه
- ۱۴ ۱۱-۱-۱-۲ روش های میدانی برآورد درصد چربی بدن
- ۱۵ ۱۲-۱-۱-۲ اندازه گیری چربی زیر پوستی
- ۱۶ ۱۳-۱-۱-۲ محیط اندام بدن
- ۱۷ ۲-۲ پیشینه پژوهش
- ۱۷ ۱-۲-۲ پژوهش های انجام شده در داخل کشور
- ۱۸ ۲-۲-۲ پژوهش های انجام شده در خارج کشور

فصل سوم : روش پژوهش

- ۲۸ مقدمه
- ۲۸ ۱-۳ روش تحقیق
- ۲۸ ۱-۱-۳ جامعه و نمونه آماری
- ۲۸ ۲-۳ متغیرهای پژوهش
- ۲۹ ۳-۳ ابزار جمع آوری داده ها

۳۰	..... ۴-۳ روش اجرا و جمع آوری اطلاعات
۳۰	..... ۱-۴-۳ روش های اندازه گیری
۳۰	..... ۱-۱-۴-۳ قد
۳۱	..... ۲-۱-۴-۳ وزن
۳۱	..... ۳-۱-۴-۳ وزن کشتی زیر آب
۳۳	..... ۴-۱-۴-۳ محیط اندام بدن
۳۴	..... ۵-۳ چگونگی تنظیم پرسشنامه سلامت پزشکی
۳۴	..... ۶-۳ روش آماری

فصل چهارم : تجزیه و تحلیل آماری داده ها

۳۷	..... مقدمه
۳۷	..... ۱-۴ توصیف متغیر های پژوهش
۳۸	..... ۲-۴ آزمون فرضیه های پژوهش

فصل پنجم : بحث و نتیجه گیری تحقیق

۴۶	..... مقدمه
۴۶	..... ۱-۵ خلاصه پژوهش
۴۹	..... ۲-۵ بحث و نتیجه گیری
۵۰	..... ۳-۵ جمع بندی
۵۱	..... ۴-۵ پیشنهادات
۵۱	..... ۱-۴-۵ پیشنهادات کاربردی
۵۱	..... ۲-۴-۵ پیشنهادات پژوهشی

پیوست ها

- ۵۲ پیوست ۱. پرشنامه سوابق پزشکی- ورزشی
- ۵۴ پیوست ۲. رضایت نامه شرکت و همکاری در پژوهش
- ۵۵ پیوست ۳. فورم ثبت اطلاعات فردی (اندازه گیری های محیط اندام - قد - وزن)
- ۵۶ پیوست ۴. فورم ثبت اطلاعات وزن کشی در آب
- ۵۷ پیوست ۵. نتایج آزمون کولموگروف- اسمیرنوف
- ۵۸ منابع و مآخذ

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۹	شکل (۱-۲) توزین زیر آب
۱۰	شکل (۲-۲) روش مقاوت زیست الکتریکی زیستی
۱۲	شکل (۳-۲) سنجش دو گانه اشعه ایکس
۱۳	شکل (۴-۲) روش هدایت پذیری کل بدن
۱۳	شکل (۵-۲) روش BOD POD
۱۴	شکل (۶-۲) واکنش اشعه مادون قرمز با طول موج کوتاه
۱۵	شکل (۷-۲) اندازه گیری چربی زیر پوستی
۱۶	شکل (۸-۲) روش محیط اندام
۲۹	شکل (۲-۳) متر فایبرگلاس
۲۹	شکل (۳-۳) توزین زیر آب
۳۰	شکل (۴-۳) دماسنج سیالات
۳۰	شکل (۵-۳) ترازوی الکترونیکی دستی
۳۰	شکل (۶-۳) قدسنج
۳۴	شکل (۷-۳) اندازه گیری محیط اندام های بدن

