

تأثیر مکمل‌یاری منیزیم بر عملکرد ورزشی و ایمنی در دانشجویان فعال

وحید طالبی[✉]، میلاد معدنچی‌ها^۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۱

چکیده

هدف: منیزیم نقش حیاتی در عملکرد ورزشی و سیستم ایمنی دارد و کمبود آن ممکن است تأثیرات منفی بر این پارامترها داشته باشد. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر مصرف مکمل منیزیم بر عملکرد ورزشی و ایمنی در دانشجویان فعال انجام شد.

روش شناسی: این مطالعه نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون روی ۱۶ دانشجوی مرد فعال انجام شد که به‌صورت تصادفی در دو گروه مکمل منیزیم و شبه‌دارو (هر کدام ۸ نفر) تقسیم شدند. شرکت‌کنندگان به مدت ۱۴ روز، روزانه ۳۵۰ میلی‌گرم مکمل یا شبه‌دارو مصرف کردند. پیش و پس از مداخله، نمونه‌گیری خون و ادرار برای اندازه‌گیری سطوح منیزیم و سلول‌های ایمنی انجام شد. همچنین، عملکرد بی‌هوازی با آزمون رست ارزیابی شد. داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک و تحلیل کوواریانس در SPSS تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: بر اساس آزمون کوواریانس، بین دو گروه مکمل و شبه‌دارو، در سطوح منیزیم ادراری و تعداد WBC تفاوت معناداری مشاهده شد ($p < 0.05$). اما در درصد زیرگروه‌های لکوسیتی (نوتروفیل، بازوفیل، ائوزینوفیل، مونوسیت و لنفوسیت) تفاوت معناداری وجود نداشت ($P > 0.05$). همچنین، میانگین توان بی‌هوازی بین دو گروه اختلاف معناداری نشان داد ($p < 0.05$).

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان می‌دهد مکمل‌یاری منیزیم می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر افزایش سطح منیزیم ادراری، بهبود برخی شاخص‌های ایمنی و افزایش توان بی‌هوازی در دانشجویان فعال داشته باشد. با این حال، اثرات منیزیم بر ایمنی و عملکرد ورزشی ممکن است به وضعیت پایه منیزیم فرد و دوز مصرفی بستگی داشته باشد. بنابراین، برای دستیابی به نتایج بهینه، ضروری است که مکمل منیزیم به صورت فردی و با توجه به نیازهای خاص هر فرد تجویز شود.

واژگان کلیدی: منیزیم، مکمل غذایی، عملکرد ورزشی، سیستم ایمنی

۱- استادیار فیزیولوژی ورزشی، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.

۲- دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

✉ نویسنده مسئول:

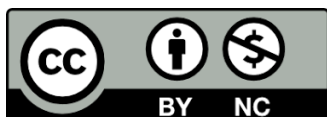
vahidtalebi99@maragheh.ac.ir

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه کردستان

شاپای الکترونیکی: ۸۹۶۰-۲۹۸۰

نوع دسترسی: آزاد

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143604.1088>



Copyright ©The authors

ارجاع دهی:

Talebi V, Madanchiha M. The effect of magnesium supplementation on athletic performance and immunity in athletes. **Research in Exercise Nutrition.** 2025;3(3):37-48, Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143604.1088>



The Effect of Magnesium Supplementation on Athletic Performance and Immunity in Active Students

Vahid Talebi^{✉1}, Milad Madanchi²

Received: 2025/02/02

Accepted: 2025/02/19

Abstract

Aim: Magnesium plays a vital role in athletic performance and immune function, and its deficiency may negatively impact these parameters. This study aimed to investigate the effect of magnesium supplementation on athletic performance and immunity in Active Students.

Method: This semi-experimental study, using a pre- and post-test design, was conducted on 16 active male university students who were randomly divided into two groups: a magnesium supplement group and a placebo group (8 participants in each group). Participants consumed 350 mg of supplement or placebo daily for 14 days. Blood and urine samples were collected before and after the intervention to measure magnesium levels and immune cells. Anaerobic performance was assessed using the Wingate anaerobic test. Data were analyzed using the Shapiro-Wilk test and analysis of covariance (ANCOVA) in SPSS.

Results: According to the ANCOVA, a significant difference was observed between the supplement and placebo groups in urinary magnesium levels and WBC count ($p < 0.05$). However, no significant difference was found in the percentage of leukocyte subpopulations (neutrophils, basophils, eosinophils, monocytes, and lymphocytes) ($p > 0.05$). Furthermore, a significant difference was observed in mean anaerobic power between the two groups ($p < 0.05$).

