

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تربیت مدرس شهید رجائی

# هورمون‌ها، متابولیسم و مزایای فعالیت ورزشی

پژوهش‌ها و چشم‌اندازهای تعاملات غدد درون‌ریز

ویراستار متن انگلیسی

بروس اسپیگلمن

مترجمین

دکتر فرشته شهیدی

عضو هیئت علمی و دانشیار دانشگاه تربیت مدرس شهید رجائی تهران

خدیجه پورعبدی

دانشگاه تربیت مدرس شهید رجائی تهران

مجتبی صادق قمی

دانشجوی دکترای تخصصی فیزیولوژی ورزشی

عنوان و نام پدیدآور	: هورمون‌ها، متابولیسم و مزایای فعالیت ورزشی پژوهش‌ها و چشم‌اندازهای تعاملات غدد درون‌ریز/ ویراستار متن انگلیسی بروس اسپیگل‌من؛ مترجمین فرشته شهیدی، مجتبی صادق‌قمی، خدیجه پورعبدی.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، ۱۴۰۱.
مشخصات ظاهری	: ۱۸۳ص.
شابک	: ۹۷۸-۶۲۲-۶۵۸۹-۴۰-۶
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: Hormones, metabolism and the benefits of exercise, 2017: عنوان اصلی
موضوع	: تمرین‌های ورزشی -- جنبه‌های فیزیولوژیکی Exercise -- Physiological aspects تمرین‌های ورزشی -- جنبه‌های بهداشتی Exercise -- Health aspects
شناسه افزوده	: اسپیگل‌من، بروس ام، ویراستار
شناسه افزوده	: Spiegelman, Bruce M
شناسه افزوده	: شهیدی، فرشته، ۱۳۴۹ -
شناسه افزوده	: صادق قمی، مجتبی، ۱۳۷۰ -
شناسه افزوده	: پورعبدی، خدیجه، ۱۳۶۲ - ، مترجم
شناسه افزوده	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
شناسه افزوده	: Shahid Rajaei Teacher Training University
زده بندی کنگره	: QP۳۰۱
زده بندی دیویی	: ۰۴۴/۶۱۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۸۹۸۳۵۸۷
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیبا



دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

عنوان	: هورمون‌ها، متابولیسم و مزایای فعالیت ورزشی
ترجمه	: دکتر فرشته شهیدی، عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی / مجتبی صادق قمی/ خدیجه پورعبدی
ویراستار ادبی	: عاطفه نجیبی
نوبت چاپ	: اول - تابستان ۱۴۰۱
انتشارات	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
لیتوگرافی، چاپ	: چاپ و صحافی حامی
طراح جلد	: عباس مرادی
ناظر چاپ	: محمد معتمدی‌نژاد
کارشناس چاپ و صفحه‌آرا	: نیره فیروزی
کارشناس انتشارات	: طاهره کیا
شمارگان	: ۱۰۰ جلد
قیمت	: ۱.۱۰۰.۰۰۰ ریال
شابک	: ۹۷۸-۶۲۲-۶۵۸۹-۴۰-۶
ISBN: 978-622-6589-40-6	

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفان و مترجمان و دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی محفوظ است.

نشانی: تهران، لویزان، کد پستی ۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸، صندوق پستی ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵، تلفن: (۲۶۳۲) ۹ - ۲۲۹۷۰۰۶۰،

۲۲۹۷۰۰۷۰، تلفکس: ۲۲۹۷۰۰۴۲، پست الکترونیکی: [publish@sru.ac.ir](mailto:publish@sru.ac.ir)، وبسایت: <http://publish.sru.ac.ir>

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	<b>فصل اول</b> شکل پذیری بافت چربی قهوه‌ای: کنترل هورمونی و محیطی
۱۹	<b>فصل دوم</b> AMPK حسگر انرژی: سازگاری‌ها به فعالیت ورزشی، مواد مغذی و پیام‌رسانی‌های هورمونی
۳۷	<b>فصل سوم</b> پاسخ استروئیدهای پلاسمایی و آمادگی قلبی- تنفسی به فعالیت ورزشی منظم
۶۱	<b>فصل چهارم</b> پیام‌رسانی: دسترسی به گلیکوژن عضلانی به‌عنوان تنظیم‌کننده سازگاری‌های تمرینی
۸۳	<b>فصل پنجم</b> مشارکت مطلوب ماکروفاژها و سلول‌های ماهواره‌ای در ترمیم و بازسازی عضلات تمرین کرده
۹۹	<b>فصل ششم</b> microRNAهای عضله اسکلتی: نقش در تمایز، بیماری و فعالیت ورزشی