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۲۷	جدول ۱-۲. فرمول های عمومی پیش بینی کننده چگالی بدن در جمعیت زنان
۳۲	جدول ۱-۳. معادلات به دست آوردن درصد چربی بدن از چگالی بدن
۳۳	جدول ۲-۳. چگالی آب در دماهای معین
۳۷	جدول ۱-۴. ویژگی های جسمانی آزمودنی ها
۳۷	جدول ۲-۴. توصیف متغیرهای پیش بین پژوهش
۳۷	جدول ۳-۴. توصیف متغیرهای ملاک پژوهش
۳۹	جدول ۴-۴. ارتباط بین چگالی بدن، درصد چربی و توده چربی با اندازه محیط های بدنی
۴۰	جدول ۵-۴. پیش بینی چگالی بدن از طریق اندازه محیط های بدنی
۴۱	جدول ۶-۴. ضرایب پیش بینی مدل رگرسیون (آخرین گام ورود متغیرها به مدل)
۴۲	جدول ۷-۴. پیش بینی درصد چربی بدن از طریق اندازه محیط های بدنی
۴۳	جدول ۸-۴. ضرایب پیش بینی مدل رگرسیون (آخرین گام ورود متغیرها به مدل)
۴۴	جدول ۹-۴. پیش بینی توده چربی بدن از طریق اندازه محیط های بدنی
۴۴	جدول ۱۰-۴. ضرایب پیش بینی مدل رگرسیون (آخرین گام ورود متغیرها به مدل)

فصل اول

طرح پژوهش

مقدمه

در این فصل به معرفی پژوهش حاضر خواهیم پرداخت. بخش‌های مختلف در این بخش عبارتند از: ۱. شرح و بیان مسئله پژوهشی ۲. اهمیت و ارزش پژوهش، ۳. اهداف پژوهش، ۴. سؤالات و پیش فرض‌های تحقیق، ۵. کلید واژه‌ها، ۶. متغیرها، ۷. محدودیت‌های تحقیق.

۱-۱_ شرح و بیان مسئله پژوهش

ارزیابی ترکیب بدن برای همه افراد جامعه از اهمیت زیادی برخوردار است. در بیشتر پژوهش‌ها گزارش شده است که ترکیب بدن ارتباط با برخی از بیماری‌ها دارد. اندازه‌گیری ترکیب بدن، برای بسیاری از پزشکان، مربیان ورزش و متخصصان بهداشت، شیوه‌ای رایج و استاندارد شده است. شواهد پژوهشی نشان می‌دهد که چاق بودن (چربی مازاد بدن) با آسیب عضلات اسکلتی، عدم تداوم تمرینات ورزشی، کاهش فعالیت ورزشی و بسیاری مشکلات جسمانی دیگر وابسته است (i i). به بیان دقیق‌تر، توده چربی بیش از حد بدن با عوارض جسمانی مثل فشار خون بالا، دیابت، افسردگی، چربی خون و بیماری‌های قلبی-عروقی (CHD) همراه است (i i i). از طرف دیگر در بسیاری از مسابقات ورزشی، ورزشکاران باید به سرعت و با مهارت بالایی حرکات را انجام دهند. بنابراین تجمع چربی بدن می‌تواند مانع سرعت دو و قابلیت پرش و نیز اجرای استقامت شود (i v). امروزه روش‌های ارزیابی ترکیب بدن اطلاعات مفیدی را برای همگان خصوصاً مربیان و ورزشکاران فراهم نموده است. علی‌رغم اینکه اندازه و وزن کل بدن اهمیت دارد، با این حال ترکیب بدن مهمتر است. بدین منظور اهمیت ارائه روش‌های مناسب از بعد دقت، سادگی، کم‌هزینه بودن و متناسب با جامعه ما امری بدیهی است.