Conclusion: This study indicates that magnesium supplementation can significantly increase urinary magnesium levels, improve certain immune markers, and enhance anaerobic power in athletes. However, the effects of magnesium on immunity and athletic performance may depend on the individual's baseline magnesium status and the dosage. Therefore, for optimal results, magnesium supplementation should be individualized based on each individual's specific needs.

Keywords: Magnesium, Dietary Supplement, Athletic Performance, Immune System

1) Assistant Professor of Exercise Physiology, Department of Exercise Sciences, Faculty of Humanities, Maragheh University, Maragheh, Iran

2) PhD student in sports physiology, Department of Sports Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.

✉ Corresponding author:

vahidtalebi99@maragheh.ac.ir

ISSN: 2980-8960

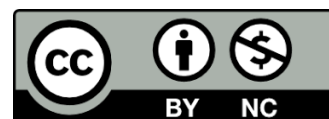
All rights of this article are reserved for Authors.

Owner and Publisher: University of Kurdistan

Journal ISSN (online): 2980-8960

Access Type: Open Access

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143604.1088>



Copyright ©The authors

Citation:

Talebi V, Madanchi M. The effect of magnesium supplementation on athletic performance and immunity in athletes. *Research in Exercise Nutrition*. 2025;3(3):37-48, Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143604.1088>.

مقدمه

منیزیم^۱ (Mg) دومین کاتیون فراوان درون سلول‌های بدن پس از پتاسیم و چهارمین عنصر فراوان در بدن انسان است ($Ca^{2+} > Na^{+} > Mg^{2+}$). در زمان تولد، بدن انسان دارای محتوای اولیه منیزیم به میزان ۷۶۰ میلی‌گرم است که سپس در حدود ۴ تا ۵ ماهگی به تقریباً ۵ گرم افزایش می‌یابد. مقدار کل Mg^{2+} در بدن بین ۲۰ تا ۲۸ گرم متغیر است. بیشتر Mg^{2+} در بدن انسان، که بیش از ۹۹٪ از کل مقدار آن را شامل می‌شود، درون فضای سلولی قرار دارد. محل اصلی ذخیره‌سازی آن سیستم اسکلتی/استخوان‌ها است که تقریباً ۵۰ تا ۶۵٪ از کل Mg^{2+} بدن را تشکیل می‌دهد. به همراه کلسیم و فسفر، Mg^{2+} به ترکیب ساختاری اسکلت کمک می‌کند. علاوه بر این، Mg^{2+} در بافت‌های عضلانی، بافت‌های نرم و اندام‌ها توزیع شده و تقریباً ۳۴ تا ۳۹٪ از کل Mg^{2+} بدن را شامل می‌شود. برعکس، بخش کوچکی از Mg^{2+} ، کمتر از ۱ تا ۲٪، در جریان خون و مایعات خارج سلولی وجود دارد (۱). منیزیم به عنوان یک کوفاکتور حیاتی در طیف وسیعی از فرآیندهای بیولوژیکی، شامل بیش از ۶۰۰ فعالیت، عمل می‌کند. این فعالیت‌ها شامل تنظیم «پیشرفت چرخه سلولی، تمایز و آپوپتوز» است. علاوه بر این، منیزیم نقش ساختاری در اسیدهای نوکلئیک ایفا می‌کند و توانایی تشکیل کمپلکس با ترکیبات منفی بار مانند فسفات‌ها را دارد (۲). منیزیم در فرآیندهای بیوشیمیایی مختلفی از جمله فسفوریلاسیون اکسیداتیو، تولید انرژی، سنتز پروتئین و اسید نوکلئیک و گلیکولیز نقش دارد (۳، ۴). این یون بنیادی همچنین بر تحریک‌پذیری نورون‌ها، کاهش عملکرد عضلانی و حفظ ضربان منظم قلب از طریق حمل و نقل فعال سایر یون‌ها در غشای سلولی تأثیر می‌گذارد (۵). طبق یک مطالعه اخیر که توسط محققان دانشگاه بازل انجام شده است، مشخص شده که سلول‌های ایمنی T، که نقش حیاتی در مبارزه با سلول‌های سرطانی و عوامل عفونی دارند، برای شناسایی مؤثر، فعال‌سازی پاسخ و از بین بردن پاتوژن‌ها به مقدار کافی منیزیم نیاز دارند (۶). برخی از جمعیت‌ها، مانند ورزشکاران و سالمندان، ممکن است در شرایط خاص، به ویژه در حضور کمبود منیزیم، با سیستم ایمنی تضعیف شده مواجه شوند (۷، ۸).

