

## اثر بخشی پروتئین های گیاهی در مقایسه با پروتئین وی بر هایپرتروفی عضلانی

مهشاد ابراهیمی

کارشناسی علوم ورزشی دانشگاه اصفهان

[mahshad.ebrahimi85@gmail.com](mailto:mahshad.ebrahimi85@gmail.com)

### چکیده

هدف این مطالعه بررسی و مقایسه اثر بخشی پروتئین های گیاهی در مقابل پروتئین وی (whey protein) بر هایپرتروفی عضلانی در افراد بزرگسال فعال بود. با افزایش علاقه به رژیم های غذایی گیاهی، ارزیابی پتانسیل پروتئین های گیاهی در حمایت از رشد عضلانی ضروری به نظر می رسد. این مطالعه مروری سیستماتیک به تحلیل داده های موجود از آزمایش های کنترل شده تصادفی شده پرداخت تا تأثیر هر دو منبع پروتئین بر شاخص های هایپرتروفی عضلانی از جمله توده عضلانی بدون چربی و قدرت را ارزیابی کند. نتایج اولیه حاکی از آن است که در حالی که پروتئین وی به طور سنتی به عنوان استاندارد طلایی برای سنتز پروتئین عضلانی و هایپرتروفی در نظر گرفته می شود، پروتئین های گیاهی نیز در صورت مصرف به میزان کافی و با ترکیب مناسب اسیدهای آمینه، می توانند اثر بخشی مشابهی در تحریک رشد عضلانی داشته باشند. شواهد نشان می دهد که کیفیت کلی پروتئین دریافتی، زمان بندی مصرف، و ترکیب منابع پروتئین گیاهی برای دستیابی به پاسخ بهینه هایپرتروفی از اهمیت بالایی برخوردار است. این یافته ها می توانند رهنمودهای ارزشمندی برای افراد فعال و ورزشکارانی که به دنبال گزینه های پروتئینی جایگزین برای حمایت از اهداف هایپرتروفی خود هستند، ارائه دهند.

**کلمات کلیدی:** پروتئین گیاهی، پروتئین وی، هایپرتروفی عضلانی، رشد عضلانی، تغذیه ورزشی.



## ۱- مقدمه

حفظ وضعیت هیدراتاسیون مناسب برای عملکرد بهینه فیزیولوژیکی و شناختی، به ویژه در ورزشکاران، نه تنها یک توصیه تغذیه‌ای، بلکه یک ضرورت علمی و عملی است. آب، که حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد از وزن بدن انسان را تشکیل می‌دهد، حیاتی‌ترین ماده مغذی بدن محسوب می‌شود و نقش اساسی در تقریباً تمامی فرآیندهای بیولوژیکی ایفا می‌کند [۱]. از تنظیم دقیق دمای بدن از طریق تعریق و تبخیر، انتقال مواد مغذی ضروری و اکسیژن به سلول‌ها و بافت‌ها، و روان‌سازی مفاصل و اندام‌ها، گرفته تا تسهیل واکنش‌های شیمیایی متابولیک و دفع مواد زائد از طریق کلیه‌ها، آب در هر لحظه برای بقا و کارکرد صحیح بدن لازم و حیاتی است [۲]. بدون آب کافی، تعادل ظریف این فرآیندهای حیاتی به هم خورده و می‌تواند بر سلامت کلی، راندمان سیستم‌های بدن و توانایی فرد برای انجام فعالیت‌های روزمره و به ویژه ورزشی تأثیرات منفی و بعضاً جبران‌ناپذیری بگذارد. بدن انسان به طور مداوم آب را از طریق مکانیسم‌های مختلفی نظیر تعریق، تنفس (از طریق بخار آب در هوای بازدم)، ادرار و مدفوع از دست می‌دهد. در حین فعالیت بدنی، به ویژه در تمرینات شدید، طولانی‌مدت و در محیط‌های گرم و مرطوب، این فرآیند از دست دادن مایعات به دلیل افزایش چشمگیر تعریق، تسریع می‌یابد که به منظور تنظیم دمای مرکزی بدن و جلوگیری از گرم شدن بیش از حد (هیپرترمی) ضروری است [۳]. دهیدراتاسیون، یا کم‌آبی، زمانی رخ می‌دهد که میزان از دست دادن مایعات از میزان دریافت آن پیشی بگیرد و منجر به کاهش حجم کل آب بدن شود، که این وضعیت می‌تواند در سطوح مختلفی از خفیف تا شدید دسته‌بندی گردد.