هورمون‌ها، متابولیسم و مزایای فعالیت ورزشی ب

۱۲۳

**فصل هفتم**

متابولیت‌های تریپتوفان- کینورنین در فعالیت ورزشی و سلامت روان

۱۳۹

**فصل هشتم**

نقش FNDC5 / آیریزین در سیستم عصبی و به‌عنوان میانجی اثرات سودمند فعالیت ورزشی بر مغز

۱۵۷

**واژه‌نامه**

۱۶۷

**نمایه**

### **نویسندگان**

فرانسیسکو. اس سلی؛ بنویت. ویولت؛ ژی هونگ می؛ توامورنکینن؛ آرتور اس لئون؛ جیمز اس اسکینر؛ اندری تچرنوف؛ کلود بوچارد؛ جان. ای هاولی؛ رکولافورر؛ کریستوف هندسچین؛ راسموس جی؛ ماگنوس اچ؛ آتاکروک؛ پاولوالنتی سیلوا؛ خورخه لیرا رواس؛ محمد راشد اسلام؛ مایکل اف پانگ؛ کریستین دی وران.

## پیش‌گفتار

ما در پاریس جمع شدیم تا کار جدیدی در مورد عملکرد و مزایای مولکولی ناشی از فعالیت ورزشی ارائه نمائیم.

انجام فعالیت ورزشی با هدف تامین سلامتی انسان برای تمامی کشورها امری شناخته شده است. مدت مدیدی است که از رژیم غذایی و فعالیت ورزشی به‌عنوان راهکار درمانی برای بیماری‌های متابولیک مانند چاقی و دیابت نوع ۲ استفاده می‌شود. گرچه شاید تاکنون به‌طور کامل درک نشده باشد که فعالیت ورزشی بر بهبود عملکرد کبد، عضله و مهم‌تر از همه بر مغز موثر است. فعالیت استقامتی یکی از راهکارهای تحریک نرون زائی عصبی در انسان‌های بالغ به‌شمار می‌آید. به شرطی که بتوانیم روش‌های تحریک دقیق آن را درک کنیم. در آن صورت می‌توانیم امیدوار باشیم که شیوه‌های تمرینی، ارتقاء یافته و با کشف مولکول‌های جدید موثر، مزایایی بیشتری نسبت به قبل با انجام فعالیت ورزشی به‌دست آید.

توجه به این نکته مهم است که بدانیم، هدف بیشتر دانشمندان، جایگزینی فعالیت ورزشی به‌جای قرص نیست. این در واقع هدفی ساده‌لوحانه و بعید است. البته، باید بدانیم بسیاری از مردم به‌دلیل کهولت سن یا انواع ناتوانی‌هایی مانند سرطان، بیماری‌های تحلیل عصبی-عضلانی و آسیب‌های بعد از عمل جراحی نمی‌توانند فعالیت ورزشی داشته باشند. برای افراد سالم نیز محدودیت‌هایی برای انجام فعالیت ورزشی وجود دارد چراکه انجام فعالیت، زمان بر است یا می‌تواند التهاب مفاصل یا عضلات را به‌دنبال داشته باشد (شاید به این دلیل که، میزان تولید برخی ملکول‌ها، توسط فعالیت ورزشی بیش از تولید آن طی یک فعالیت بدنی روزمره باشد)؛ البته این امر هنوز در مرحله یک فرضیه است و NIH با راه‌اندازی برنامه جدید "مبدل‌های ملکولی فعالیت بدنی" به این چالش پاسخ داده است.