پژوهشگران معادلات ساده ای را برای بدست آوردن چربی بدن از طریق اندازه گیری محیط قسمت های مختلف بدن به دست آوردند که همبستگی بالایی با درصد چربی بدست آمده از چگالی سنجی زیر آب دارد ($r=0.93$). (V) تا کنون روش ها و ابزارهای آزمایشگاهی و میدانی مختلفی برای ارزیابی ترکیب بدن به کار گرفته شده است، اگرچه برخی از این روش ها همانند جذب اشعه X، اولتراسوند، اثرگذاری مادون قرمز و وزن سنجی زیر آب، دقیق و تخصصی هستند، اما پرهزینه اند و برخی از روش ها همچون روش لایه ی چربی زیر پوستی، محیط اندام و مقاومت بیوالکتریکی دارای قابلیت استفاده آسان و سریع هستند. در این میان، از روش توزین زیر آب به سبب دقت بیشتر و هزینه کمتر، به عنوان روشی با استاندارد طلایی نام برده شده است (Vi و V_i) و اعتبار آن مورد تأیید قرار گرفته است (X_i و V_i) اگرچه همواره استفاده از روش های دقیق تر برای برآورد ترکیب بدن توصیه می شود، اما با توجه به پرهزینه بودن و عدم دسترسی به تجهیزات و امکانات این روش ها، استفاده از روش های میدانی گسترش بیشتری یافته است. این روش ها نسبتاً ساده اند و به آسانی در مکان های مختلف قابل اجرا هستند (X_i). برآورد درصد چربی بدن جهت مطالعات کاربردی و غیر کاربردی در رشته تربیت بدنی و علوم ورزشی از اهمیت برخوردار است و برای ورزشکاران و غیر ورزشکاران مورد استفاده قرار می گیرد. تفاوت های نژادی- قومی در اندازه گیری چربی اندام های بدن نقش مهمی دارند، بدین معنی معادله ی پیش بینی جمعیت خاص برای جمعیت خاص دیگر کاربرد ندارد. هدف این پژوهش تهیه و معرفی معادلاتی برای برآورد درصد چربی بدن از طریق اندازه گیری محیط بخش های مختلف بدن با استفاده از توزین زیر آب به عنوان روش معیار می باشد.

۱-۲_ اهمیت و ارزش پژوهش

به دلیل توزیع متفاوت چربی افراد در جوامع مختلف باید هر جامعه با توجه به نژاد، سن، جنس، ملیت، منطقه جغرافیایی و عادات فرهنگی معادلات برآورد چربی بدن خاص خود را داشته باشند. بیشتر این معادلات از طریق اندازه گیری محیط اندام های مختلف بدن و چربی زیرپوستی به دست می آید. نخستین معادلات رگرسیون ترکیب بدن به شیوه ی آنتروپومتری برای برآورد چگالی بدن مردان جوان و میانسال از طریق چربی زیر پوست، پنجاه سال پیش منتشر شد (بروزیک^۱ و کیز^۲، ۱۹۵۱). برای زنان نیز معادلات همگونی در گروه های سنی ویژه در همین دهه انتشار یافت (اسلون^۳ و یانگ^۴، اوایل ۱۹۶۰). این معادلات به کمک ترکیب های گوناگون

1 - Brozek

2 - Keys

3 - Sloan

4 - Yang

اندازه گیری چربی زیر پوست تکامل یافت. پژوهشگران از اواسط دهه ی ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ معادلات پیشگویی دیگری را در مردان و زنان ارائه دادند (Xi i i). جکسون و پولاک (Xi i i)، جکسون و همکاران (Xi V)، ماهیت برخی از مسائل مهم را به هنگام استفاده از آنتروپومتری برآورد چگالی بدن به تفصیل بیان کردند. اولاً همبستگی بین چگالی بدن و ضخامت چربی زیر پوست، غیرخطی است. بنابراین به معادلات درجه ی دوم به جای معادلات رگرسیونی خطی برای دقت بیشتر نیاز است، دوم اینکه ضخامت چربی زیر پوست در بین دو جنس زن و مرد به طور یکنواخت توزیع نمی شود و در بعضی از نواحی ضخیم تر از نواحی دیگر است (XV). بالا بودن چربی ضروری زنان، بیانگر بالا بودن ضخامت چربی زیر پوست است (XVI)؛ سوم اینکه ترکیب بدن، وابسته به سن است، یعنی بعد از ۳۵ سالگی بر ذخیره ی چربی جوانان افزوده می شود و این امر تا حدی به میزان فعالیت بستگی دارد (XVI i)، چهارم اینکه اگر معادلاتی که برای یک جمعیت خاص ایجاد شده اند (مثلاً مردان میانسال بی تحرک)، برای جمعیت خاص دیگری استفاده شوند (مثلاً برای مردان قهرمان دو استقامت)، خطاهای پیش بینی قابل توجهی رخ خواهد داد. تفاوت های نژادی- قومی در اندازه گیری محیط اندام های بدن نقش مهمی دارند، بدین معنی که معادله ی پیش بینی جمعیت خاص برای جمعیت خاص دیگر کاربرد ندارد. به نظر می رسد انگیزه ارائه ی فرمول رگرسیونی تخمین درصد چربی بدن در جمعیت ایرانی با ترکیب آناتومیکی ویژه و رفتار تغذیه ای خاص، در کنار معادلات پیشگوی درصد چربی بدن جمعیت های اروپایی و مخصوصاً استفاده از شاخص های فراگیر محیط اندام های بدن و کاربرد روش معیار در منابع علمی، زمینه ی مناسب مطالعات آینده نگر را در حیطه ی بالینی و فیزیولوژیکی (پیشگیری) و قلمرو آنتروپومتری فراهم می کنند.