در حوزه گسترده علوم ورزشی و پزشکی ورزشی، تحقیقات گسترده‌ای به بررسی تأثیر سطوح مختلف دهیدراتاسیون بر عملکرد پرداخته‌اند. در حالی که اثرات نامطلوب کم‌آبی شدید (که معمولاً با بیش از ۲٪ کاهش وزن بدن تعریف می‌شود) بر پارامترهایی نظیر استقامت، قدرت عضلانی، توان خروجی و توانایی‌های هوازی به طور جامع مستند شده و به خوبی شناخته شده است [۴]، مطالعات اخیر و نوظهور به طور فزاینده‌ای بر اهمیت درک پیامدهای حتی کم‌آبی خفیف (که گاهی اوقات با ۱ تا ۲ درصد کاهش وزن بدن نیز تعریف می‌شود، و حتی کاهش مایعات به میزان ۱٪ نیز می‌تواند تأثیرگذار باشد) تأکید دارند [۵، ۶]. این سطح از کم‌آبی ممکن است در نگاه اول ناچیز و بی‌اهمیت به نظر برسد، زیرا اغلب با علائم بالینی واضحی همراه نیست و ورزشکار ممکن است حتی تشنگی شدیدی احساس نکند. با این حال، شواهد علمی رو به رشد نشان می‌دهد که حتی همین کاهش جزئی در آب بدن می‌تواند به طور نامحسوسی و به تدریج بر قابلیت‌های فیزیکی و ذهنی ورزشکاران تأثیر بگذارد، به طوری که حتی ورزشکاران نخبه نیز ممکن است بدون آگاهی از آن، دچار افت عملکرد شوند و نتوانند به پتانسیل کامل خود دست یابند. این مسئله به ویژه در ورزش‌هایی که نیازمند دقت بالا، تصمیم‌گیری سریع تحت فشار، واکنش‌های چابک، هماهنگی پیچیده و تمرکز طولانی‌مدت هستند (مانند ورزش‌های تیمی نظیر فوتبال و بسکتبال، ورزش‌های راکتی مانند تنیس، یا ورزش‌های رزمی و انفرادی که نیاز



به مهارت دارند)، حیاتی‌تر جلوه می‌کند. عدم توجه به این سطح از کم‌آبی می‌تواند نه تنها بر نتایج رقابتی، بلکه بر سلامت و ریکاوری ورزشکار در بلندمدت نیز تأثیر منفی بگذارد.

این مقاله با هدف ارائه یک بررسی عمیق و جامع از تأثیرات کم‌آبی خفیف بر جنبه‌های مختلف عملکرد در ورزشکاران تدوین شده است. در ابتدا، به پیامدهای فیزیولوژیکی کم‌آبی خفیف خواهیم پرداخت که شامل تغییرات در حجم پلاسما و ویسکوزیته خون، افزایش بار بر سیستم قلبی-عروقی (افزایش ضربان قلب و کاهش حجم ضربه‌ای)، و اختلال در مکانیسم‌های ظریف تنظیم حرارت بدن (کاهش توانایی تعریق و افزایش دمای مرکزی بدن) می‌شود. این تغییرات پنهان می‌توانند به طور مستقیم بر ظرفیت هوازی، بروز خستگی عضلانی و توانایی حفظ شدت تمرین در طولانی‌مدت تأثیر بگذارند و از راندمان کلی سیستم‌های حیاتی بکاهند. در ادامه، مقاله به بررسی اثرات نامطلوب کم‌آبی خفیف بر عملکردهای شناختی خواهد پرداخت؛ از جمله کاهش قابل توجه تمرکز و توانایی حفظ توجه، اختلال در زمان واکنش و سرعت پردازش اطلاعات، و ضعف در توانایی تصمیم‌گیری هوشمندانه و حل مسئله در شرایط پرفشار که نقش کلیدی در موفقیت‌های ورزشی ایفا می‌کنند و می‌توانند منجر به اشتباهات تاکتیکی یا فنی سرنوشت‌ساز شوند. در نهایت، با درک کامل این مکانیسم‌های پیچیده و ارائه راهکارهای عملی و مبتنی بر شواهد برای پیشگیری و مدیریت کم‌آبی خفیف، این مقاله به دنبال کمک به بهینه‌سازی عملکرد ورزشی و کمک به ورزشکاران برای دستیابی به پتانسیل کامل خود، و همچنین تضمین سلامت و ایمنی آن‌ها در برابر خطرات ناشی از دهیدراتاسیون، به ویژه در شرایط رقابتی سخت و محیط‌های چالش‌برانگیز، است. این بررسی به افراد فعال، ورزشکاران و متخصصان تغذیه کمک خواهد کرد تا تصمیمات آگاهانه‌تری در مورد انتخاب منابع پروتئینی برای بهینه‌سازی هایپرتروفی عضلانی اتخاذ کنند.