شناسایی مقدار یون‌های موجود در میکرو محیط به عنوان یک عامل حیاتی در تنظیم پاسخ‌های ایمنی شناخته شده است. Mg تأثیر قابل توجهی بر پاسخ ایمنی در هر دو سیستم ایمنی ذاتی و اکتسابی دارد (۹). تولید ایمونوگلوبولین با یک کوفاکتور حیاتی تسهیل می‌شود (۱۰). منیزیم همچنین برای سنتز و توزیع ویتامین D که نقش مهمی در پاسخ ایمنی علیه پاتوژن‌های ویروسی ایفا می‌کند، ضروری است (۱۱). تنظیم و حمل و نقل منیزیم آزاد درون سیتوزول سلول‌های ایمنی توسط خانواده حامل‌های محلول، که شامل ناقل منیزیم ۱ (MAGT1) است، تسهیل می‌شود (۱۲). روایت مربوط به تعامل بین منیزیم و سیستم ایمنی در نیمه دوم قرن بیستم شکل گرفت (۱۳).

منیزیم نقش کلیدی و چندوجهی در تنظیم عملکرد سیستم ایمنی ایفا می‌کند. این عنصر از یک سو با تنظیم پاسخ مرحله حاد و بهبود عملکرد ماکروفاژها، نقش مهمی در کنترل فرآیندهای التهابی دارد (۱۴، ۱۵)، و از سوی دیگر می‌تواند از طریق مکانیسم‌هایی نظیر تسهیل اتصال ماده P به لنفوبلاست‌ها، افزایش پاسخ سلول‌های کمکی T، سلول‌های B و ماکروفاژها به لنفوکین‌ها، و ارتقاء چسبندگی و سیتولیز وابسته به آنتی‌بادی، به طور مستقیم بر فعالیت سلول‌های ایمنی تأثیر بگذارد (۱۴). افزون بر این، منیزیم به عنوان یک کوفاکتور برای سنتز C'3 کانورتاز و ایمونوگلوبولین‌ها عمل می‌کند که اهمیت آن را در فرآیندهای ایمنی بیشتر آشکار می‌سازد. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که مصرف مکمل‌های منیزیم قادر است تولید سیتوکین‌ها را در مونسیت‌ها پس از تحریک گیرنده‌های نوع Toll^۳ (TLRs) کاهش دهد؛ فرآیندی که با افزایش سطح $IkB\alpha$ همراه است و در نهایت منجر به مهار مسیر فعال‌سازی فاکتور هسته‌ای NF- κ B می‌شود (۱۴). ورزشکاران به دلیل تمرینات شدید و استرس فیزیولوژیکی ناشی از آن، در معرض تضعیف موقت عملکرد ایمنی قرار دارند (۱۶، ۱۷). تمرینات شدید می‌توانند موجب افزایش التهاب (۱۸)، استرس اکسیداتیو (۱۹) و سرکوب سیستم ایمنی شوند که این امر، آن‌ها را مستعد عفونت‌ها و بیماری‌های مرتبط با ضعف ایمنی می‌کند (۲۰، ۲۱). با این حال، اگرچه مطالعاتی به تأثیر منیزیم بر عملکرد ایمنی در جمعیت عمومی اشاره کرده‌اند، شکاف علمی قابل توجهی در بررسی اثرات مکمل‌گیری منیزیم بر سیستم ایمنی ورزشکاران وجود دارد. این

² Mg transporter 1 (MAGT1)

³ Toll-Like Receptors (TLRs)

¹ Magnesium (Mg)

پژوهش به دنبال پاسخ به این پرسش اساسی است که آیا مصرف مکمل منیزیم می‌تواند باعث بهبود عملکرد ایمنی در ورزشکاران شود و چگونه این اثرات در مقایسه با افرادی که مکمل دریافت نمی‌کنند، تفاوت دارد؟ آیا این مکمل می‌تواند روی عملکرد ورزشی موثر باشد؟ از این رو هدف از این مطالعه بررسی تأثیر مکمل یاری منیزیم بر عملکرد ورزشی و عملکرد ایمنی در دانشجویان فعال بود.

روش‌شناسی:

این پژوهش به صورت نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با هدف کاربردی اجرا و با کد بالینی IRCT2018123038481N1 ثبت شده است. نمونه آماری شامل ۱۶ دانشجوی مرد فعال بود که به صورت در دسترس و داوطلبانه در مطالعه شرکت کردند. تمامی شرکت‌کنندگان فاقد آسیب در عضلات اندام تحتانی و مفاصل بودند و فرم رضایت‌نامه آگاهانه را پیش از شرکت در پژوهش امضا کردند. همچنین جهت بررسی سابقه بیماری خاص از پرسشنامه سلامت پزشکی استفاده شد. معیارهای ورود به مطالعه شامل نداشتن سابقه مصرف مکمل منیزیم، عدم استعمال دخانیات، نبود سابقه بیماری‌های قلبی، اختلالات کبدی و تیروئیدی، و عدم حساسیت‌های پوستی بود. برای ارزیابی الگوی مصرف غذایی شرکت‌کنندگان، از پرسشنامه بسامد غذایی سه‌روزه استفاده شد. در این ابزار، شرکت‌کنندگان موظف بودند میزان و نوع مواد غذایی مصرفی خود را طی سه روز متوالی، شامل دو روز عادی و یک روز تعطیل، به طور دقیق ثبت نمایند. اطلاعات ثبت‌شده شامل وعده‌های غذایی اصلی، میان‌وعده‌ها، نوشیدنی‌ها و مکمل‌های مصرفی بود. همچنین، عدم مصرف هرگونه مکمل غذایی در زمان مشخص به عنوان معیار خروج از مطالعه در نظر گرفته شد. علاوه بر این، شرکت‌کنندگان باید در سه ماه گذشته حداقل سه روز در هفته و روزانه ۳۰ دقیقه فعالیت ورزشی منظم داشته باشند (۲۲). در نهایت، آزمودنی‌ها به صورت تصادفی و با روش دوسوکور در دو گروه مکمل (۸ نفر) و شبه‌دارو (۸ نفر) تقسیم شدند.

مقدار مکمل و شبه‌دارو برابر با ۳۵۰ میلی‌گرم بود که در کپسول‌هایی با رنگ و طعم مشابه برای حفظ شرایط یکسان تهیه شد. این کپسول‌ها به مدت ۱۴ روز، هر روز پیش از وعده شام، در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفتند (۲۳). در این تحقیق دو بار خونگیری

(قبل از مکمل‌گیری و بعد از ۱۴ روز مکمل‌گیری) به عمل آمد که هر بار CC5 خون از ورید پیش بازویی از دست راست آزمودنی‌ها به صورت ناشتا توسط تکنسین آزمایشگاه گرفته شد. همچنین ادرار آزمودنی‌ها در طی دو مرحله جهت اندازه‌گیری سطوح منیزیم ادرار به صورت ناشتا جمع‌آوری شد. سطوح گلبول‌ها سفید، نوتروفیل، بازوفیل، ائوزینوفیل، مونوسیت و لنفوسیت‌ها با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ یونیورسال و هیتاچی ۹۱۷ ساخت Roch آلمان مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از اتمام خونگیری و انتقال به آزمایشگاه، برای جداسازی پلاسما از خون تام، نمونه‌ها با ۱۸۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شد.

آزمون رست در دو مرحله، یک‌بار پیش از شروع مکمل‌گیری و مجدداً پس از ۱۴ روز مصرف مکمل، مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمودنی‌ها پیش از آغاز آزمون، به مدت ۱۰ دقیقه به انجام حرکات گرم‌کردنی پویا پرداختند. برای ثبت زمان اجرای آزمون، از کرنومتر استفاده شد. در این روش، دو نقطه اندازه‌گیری در ابتدا و انتهای مسیر ۳۵ متری تعیین شد. آزمودنی‌ها در هر تکرار در فاصله‌ای معین (۷۶ سانتی‌متر) از خط شروع قرار گرفتند و با شنیدن سیگنال صوتی، با حداکثر سرعت اقدام به دویدن کردند. ثبت زمان به گونه‌ای تنظیم شده بود که شمارش تنها پس از عبور آزمودنی از نقطه آغاز فعال شده و با رسیدن وی به انتهای مسیر، متوقف شود. این روش به منظور حذف زمان واکنش و افزایش دقت اندازه‌گیری به کار گرفته شد. شاخص میانگین توان در هر دو آزمون رست متوالی محاسبه شد (۲۴).

۳(زمان سریع‌ترین تکرار $\div 1225 \times$ وزن (کیلوگرم)) = توان
به ثانیه)

روش آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، به منظور اطمینان از طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک و از روش آماری کوواریانس جهت بررسی تفاوت میانگین بین دو گروه استفاده شد ($p < 0.05$). محاسبه‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