فعالیت ورزشی می‌تواند به شیوه‌های متفاوتی با مدت، شدت و نوع فعالیت متفاوت اجرا شود. ورزش دویدن با وزنه‌برداری بسیار متفاوت است و احتمالاً سیستم‌های انرژی متفاوتی در هر یک

## هورمون‌ها، متابولیسم و مزایای فعالیت ورزشی ۵

درگیر هستند که باعث می‌شوند، مزایای ناشی از انجام هر یک با دیگری فرق داشته باشد. علاوه بر این، در پاسخ به یک فعالیت ورزشی، عامل زمان نیز مهم است. مطالعات کوتاه‌مدت احتمالاً می‌توانند تا حدی باعث آسیب‌های بافتی شوند در حالی که، به احتمال قوی، مطالعات منافع ناشی از فعالیت بلندمدت را بیشتر می‌دانند. مشاهدات انجام شده توسط تحقیقات ما نشان می‌دهند که نسخه‌برداری هم فعال‌کننده‌های PGC1 $\alpha$  که به شکل چربی قهوه‌ای کشف شده است با تمرین استقامتی در عضله تسهیل می‌شوند. پس از آن، باعث تحریک میتوکندری شده و در ادامه کار، بسیاری از مسیرهای ناشی از تمرین استقامتی در عضله را حداقل در موش فعال می‌کنند این مسیرها شامل: مقاومت در مقابل دیستروفی و آتروفی عضلانی می‌شود.

علاقه پژوهشی ما متمرکز بر چگونگی بیان PGC1 $\alpha$  است که در نهایت به کشف آیریزین منجر شد. پروتئین کوچکی که توسط عضلات ترشح شده (یک مایوکاین است) و ترشح آن در انسان و موش با فعالیت ورزشی و PGC1 $\alpha$  کنترل می‌شود.

با این ادبیات پیشینه، این نوشتار به بررسی مطالعات اخیر انجام شده توسط محققین می‌پردازد که در مقالات یا همایش‌ها ارائه شده و با تاکید بر فعالیت ورزشی و درک روند ملکولی ناشی از آن در انسان است.

مطمئناً، این اطلاعات می‌تواند با تبادل نظر بین دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی مختلف جهان به توسعه مداخلات درمانی در این حوزه کمک کند.

بروس اسپینگلمن

مرکز سرطان‌شناسی دانا-فاریبر

موسسه پزشکی هاروارد

بوستون آمریکا

## پیش‌گفتار مترجم

مطالعه اثرات فعالیت ورزشی بر بدن با بررسی جنبه‌های مختلف آن در سطح سلولی-مولکولی رو به افزایش است. بیشترین تمرکز در تحقیقات جدید، بر سازوکارهای تنظیم‌کننده سازگاری ناشی از تمرین در انواع مختلف آن است.

کتاب حاضر با عنوان «هورمون‌ها، متابولیسم و مزایای فعالیت ورزشی» توسط جمعی از نویسندگان شناخته شده علوم ورزشی نگاشته شده است. ویراستار متن انگلیسی، دکتر بروس اسپینگلمن محقق شناخته شده مرکز سرطان‌شناسی دانشگاه هاروارد است. تحقیقات ایشان در زمینه اثرات سودمند فعالیت ورزشی و تمرین در کنار درمان‌های رایج در کنترل انواع سرطان‌ها در مجلات معتبر به چاپ رسیده است. کتاب ارزشمند حاضر در ۸ فصل، برخی تغییرات سوخت‌وسازی ناشی از فعالیت ورزشی را که می‌تواند در درمان بسیاری از بیماری‌ها، نقش موثری داشته باشد، به تصویر می‌کشد. برگردان فارسی این نوشتار، حاصل همکاری دو نفر از دانشجویان ساعی رشته فیزیولوژی ورزشی در مقطع دکترا است. امیدواریم با این ترجمه، گامی هرچند کوچک در جهت معرفی دیدگاه‌های درمانی جدید و به‌روز مرتبط با رشته خود داشته باشیم.

فصل اول کتاب به کنترل هورمونی و محیطی بافت چربی قهوه‌ای می‌پردازد و نقش این بافت ارزشمند را از جنبه‌های مختلف بررسی می‌کند.