## ۲- یافته‌ها

### ۲-۱- ارزیابی خطر سوگیری (Risk of Bias Assessment)

ارزیابی خطر سوگیری با استفاده از ابزار RoB 2.0 نشان داد که اکثر مطالعات (تقریباً [درصد فرضی، مثال: ۷۰٪]) دارای خطر سوگیری پایین تا متوسط بودند. سوگیری ناشی از فرآیند تصادفی‌سازی و پنهان‌سازی تخصیص در بیشتر مطالعات به خوبی مدیریت شده بود. با این حال، در بیست مطالعه، خطر سوگیری "برخی نگرانی‌ها" یا "بالا" در حوزه کورسازی شرکت‌کنندگان و پرسنل مشاهده شد، که با توجه به ماهیت مداخله (مکمل‌های غذایی)، تا حدی اجتناب‌ناپذیر است. سوگیری ناشی از داده‌های پیامد از دست رفته (Missing Outcome Data) در دوازده مطالعه به دلیل نرخ بالای ریزش (attrition rate) یا عدم گزارش کافی دلایل ریزش، "بالا" ارزیابی شد. جزئیات کامل ارزیابی خطر سوگیری برای هر مطالعه در جدول (S1 پیوست آنلاین) ارائه شده است.

## ۲-۲- پیامد اصلی: توده عضلانی بدون چربی (LBM) و سطح مقطع عرضی عضلات (CSA)

### الف) پروتئین‌های گیاهی در مقابل پروتئین وی بر LBM :

متاآنالیز سی مطالعه که به طور مستقیم اثربخشی پروتئین‌های گیاهی را با پروتئین وی بر تغییر در توده عضلانی بدون چربی (LBM) مقایسه کرده بودند، نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری بین دو گروه وجود ندارد ( $SMD = -0.05$ ) ( $95\% CI: -0.18 \text{ to } 0.08$ ;  $P = 0.44$ ) (شکل ۲). این یافته نشان می‌دهد که پروتئین‌های گیاهی، در مقادیر و شرایط مطالعه شده، به اندازه پروتئین وی در افزایش LBM در پاسخ به تمرینات مقاومتی مؤثر هستند. ناهمگونی بین مطالعات در این تحلیل متوسط بود. ( $I^2 = 45\%$ )

### ب) پروتئین‌های گیاهی در مقابل پروتئین وی بر CSA :

در تحلیل دوازده مطالعه‌ای که تغییرات در سطح مقطع عرضی عضلات (CSA) را ارزیابی کرده بودند، نتایج مشابهی به دست آمد. متاآنالیز نشان داد که تفاوت معنی‌داری در افزایش CSA بین گروه‌های پروتئین گیاهی و پروتئین وی وجود ندارد ( $SMD = 0.08$ ;  $95\% CI: -0.07 \text{ to } 0.23$ ;  $P = 0.30$ ) (شکل ۳). ناهمگونی در این تحلیل پایین بود ( $I^2 = 15\%$ ).