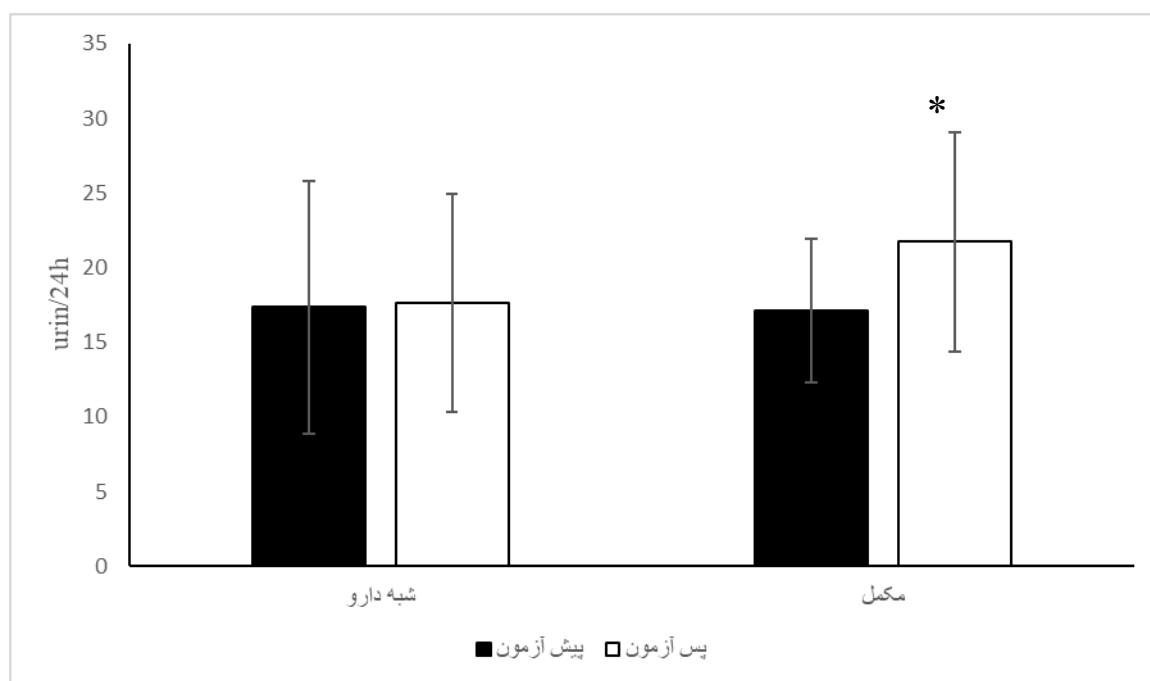
یافته‌ها:

درصد لکوسیتها با بررسی آزمون کوواریانس در رابطه با درصد سطوح نوتروفیل ($F=0.050$, $P=0.826$)، بازوفیل ($F=2.383$)، مونوسیت ($P=0.147$)، ائوزینوفیل ($F=2.085$, $P=0.172$)، و لنفوسیتها ($F=2.027$, $P=0.178$) و تفاوت معناداری نشان داده نشد (جدول ۲).

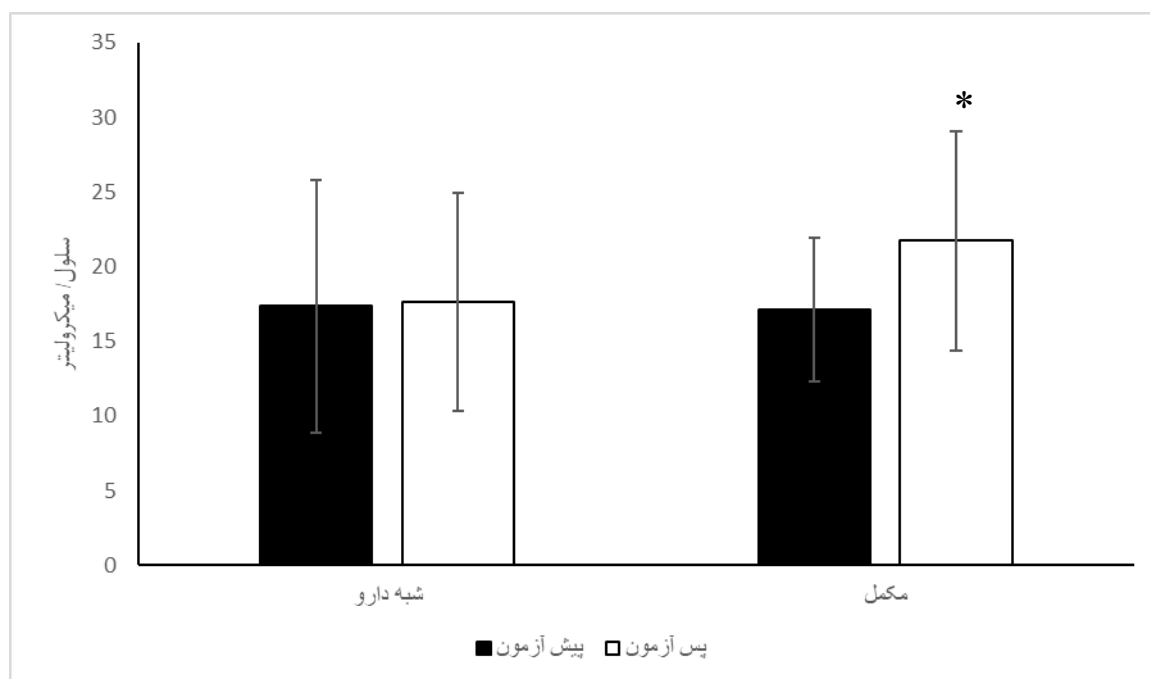
جدول ۱ مشخصات آنتروپومتری آزمودنی‌ها را در دو گروه مکمل و شبه‌دارو نشان می‌دهد. نتایج حاصل از آزمون کوواریانس نشان داد در رابطه با سطوح منیزیم ادرار ($F=9.437$, $P=0.009$) (شکل ۱) و سطوح WBC ($F=11.086$, $P=0.005$) (شکل ۲) بین دو گروه تفاوت معناداری وجود داشت. اما نتایج حاصل از شمارش