۱-۳_ اهداف پژوهش

۱-۳_۱_ هدف کلی

هدف اصلی پژوهش تهیه معادلاتی برای برآورد چگالی و درصد چربی و یا توده چربی بدن از طریق اندازه گیری محیط اندام های مختلف بدن با استفاده از توزین زیر آب به عنوان روش معیار می باشد.

۱-۳_۲_ هدف فرعی

هدف فرعی تعیین همبستگی بین برآورد درصد چربی از چگالی سنجی زیر آب و ابعاد نقاط مختلف بدن می باشد.

۱-۴_ فرضیه های تحقیق

فرضیه ۱-۴-۱. بین اندازه محیط های بدنی در نقاط بازو، ساعد، مچ دست، زیر سینه، بالای شکم، پایین شکم، لگن، ران، ساق پا و مچ پا با چگالی بدن محاسبه شده از روش توزین زیر آب دانشجویان دختر تمرین نکرده همبستگی منفی معناداری وجود دارد.

فرضیه ۱-۴-۲. بین اندازه محیط های بدنی در نقاط بازو، ساعد، مچ دست، زیر سینه، بالای شکم، پایین شکم، لگن، ران، ساق پا و مچ پا با درصد چربی محاسبه شده از روش توزین زیر آب دانشجویان دختر تمرین نکرده همبستگی مثبت معناداری وجود دارد.

فرضیه ۱-۴-۳. بین اندازه محیط های بدنی در نقاط بازو، ساعد، مچ دست، زیر سینه، بالای شکم، پایین شکم، لگن، ران، ساق پا و مچ پا با توده چربی محاسبه شده از روش توزین زیر آب دانشجویان دختر تمرین نکرده همبستگی مثبت معنی داری وجود دارد.

۱-۵_ پیش فرض های تحقیق

۱. آزمودنی ها در اجرای آزمون به شکل مناسبی با آزمونگر همکاری کردند.

۲. شرایط اندازه گیری برای تمام آزمودنی ها یکسان بود.

۳. آزمونگر با روش اندازه گیری متغیرهای مورد بررسی آشنا بود.

۴. آزمودنی ها با نحوه انجام مراحل آزمون آشنا بودند.

۵. آزمودنی ها در طی ۱۲ ساعت قبل آزمون فعالیت شدید نداشتند.

۶. آزمودنی ها تا ۳ ساعت قبل آزمون از مصرف غذای سنگین خودداری کردند.

۱_۶_ کلید واژه ها

۱_۷_ تعریف مفهومی واژه ها

۱_۷_۱_ توزین زیر آب

توزین زیر آب یکی از دقیق ترین شیوه های آزمایشگاهی برای ارزیابی چگالی بدن است. این روش بر اساس اصل ارشمیدس استوار است. (xviii)

۱_۷_۲_ آنترپومتری

بدن سنجی انسانی، روشی است که در آن به وسیله ابزار دقیق ویژگی های جسمانی انسان اندازه گیری می شود. (۱۸)

۱_۷_۳_ ترکیب بدن

در مدل دو جزئی ترکیب بدنی، بدن انسان تقسیم به دو جزء بافت چربی و بافت بدون چربی می شود. (۱۸)

۱_۷_۴_ محیط اندام

اندازه گیری های محیط اندام های بدن به عنوان یک روش آسان به منظور تخمین ترکیب بدنی و توصیف بدن محسوب می شود. (۱۸)

۱_۸_ تعاریف عملیاتی واژه ها

۱_۸_۱_ توزین زیر آب

در این پژوهش برای اندازه گیری چگالی بدن از توزین زیر آب استفاده شد. معادلات مربوطه در فصل سوم آمده است.