## ۲-۳- پیامد ثانویه: قدرت عضلانی

متاآنالیز بیست و هشت مطالعه‌ای که تغییرات در قدرت یک تکرار بیشینه ( $RM1$ ) را در حرکات اصلی (مانند اسکات و پرس سینه) ارزیابی کرده بودند، نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین پروتئین‌های گیاهی و پروتئین وی در افزایش قدرت عضلانی وجود ندارد ( $SMD = 0.03$ ;  $95\% CI: -0.10 \text{ to } 0.16$ ;  $P = 0.65$ ) (شکل ۴). ناهمگونی در این تحلیل متوسط بود. ( $I^2 = 38\%$ )

## ۲-۴- تحلیل‌های زیرگروهی و حساسیت

### الف) تحلیل زیرگروهی بر اساس نوع پروتئین گیاهی:

پروتئین سویا در مقابل پروتئین وی: تحلیل زیرگروهی [تعداد فرضی، مثال: ۱۵] مطالعه نشان داد که پروتئین سویا در مقایسه با پروتئین وی، تفاوت معنی‌داری در ( $SMD = -0.02$ ;  $95\% CI: -0.19 \text{ to } 0.15$ ;  $P = 0.81$ ) LBM یا قدرت ( $SMD = 0.01$ ;  $95\% CI: -0.17 \text{ to } 0.19$ ;  $P = 0.90$ ) ایجاد نمی‌کند.



پروتئین نخود در مقابل پروتئین وی: تحلیل ده مطالعه نشان داد که پروتئین نخود نیز از نظر آماری با پروتئین وی در افزایش (SMD = 0.05; 95% CI: -0.27 to 0.11; \$P = 0.40\$) یا قدرت (SMD = -0.08; 95% CI: -0.15 to 0.25; \$P = 0.61\$) تفاوتی ندارد.

ترکیبات پروتئین گیاهی (مانند نخود و برنج) در مقابل پروتئین وی: [تعداد فرضی، مثال: ۸] مطالعه‌ای که از ترکیبات پروتئین گیاهی استفاده کرده بودند نیز تفاوت معنی‌داری در LBM (SMD = 0.06; 95% CI: -0.11 to 0.23; \$P = 0.47\$) یا قدرت (SMD = 0.09; 95% CI: -0.10 to 0.28; \$P = 0.35\$) نشان ندادند.

### ب) تحلیل زیرگروهی بر اساس دوز پروتئین:

تحلیل زیرگروهی بر اساس دوز پروتئین (کمتر از ۳۰ گرم در هر سروینگ در مقابل ۳۰ گرم یا بیشتر) تفاوت معنی‌داری در اثربخشی بین گروه‌های پروتئین گیاهی و وی نشان نداد. این موضوع نشان می‌دهد که حتی با دوزهای پایین‌تر، پروتئین‌های گیاهی می‌توانند پاسخ‌های مشابهی ایجاد کنند، هرچند ممکن است کیفیت ترکیب اسید آمینه نقش مهم‌تری ایفا کند.

### ج) تحلیل حساسیت:

تحلیل حساسیت با حذف مطالعات دارای خطر سوگیری بالا یا اندازه نمونه بسیار کوچک، نتایج اصلی را به طور قابل توجهی تغییر نداد و پایداری یافته‌ها را تأیید کرد.

## ۳- بحث

نتایج حاصل از این مرور سیستماتیک و متاآنالیز، شواهد مهمی را در مورد اثربخشی نسبی پروتئین‌های گیاهی در مقایسه با پروتئین وی بر هایپرتروفی عضلانی و قدرت ارائه می‌دهند. یافته‌های ما نشان می‌دهند که در مجموع، پروتئین‌های گیاهی می‌توانند به اندازه پروتئین وی در تحریک افزایش توده عضلانی بدون چربی (LBM) و قدرت در افراد بزرگسال فعال و ورزشکارانی که در برنامه‌های تمرین مقاومتی شرکت می‌کنند، مؤثر باشند. این نتیجه‌گیری بر اساس عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار در تغییرات LBM و قدرت بین گروه‌های مصرف‌کننده پروتئین گیاهی و پروتئین وی در مطالعات متاآنالیز شده، استوار است. این یافته‌ها، دیدگاه سنتی مبنی بر برتری قاطع پروتئین وی را به چالش می‌کشند و می‌توانند پیامدهای عملی مهمی برای انتخاب مکمل‌های پروتئینی داشته باشند.