جدول ۱ مشخصات آنتروپومتری آزمودنی‌ها

گروه	سن (year)	وزن (kg)	قد (cm)	شاخص توده بدنی (kg.m^2)
مکمل	21.37 ± 1.60	74.37 ± 8.24	178.75 ± 8.43	23.26 ± 1.66
شبه دارو	22.12 ± 1.72	67.87 ± 7.79	177.25 ± 6.40	21.53 ± 1.51



شکل ۱ تغییرات سطوح منیزیم ادرار در گروه‌های مورد مطالعه، * تفاوت معناداری در مقایسه با گروه شبه دارو ($P < 0.05$).

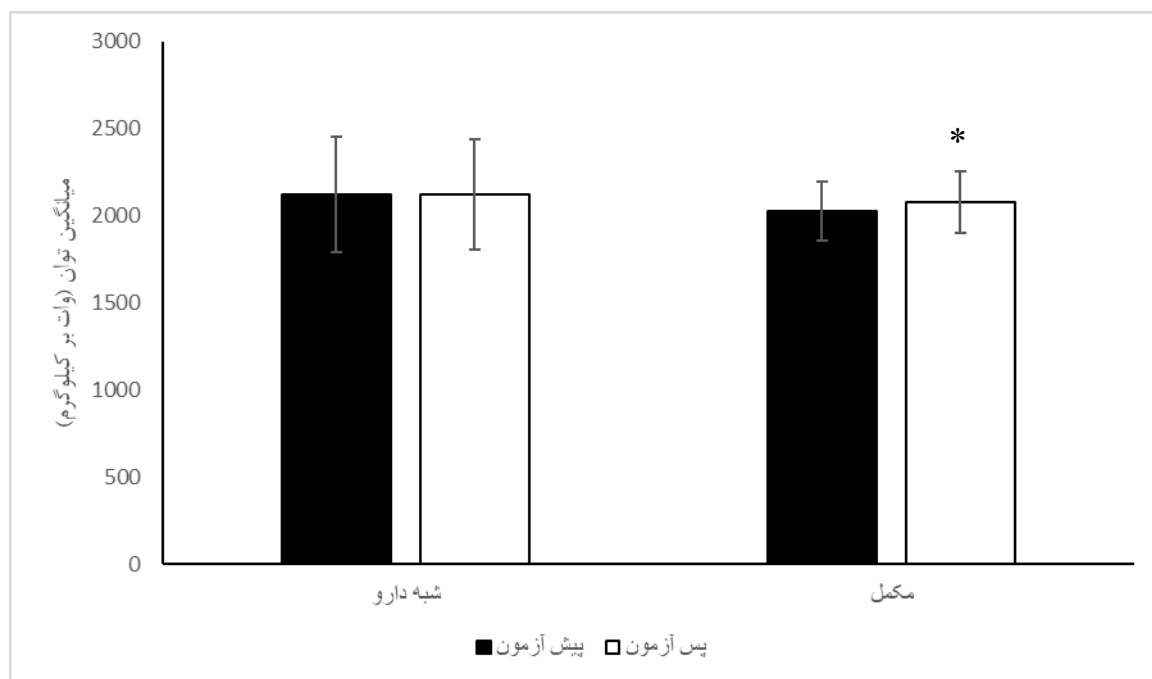


شکل ۲ تغییرات سطوح گلبول سفید در گروه‌های مورد مطالعه، * تفاوت معناداری در مقایسه با گروه شبه دارو ($P < 0.05$).

جدول ۲ درصد لکوسیت‌های گروه‌های مورد مطالعه

لنفوسیت‌ها	مونوسیت‌ها	آنوزینوفیل‌ها	بازوفیل‌ها	نوتروفیل‌ها	مرحله	
$29/75 \pm 9/10$	$6/83 \pm 3/79$	$3/27 \pm 1/70$	$0/41 \pm 0/20$	$49/03 \pm 13/55$	Pre	مکمل
$28/20 \pm 12/03$	$9/07 \pm 2/94$	$3/92 \pm 1/91$	$0/48 \pm 0/25$	$57/87 \pm 10/35$	Post	
$34/85 \pm 7/36$	$7/91 \pm 1/65$	$2/81 \pm 1/35$	$0/42 \pm 0/16$	$54 \pm 8/20$	Pre	شبه دارو
$43/96 \pm 8/63$	$7/70 \pm 3/16$	$2/03 \pm 1/17$	$0/35 \pm 0/09$	$44/95 \pm 8/76$	Post	

نتایج حاصل از آزمون کوواریانس در رابطه با میانگین توان نشان داد بین دو گروه اختلاف معناداری وجود دارد ($F=27/949$ ، $P=0.001$) (شکل ۳).