۱_۸_۲_ آنتروپومتری

در این پژوهش ویژگی های آنتروپومتری شامل: قد، وزن و محیط قسمت های مختلف بدن که احتمال دارد با چربی بدن در ارتباط باشند اندازه گیری شد.

۱_۸_۳_ ترکیب بدن

منظور از ترکیب بدن در پژوهش حاضر، میزان چربی و توده بدون چربی است که از طریق چگالی سنجی توزین زیر آب به دست آمده است.

۱_۸_۴_ محیط اندام

در این پژوهش محیط ۱۰ قسمت از بخش های مختلف بدن در نقاط دور بازو، ساعد، سینه، مچ دست، باسن، پایین شکم، بالای شکم، ران، ساق و مچ پا برای برآورد غیر مستقیم درصد چربی بدن اندازه گیری شد. روش اندازه گیری محیط اندام ها در فصل سوم آمده است.

۱_۹_۱_ متغیرهای تحقیق

۱_۹_۱_ متغیرهای مستقل

سن، وزن، قد و محیط ابعاد بدن در نقاط بازو، سینه، مچ دست، باسن، پایین شکم، بالای شکم، ران، ساق و مچ پا.

۱_۹_۲_ متغیرهای وابسته:

توده چربی، توده بدون چربی، درصد چربی بدن، چگالی بدن.

۱_۱۰_۱_ محدودیت های تحقیق

۱_۱۰_۱_ محدودیت های قابل کنترل:

سن، جنسیت، دمای مخزن، زمان اندازه گیری چگالی بدن، عدم مصرف داروی خاص و عدم سابقه به بیماری خاص.

۱_۱۰_۲_ محدودیت های غیر قابل کنترل :

امکان عدم همکاری آزمودنی هادر خارج کردن هوا در هنگام آزمون و کنترل کامل تغذیه آزمودنی ها .

فصل دوم

مروری بر پیشینه تحقیق

مقدمه

در این فصل چارچوب نظری پژوهش مورد بررسی قرار گرفته و از پژوهش های قبلی در این زمینه برای شفاف سازی موضوع مورد مطالعه کمک خواهیم گرفت . این فصل مشتمل بر بخش های : ۱. مبانی نظری تحقیق، ۲. پیشینه پژوهش می باشد.

۲-۱_ مبانی نظری تحقیق

۲-۱-۱_ روش های ارزیابی ترکیب بدن

به منظور ارزیابی ترکیب بدن از روش های مختلفی می توان استفاده کرد. امروزه توصیف کاملی از روش های متعدد اندازه گیری به طور مکتوب در دسترس می باشد . برخی از این روش ها میدانی است و برخی دیگر را صرفاً در آزمایشگاه می توان انجام داد. روش های ارزیابی ترکیب بدن شامل روش های مستقیم و غیر مستقیم می باشد . در روش مستقیم به تجزیه شیمیایی بافت های جدا شده جسد انسان می پردازند که روشی دشوار ، گران و وقت گیر می باشد. در روش های غیر مستقیم که شامل روش های میدانی (مثل اندازه گیری ضخامت ضخامت لایه های پوستی و محیط اندام) نسبت به روش های آزمایشگاهی (توزین در زیر آب) عملاً پیچیدگی کمتری دارند، تجهیزات آن ها به آسانی قابل حمل می باشند و هزینه کمتری دارند. (۱۸) تعدادی از روش های مورد

استفاده به منظور ارزیابی ترکیب بدن که به روش های آزمایشگاهی معروف هستند و از دقت بالاتری برخوردارند، عبارتند از:



شکل (۱-۲) توزین زیر آب

۲-۱-۱-۱_ توزین زیر آب °

در این روش بر اساس اصل ارشمیدس عمل می کنیم . این اصل اعلام می کند نیرویی که باعث شناوری فرد در آب می گردد برابر با حجم آب جا به جا شده است. همین نیروی شناوری باعث می گردد تا فرد در آب نسبت به سطح خشکی وزن بسیار کمتری داشته باشد.

وزن کشتی در زیر آب برای اولین بار توسط بهنک^۱ و همکاران در سال ۱۹۴۲ مورد استفاده قرار گرفت. بهنک و همکاران نشان دادند خطای اندازه گیری چگالی بدن با استفاده از روش وزن کشتی در آب ناشی از حجم