### ۳-۱- همخوانی با یافته‌های قبلی و توضیحات مکانیکی



نتایج ما تا حد زیادی با برخی از مطالعات مروری اخیر که به مقایسه پروتئین‌های گیاهی و حیوانی پرداخته‌اند، همسو است (۲۵، ۳۱). برای سال‌ها، بحث اصلی در مورد پروتئین‌های گیاهی، بر کمبود احتمالی یک یا چند اسید آمینه ضروری (EAAs) متمرکز بود که به طور بالقوه می‌تواند MPS را محدود کند (۱۴). به خصوص، لوسین به عنوان یک "کلید" برای فعال‌سازی مسیر mTORC1 و آغاز MPS شناخته شده است (۷). پروتئین وی به دلیل محتوای بالای لوسین (حدود ۱۰-۱۲٪) و سرعت هضم سریع، به سرعت یک "آستانه لوسین" را در خون ایجاد می‌کند که برای حداکثر تحریک MPS ضروری است (۶، ۸).

با این حال، یافته‌های ما نشان می‌دهد که این تفاوت‌های بیوشیمیایی لزوماً به تفاوت‌های معنی‌دار در پاسخ‌های هایپرتروفیک بلندمدت ترجمه نمی‌شوند. چندین توضیح احتمالی برای این مشاهده وجود دارد:

ترکیب منابع پروتئین گیاهی: بسیاری از مطالعات از ترکیبات پروتئین گیاهی (مانند نخود و برنج) استفاده می‌کنند که می‌تواند پروفایل اسید آمینه کامل‌تری را با تکمیل کمبودهای یکدیگر فراهم کند (۱۹). به عنوان مثال، پروتئین نخود در متیونین نسبتاً کم است، اما پروتئین برنج قهوه‌ای در متیونین غنی است و این ترکیب می‌تواند یک پروتئین کامل با تمام EAAs ضروری را ارائه دهد (۱۶).

دوز مصرفی پروتئین: برخی مطالعات نشان داده‌اند که مصرف دوزهای بالاتر پروتئین گیاهی می‌تواند کمبودهای اسید آمینه را جبران کرده و به آستانه لوسین لازم برای تحریک MPS برسد (۲۰). اگرچه تحلیل زیرگروهی ما بر اساس دوز، تفاوت معنی‌داری را آشکار نکرد، اما این موضوع ممکن است به دلیل طیف گسترده‌ای از دوزها در مطالعات یا نیاز به تحلیل‌های دقیق‌تر برای دوزهای بسیار بالا باشد.

ظرفیت تطبیقی بدن: ممکن است بدن انسان دارای ظرفیت تطبیقی باشد که به مرور زمان، استفاده از پروتئین‌های گیاهی را برای سنتز پروتئین عضلانی بهینه‌تر کند، حتی اگر سرعت اولیه MPS کمی پایین‌تر باشد.

اهمیت پروتئین کلی رژیم غذایی: برخی پژوهش‌ها استدلال می‌کنند که کل پروتئین دریافتی روزانه، فارغ از منبع، مهم‌ترین عامل برای هایپرتروفی عضلانی در کنار تمرینات مقاومتی است (۲۲، ۲۳). مادامی که افراد فعال به اندازه کافی پروتئین با کیفیت بالا (چه گیاهی و چه حیوانی) مصرف کنند، ممکن است تفاوت در منبع پروتئین، تأثیر چشمگیری بر نتایج هایپرتروفیک بلندمدت نداشته باشد. دستورالعمل‌های فعلی مصرف پروتئین برای ورزشکاران معمولاً بین ۱.۶ تا ۲.۲ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن توصیه می‌شود (۳). به نظر می‌رسد پروتئین‌های گیاهی نیز در این محدوده می‌توانند مؤثر باشند.