شکل ۳ تغییرات میانگین توان در گروه های مورد مطالعه، * تفاوت معناداری در مقایسه با گروه شبه دارو ($P < 0.05$).

منیزیم پلاسما ثابت می ماند (۲۸). هرچند عادات غذایی آزمودنی ها در مطالعه حاضر کنترل شد. افزایش دفع منیزیم از طریق ادرار با تنظیم منیزیم اضافی جذب شده توسط کلیه ها اتفاق می افتد (۲۹). مکمل منیزیم به طور قابل اعتمادی سطح منیزیم ادراری را افزایش می دهد، که منعکس کننده جذب آن و عملکرد کلیوی است. این اثر در افرادی با سطوح پایه پایین یا زمانی که دوزهای بالاتر تجویز می شود، آشکارتر است.

مطالعه حاضر نشان داد مصرف مکمل منیزیم موجب افزایش شمار گلبول های سفید شد، اما تغییری در زیرگروه های لکوسیتی (نوتروفیل ها، بازوفیل ها، ائوزینوفیل ها، مونوسیت ها و لنفوسیت ها) ایجاد نکرد. این نتیجه دارای تناقض مفهومی است، چرا که گلبول های سفید معادل لکوسیت ها هستند. شواهد علمی بیانگر آن است که تأثیر منیزیم بر لکوسیت ها متغیر و وابسته به سطح پایه آن هاست؛ به طوری که کمبود منیزیم می تواند به افزایش شمار کلی لکوسیت ها و تغییر در زیرگروه های خاص آن ها منجر شود. همچنین، پاسخ لکوسیتی به مکمل منیزیم بسته به دوز، شرایط فیزیولوژیک و نوع زیرگروه مورد بررسی متفاوت است. شمارش تفکیکی لکوسیت ها نقش تشخیصی مهمی در ارزیابی وضعیت های عفونی، التهابی و ایمنی دارد. این پارامترها به طور معمول در تنظیمات بالینی برای ارزیابی وضعیت سیستم ایمنی و نظارت بر پیشرفت بیماری اندازه گیری می شوند (۳۰، ۳۱). نسبت نوتروفیل به

بحث

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر مکمل یاری منیزیم بر عملکرد ورزشی و ایمنی در دانشجویان فعال بود. یکی از یافته های این مطالعه نشان داد که مصرف مکمل منیزیم باعث افزایش معنادار سطح منیزیم در ادرار شد، که نشان دهنده جذب مؤثر و دفع کلیوی آن است. این نتیجه با مطالعه پنیستون و همکاران (۲۰۲۴) همسو است؛ آن ها گزارش کردند که در افراد با منیزیم ادراری پایین (کمتر از ۷۰ میلی گرم در روز)، مصرف مکمل منیزیم با دوز ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی گرم در روز موجب افزایش چشمگیر منیزیم ادراری می شود، بیشتر از آنچه تنها از طریق رژیم غذایی حاصل می گردد. همچنین، احتمال رسیدن به سطح مطلوب منیزیم ادراری (≥ 70 میلی گرم در روز) در مصرف کنندگان مکمل بیشتر بود (۲۵). زمانی و همکاران (۲۰۲۲) طی یک متاآنالیز کارآزمایی های تصادفی سازی و کنترل شده نشان دادند مکمل های منیزیم غلظت منیزیم ادراری را با اختلاف میانگین وزنی ۱/۹۹ میلی گرم در دسی لیتر در مقایسه با گروه شاهد افزایش می دهد، که نشان دهنده اثرات ثابت در مطالعات است (۲۶). بنابراین به نظر می رسد دوز مصرفی، کمبود پایه منیزیم و تغییر روزانه می تواند در افزایش دفع مؤثر باشد. دوزهای بالاتر یا اشکال خاص منیزیم (مانند $MgCl_2$) منجر به افزایش شدیدتر منیزیم ادرار می شود (۲۷، ۲۵). همچنین افرادی که سطح منیزیم پایه پایین تری دارند، افزایش بیشتری در دفع ادرار به دنبال مصرف مکمل نشان می دهند (۲۵). دفع منیزیم ادراری در طول روز متفاوت است، احتمالاً تحت تأثیر مصرف رژیم غذایی و تنظیم کلیوی است، اگرچه