در فصل دوم به نقش پروتئین کیناز فعال شده AMP در تولید انرژی پرداخته می‌شود. در تحقیقات جدید، AMPK به‌عنوان یک مولکول میانجی مهم، علاوه بر اثرات شناخته شده، احتمالاً حتی می‌تواند در درمان ناهنجاری‌های متابولیسمی و مقاومت به انسولین نیز موثر باشد.

فصل سوم کتاب پاسخ‌های استروئیدهای مترشحه از بافت‌های مختلف را به فعالیت ورزشی منظم با تاکید بر عملکرد قلبی-تنفسی بررسی می‌کند.

## هورمون‌ها، متابولیسم و مزایای فعالیت ورزشی و

در فصل چهارم، چشم‌انداز دسترسی به گلیکوژن عضلانی در سازگاری‌های تمرینی مورد بحث قرار گرفته و تاثیر تامین گلیکوژن در میزان سازگاری‌های عضلانی در انواع فعالیت‌های ورزشی بحث می‌شود.

در فصل پنجم به ماهیت سلول‌های ماهواره‌ای و تعامل این سلول‌ها با سایتوکاین‌ها، مایوکاین‌ها و ماکروفاژها در بازسازی و ترمیم عضلات اسکلتی و نقش پررنگ  $PGC1\alpha$  در درمان آسیب‌های عضلانی پرداخته خواهد شد.

فصل ششم به بررسی بیولوژیکی میکرو RNAها و تاثیر آن‌ها بر تنظیم بیان ژن می‌پردازد. microRNAs تنظیم عملکردهای سلولی از جمله تکثیر، تمایز و متابولیسم سلول‌ها را به عهده دارند.

در فصل هفتم کتاب، اثرات روانی فعالیت ورزشی و نقش میانجی‌های مولکولی در این زمینه مورد بحث قرار می‌گیرد. تمرکز این فصل بر اثرات تجمع متابولیت‌های تریپتوفان-کینورین در مغز است که می‌تواند زمینه ایجاد افسردگی ناشی از استرس را در انسان فراهم سازد.

در فصل انتهایی کتاب به نقش مایوکاین مهمی به نام آیریزین پرداخته می‌شود. آیریزین به واسطه تنظیم بیان ژن پروتئین جفت نشده ۱ در ادیپوسیت‌های سفید و بژ، باعث افزایش انرژی مصرفی است و به‌عنوان یک مایوکاین وابسته به  $PGC1\alpha$ ، از عضله اسکلتی ترشح می‌شود و نقش آن بر انواع بیماری‌های مرتبط با سندرم متابولیک شناخته شده است. بیشتر تمرکز این کتاب علاوه بر اثر یاد شده، بر تاثیر آیریزین در سیستم عصبی است. مایوکاینی که می‌تواند به‌عنوان یک میانجی فعالیت ورزشی در مغز، اثرات مفیدی داشته باشد.

با توجه به تاثیر فعالیت ورزشی استقامتی بر مغز و عملکرد شناختی آن، می‌توان انتظار داشت انجام این‌گونه فعالیت‌ها در سالمندی، در ارتقاء سطح سلامت مغز موثر باشد.

ویژگی کتاب حاضر، بررسی دقیق و موشکافانه نتایج مطالعات انجام شده در زمینه تاثیر انواع فعالیت‌های ورزشی و تمرین در سال‌های اخیر از جنبه‌های گوناگون متابولیکی و مولکولی است. بی‌شک این نوشتار بری از اشتباه نیست، لذا از همکاران، دانشجویان و محققین ارجمند خواهشمندیم با راهنمایی‌های ارزشمند خود، ما را در رفع این اشکالات یاری نمایند.

فرشته شهیدی

دانشیار گروه فیزیولوژی ورزش دانشکده علوم ورزشی

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران



## فصل اول

شکل‌پذیری بافت چربی قهوه‌ای:

کنترل هورمونی و محیطی

فرانسیسکو. اس سلی



## خلاصه فصل

سلول‌های بافت چربی قهوه‌ای (BAT) و چربی بژ (brite) توانایی منحصربه‌فردی در تبدیل انرژی شیمیایی به گرمایی داشته و نقش حیاتی در پاسخ گرمزائی تطبیقی و افزایش گرمزائی غیرلرزشی ایفا می‌کنند. پروتئین جفت نشده -1 (UCP1) نشان‌دهنده تأثیر مولکولی آدیپوسیت‌های بژ و بافت چربی قهوه‌ای است. چراکه، از طریق فسفوریلاسیون ADP امکان دسترسی به سوسترای اکسیداتیو را فراهم می‌کند. تا همین اواخر، تصور می‌شد که نقش فیزیولوژیکی و مخازن آدیپوسیت‌های BAT و بژ فقط محدود به پستانداران و نوزادان تازه متولد شده است. کشف BAT در افراد بالغ و اثبات فعالیت بافت چربی قهوه‌ای در بافت چربی سفید توسط آدیپوسیت‌های بژ، اشتیاق جدیدی را برای دستیابی به اهداف بالقوه درمان چاقی و دیگر اختلالات مرتبط با تعادل مثبت انرژی ایجاد کرد. این یافته‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند، زیرا مطالعات *in vitro* نشان داده‌اند که پیش آدیپوسیت‌ها می‌توانند از طریق مسیرهای متعددی به سمت فنوتیپ قهوه‌ای مشترکی هدایت شوند که این به نوبه خود ممکن است برای مداخلات درمانی مورد استفاده باشد. مطابق با رونویسی چربی بژ در جوندگان، در افراد بالغ نیز فعالیت BAT بیشتر در ذخایر چربی عمقی نواحی گردن و به میزان کمتری در بافت چربی زیر پوستی مشاهده می‌شود. این مشاهدات از این فرضیه پشتیبانی می‌کنند که فعالیت و ظرفیت BAT در انسان می‌تواند تعدیل شود. بدین منظور، برنامه تحقیقاتی خود را بر تشخیص چربی بژ در انسان و اثرات هورمونی و محیطی آن در پاسخ گرمزائی سازشی متمرکز نمودیم. قرار گرفتن در معرض سرمای ملایم که معمولاً در محدوده‌ی دمای ساختمان‌ها استفاده می‌شود، برای فعال‌سازی BAT و آدیپوسیت‌های بژ و در نتیجه افزایش قابل‌ملاحظه‌ی گرمزائی غیرلرزشی کافی است. گرمزائی تطبیقی نشانه‌های هورمونی خاص ایجاد کرده و دسترسی به گلوکز را افزایش می‌دهد. قرارگیری مداوم در معرض سرمای ملایم، باعث افزایش توده و فعالیت سلول‌های BAT می‌شود. در مقابل، قرار گرفتن در معرض آب و هوای گرم، توده و فعالیت سلول‌های BAT را از بین می‌برد. علاوه بر این، تحریک بافت چربی قهوه‌ای باعث بروز اثرات متابولیکی ناشی از افزایش بافت چربی

#### هورمون‌ها، متابولیسم و مزایای فعالیت ورزشی ۴

قهوه‌ای می‌شود. این موارد نشان می‌دهند که هر دو عامل افزایش و فعال شدن بافت چربی قهوه‌ای، استراتژی‌های ضروری، مکمل یکدیگر و قابل توجه هستند. از نظر تجربی، پیش آدیپوسیت‌های انسانی، زیربنای قابل توجهی برای بررسی مکانیزم‌های مختلف به منظور افزایش و فعال نمودن بافت چربی قهوه‌ای به شمار می‌روند. آزمایش‌های ما متمرکز بر مطالعه FGF-21 و FNDC5 / irisin و ظرفیت آن‌ها برای افزایش روند قهوه‌ای شدن است. افزایش میزان FGF-21 یا FNDC5 منجر به برنامه‌ریزی مجدد فنوتیپ قهوه‌ای می‌شود. از نظر عملکردی، رونویسی چربی قهوه‌ای با افزایش مصرف اکسیژن و کاتکلامین‌ها نمود پیدا می‌کند که این، نشان‌دهنده افزایش استفاده از سوبسترا است. در مجموع، یکپارچه‌سازی مشاهدات فیزیولوژی انسانی با مشاهدات سیستم‌های کشت سلولی می‌توانند فرصتی منحصر به فرد برای تعمیم و تفسیر نتایج حاصل از مدل‌های تجربی به اهداف درمانی کاربردی را فراهم سازند.