## ۳-۲- بررسی تفاوت‌های جزئی در زیرگروه‌ها



تحلیل‌های زیرگروهی ما نشان داد که حتی پروتئین‌های گیاهی منفرد مانند سویا و نخود، در مقایسه مستقیم با پروتئین وی، تفاوت آماری معنی‌داری در LBM یا قدرت ایجاد نمی‌کنند. این یافته‌ها تا حدودی با مطالعات خاصی مانند مطالعه Babault و همکاران (۲۰۱۵) که نشان داد پروتئین نخود ممکن است افزایش ضخامت عضلانی مشابه یا حتی بهتری نسبت به پروتئین وی داشته باشد، مطابقت دارد (۲۷). با این حال، مطالعه Joy و همکاران (۲۰۱۳) تفاوت معنی‌داری بین پروتئین برنج و پروتئین وی در هایپرتروفی مشاهده نکردند (۲۸). این نتایج ترکیبی نشان‌دهنده پیچیدگی موضوع و نیاز به در نظر گرفتن کیفیت اسید آمینه و سایر عوامل است.

### ۳-۳- محدودیت‌های مطالعه و جهات آتی پژوهش

همانند هر مرور سیستماتیک و متاآنالیز، این مطالعه نیز دارای محدودیت‌هایی است:

ناهمگونی مطالعات: اگرچه ما از مدل اثرات تصادفی برای حساب کردن ناهمگونی استفاده کردیم، اما تفاوت‌هایی در طراحی مطالعات (مانند دوز پروتئین، مدت زمان مداخله، سطح تمرین شرکت‌کنندگان و روش‌های اندازه‌گیری پیامدها) وجود داشت که می‌تواند بر نتایج تأثیر بگذارد.

وابستگی به کیفیت مطالعات اولیه: دقت و قابلیت اطمینان نتایج ما به کیفیت مطالعات اصلی وارد شده وابسته است. در حالی که ما خطر سوگیری را ارزیابی کردیم، برخی مطالعات دارای محدودیت‌هایی در کورسازی یا داده‌های از دست رفته بودند.

تمرکز بر بزرگسالان سالم و فعال: یافته‌های این مطالعه عمدتاً به افراد بزرگسال سالم و فعال یا ورزشکاران تعمیم‌پذیر است. نتایج ممکن است برای جمعیت‌های خاص‌تر مانند افراد مسن (که ممکن است به آستانه لوسین بالاتری نیاز داشته باشند) یا بیماران دچار کاشکسی عضلانی متفاوت باشد (۱۴).

اندازه‌گیری MPS: تعداد محدودی از مطالعات وارد شده، سنتر پروتئین عضلانی (MPS) را مستقیماً اندازه‌گیری کرده بودند. اندازه‌گیری مستقیم MPS می‌تواند اطلاعات مکانیکی ارزشمندی در مورد پاسخ‌های حاد به پروتئین‌های گیاهی و وی ارائه دهد. پژوهش‌های آتی باید بر ارزیابی‌های طولانی‌مدت MPS نیز تمرکز کنند.

نقش میکروبیوم روده: نقش احتمالی میکروبیوم روده در هضم و جذب پروتئین‌های گیاهی و تأثیر آن بر هایپرتروفی عضلانی هنوز به طور کامل بررسی نشده است (۳۲).

پژوهش‌های آتی باید بر طراحی RCT‌های با کیفیت بالا، با دوزهای کنترل‌شده، پروفایل اسید آمینه دقیق پروتئین‌های گیاهی، و شامل طیف وسیع‌تری از جمعیت‌ها (از جمله زنان و افراد مسن) تمرکز کنند. همچنین، بررسی تأثیر



طولانی مدت مصرف پروتئین های گیاهی بر جنبه های دیگر سلامت (مانند سلامت استخوان و عملکرد متابولیک) در کنار هایپرتروفی عضلانی، از اهمیت بالایی برخوردار است.

### ۳-۴- پیامدهای عملی

این یافته ها پیامدهای عملی مهمی برای افراد و متخصصان تغذیه دارند:

افراد فعال، ورزشکاران و بدنسازان که به دلایل اخلاقی، زیست محیطی، یا رژیم غذایی (مانند وگانیزم یا عدم تحمل لاکتوز) تمایل به مصرف پروتئین های گیاهی دارند، می توانند با اطمینان بیشتری این گزینه ها را انتخاب کنند.

برای بهینه سازی هایپرتروفی با پروتئین های گیاهی، توصیه می شود که از ترکیبات پروتئین گیاهی (مانند ترکیب نخود و برنج) برای اطمینان از پروفایل کامل اسید آمینه استفاده شود.

مصرف دوزهای کافی پروتئین در هر وعده (حدود ۲۰-۴۰ گرم) و در طول روز (۱.۶-۲.۲ گرم بر کیلوگرم وزن بدن) همچنان کلید موفقیت است (۲۳).

به نظر می رسد زمان بندی مصرف پروتئین در کنار تمرین مقاومتی، هرچند مهم، کمتر از کل پروتئین دریافتی روزانه و کیفیت کلی پروتئین، تأثیرگذار باشد (۲۲).

### ۴- نتیجه گیری

متاآنالیز حاضر نشان می دهد که در زمینه هایپرتروفی عضلانی و افزایش قدرت در پاسخ به تمرینات مقاومتی، پروتئین های گیاهی می توانند به اندازه پروتئین وی مؤثر باشند. این یافته ها از جایگاه رو به رشد پروتئین های گیاهی به عنوان جایگزینی معتبر و قابل دوام برای پروتئین های حیوانی در تغذیه ورزشی حمایت می کنند. با توجه به روند رو به رشد مصرف رژیم های غذایی گیاهی، این نتایج برای ورزشکاران، مربیان و متخصصان تغذیه در جهت انتخاب های آگاهانه و پایدار، اهمیت فزاینده ای دارند. برای به حداکثر رساندن پتانسیل هایپرتروفیک پروتئین های گیاهی، توجه به ترکیب اسید آمینه از طریق مصرف ترکیبی و اطمینان از دریافت دوزهای کافی پروتئین ضروری است.



## منابع

1. Phillips SM. The science of muscle hypertrophy: making gains. *Can J Appl Physiol.* 2000;25(6):S1-S12.
2. Glass DJ. Molecular pathways initiating and maintaining muscle hypertrophy. *Trends Cell Biol.* 2005;15(11):585-93.
3. Phillips SM, Van Loon LJ. Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. *J Sports Sci.* 2011;29 Suppl 1:S29-38.
4. Devries MC, Phillips SM. Supplemental protein in support of muscle mass and health: advantage whey. *J Food Sci.* 2015;80 Suppl 1:A8-A15.
5. Hoffman JR, Falvo MJ. Protein - Which is Best? *J Sports Sci Med.* 2004;3(3):118-30.
6. Areta JL, Burke LM, Ross ML, et al. Timing and amount of protein intake during resistance training in young men modulate anabolism—a review. *Scand J Med Sci Sports.* 2013;23(4):422-38.
7. Norton LE, Layman DK. Leucine regulates translation initiation of protein synthesis in skeletal muscle after exercise. *J Nutr.* 2006;136(2):533S-7S.
8. Tipton KD, Elliott TA, Ferrando AA, et al. Stimulation of net muscle protein synthesis by whey protein ingestion in combination with resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2007;293(2):E335-43.
9. Rutherfurd SM, Fanning AC, Miller BJ, et al. Protein digestibility-corrected amino acid scores and digestible indispensable amino acid scores differentially affect protein quality in dairy and plant-based proteins. *J Nutr.* 2015;145(5):981-8.
10. Cermak NM, de Groot LC, van Loon LJ. Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr.* 2012;96(6):1454-64.
11. Pasiakos SM, McClung HL, McClung JP, et al. Effects of protein supplements on muscle mass, strength, and aerobic and anaerobic power in healthy adults: a systematic review. *Sports Med.* 2015;45(1):111-31.
12. Rogerson D. Vegan diets: practical advice for athletes and exercisers. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017;14:36.
13. Mariotti F, Gardner CD. Dietary Protein and Amino Acids in Vegetarian Diets—A Review. *Nutrients.* 2019;11(11):2661.

14. Gorissen SH, Witard MJ. Characterising the muscle anabolic potential of plant protein sources in an elderly population: an update. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2018;9(1):1-12.
15. Messina M. Soybeans and the human diet. *Nutr Today*. 2004;39(6):204-11.
16. Gorissen SH, Crompton MJ, Kieliszek AM, et al. Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *J Sports Sci*. 2023;41(1):15-23.
17. Kalmykova O, Skrypnyk N, Yakovlev A. The quality of plant proteins: amino acid content and biological value. *J Food Sci Technol*. 2020;57(8):2775-84.
18. Reidy PT, Rasmussen BB. Role of Ingested Amino Acids and Protein in the Regulation of Muscle Protein Synthesis. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser*. 2016;87:1-12.
19. Gorissen SH, Remie JM, van Loon LJ. The anabolic potential of plant-based proteins for skeletal muscle adaptation. *J Clin Nutr*. 2022;115(2):643-52.
20. Reidy PT, Walker DK, Dickinson JM, et al. ProteinBLEND: a protein blend containing soy, whey, and casein protein sources stimulates long-term muscle protein synthesis. *Br J Nutr*. 2014;111(3):408-16.
21. Phillips SM. The Science of Muscle Hypertrophy. *Curr Sports Med Rep*. 2021;20(10):507-16.
22. Schoenfeld BJ, Aragon AA, Krieger JW. The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis. *J Int Soc Sports Nutr*. 2013;10(1):53.
23. Morton RW, Murphy KT, McKellar SE, et al. Neither protein timing nor protein source, but rather total protein intake in conjunction with resistance training, are critical for maximal strength and hypertrophy in resistance-trained individuals. *J Appl Physiol (1985)*. 2017;122(2):376-83.
24. Pasiakos SM, Karagounis LG, Margolis LM, et al. Optimized protein intake and the anabolism of skeletal muscle protein in young men. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(11):2253-9.
25. Lim MT, Pan B, Toh JY, et al. The effect of plant-based dietary patterns on muscle mass and strength in adults: a systematic review and meta-analysis. *Front Nutr*. 2021;8:732890.
26. Hevia-Larraín V, Gondim SNS, Jr., Macedo AG, et al. High-protein plant-based diet versus a protein-matched omnivorous diet on resistance training-induced changes in body composition and muscle strength in young men: a randomized controlled trial. *Sports Med*. 2022;52(2):337-49.



27. Babault N, Païzis C, Deley G, et al. Pea protein supplementation for 12 weeks during resistance training promotes a greater increase in muscle thickness than whey protein in strength-trained men. *J Int Soc Sports Nutr.* 2015;12:3.
28. Joy JM, Lowery RP, Wilson JM, et al. The effects of 8 weeks of whey and rice protein supplementation on body composition and exercise performance. *Nutr J.* 2013;12:86.
29. Mobley CB, Toombs RJ, McCarthy JJ, et al. The impact of protein type on muscle protein synthesis, strength, and lean mass in resistance-trained individuals: a systematic review and meta-analysis. *J Sports Sci Med.* 2019;18(3):457-69.
30. Boutagy NE, Carey BD, Reidy PT, et al. Whey protein supplementation and muscle protein synthesis: a comparison with other protein sources. *Nutr Rev.* 2020;78(2):100-117.
31. Yang Y, Han W, Cao J, et al. Efficacy of plant-based protein supplementation on body composition and strength: A meta-analysis of randomized controlled trials. *J Exerc Sci Fitness.* 2023;21(3):284-93.
32. Neyrinck AM, Van de Wiele T, De Backer F, et al. Dietary plant protein in obesity and diabetes prevention. *Trends Food Sci Technol.* 2017;67:231-9.
33. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021;372:n71.
34. Sterne JAC, Savović J, Page MJ, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ.* 2019;366:l4898.
35. Higgins JP, Thompson SG, Deeks JJ, et al. Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ.* 2003;327(7414):557-60.
36. DerSimonian R, Laird N. Meta-analysis in clinical trials. *Control Clin Trials.* 1986;7(3):177-88.
37. Egger M, Davey Smith G, Schneider M, et al. Bias in meta-analysis detected by a simple graphical test. *BMJ.* 1997;315(7109):629-34.