لنفوسیت^۴ (NLR) به طور خاص به عنوان یک نشانگر التهابی مهم ظاهر شده است که می‌تواند تحت تأثیر مداخلات مختلف از جمله مکمل منیزیم قرار گیرد (۳۲). این مقدار در گروه مکمل از ۱/۶۴ در مرحله پیش آزمون به ۱/۵۱ در مرحله پس آزمون کاهش پیدا کرد. افزایش این نسبت معمولاً با شرایط التهابی، استرس فیزیولوژیکی یا بیماری‌های مزمن همراه است، در حالی که کاهش آن می‌تواند نشان‌دهنده بهبود وضعیت التهابی باشد. ناهمسو با نتایج مطالعه حاضر، مطالعه دیمیتراشیونویچ و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند کمبود شدید منیزیم (رژیم‌های غذایی حاوی تنها ۳۰ ppm Mg) تعداد کل لکوسیت‌ها را به طور قابل توجهی افزایش داد. علاوه بر این، این کمبود به طور خاص تعداد لنفوسیت‌ها، نوتروفیل‌ها، مونوسیت‌ها و ائوزینوفیل‌ها را افزایش داد و نشان داد وضعیت منیزیم هم بر تعداد کل و هم بر تعداد گلبول‌های سفید خون تأثیر می‌گذارد (۳۲). یافته‌ها حاکی از آن است که منیزیم نقش تنظیمی در تولید و گردش لکوسیت‌ها ایفا می‌کند. در مطالعه حاضر، عدم مشاهده تغییرات معنادار در سطوح زیرگروه‌های لکوسیتی (از جمله لنفوسیت‌ها، نوتروفیل‌ها، مونوسیت‌ها و ائوزینوفیل‌ها) ممکن است به وضعیت مناسب منیزیم در ورزشکاران شرکت‌کننده یا به دوز مصرفی مکمل مرتبط باشد. بنابراین، در بررسی کاربرد مکمل منیزیم برای تعدیل عملکرد ایمنی، لازم است وضعیت پایه منیزیم، شرایط سلامت زمینه‌ای و اهداف درمانی هر فرد به‌دقت در نظر گرفته شود. این موضوع بر اهمیت رویکردهای فردمحور در تجویز مکمل منیزیم، به‌ویژه با توجه به گزارش‌های متناقض در مورد تأثیر آن بر شاخص‌های ایمنی در مطالعات مختلف تأکید دارد (۱۴، ۱۵، ۳۲، ۳۳). تحقیقات آینده باید بر روشن کردن روابط دوز-پاسخ بین مکمل منیزیم و پارامترهای لکوسیت خاص در جمعیت‌های مختلف و وضعیت‌های بیماری تمرکز کند. مطالعات بیشتری برای تعیین پروتکل‌های مکمل بهینه برای هدف قرار دادن پیامدهای ایمنی خاص و درک بهتر مکانیسم‌های مولکولی زیربنایی اثرات منیزیم بر عملکرد سلول‌های ایمنی مورد نیاز است.

مکانیسم Mg در سیستم ایمنی تا به امروز یک معما بوده است. اخیراً، لوتشر و همکارانش تحقیقات پیش‌بالینی و بالینی را برای تعیین نقش منیزیم در تنظیم عملکرد ایمنی انجام دادند. آن‌ها دریافتند که منیزیم برای عملکرد صحیح پروتئین سطح سلولی در لنفوسیت‌های T CD8+ به نام (LFA-1) (آنتی‌ژن مرتبط با عملکرد لنفوسیت ۱) ضروری است (۶). LFA-1 نقش کلیدی در تنظیم عملکرد لکوسیت‌ها دارد و اطلاعات میکرو محیطی را برای سیگنال‌دهی خارج به داخل فراهم می‌کند. این پروتئین گیرنده غشایی از خانواده اینتگرین‌ها، با تسهیل ارتباط بین سلول و ماتریس خارج‌سلولی، در انتقال سلول‌های T از رگ‌های خونی به بافت‌ها و تشکیل سیناپس ایمنی نقش دارد. در

سلول‌های هدف، LFA-1 به‌عنوان محل اتصال کلیدی برای آغاز پاسخ سلول‌های T عمل می‌کند و در تنظیم تعاملات ایمنی نقش تعیین‌کننده‌ای ایفا می‌نماید (۳۴). در مرحله بالینی، لوتشر و همکاران نشان دادند که سطوح پایین منیزیم سرم با پیشرفت سریع‌تر بیماری و کاهش بقا در بیماران دریافت‌کننده سلول‌های T CAR یا آنتی‌بادی‌های مهارکننده نقاط کنترل ایمنی مرتبط است. کاهش منیزیم با شروع زودتر بیماری و بقا کوتاه‌تر همراه بود. در این زمینه، مولکول LFA-1 با دریافت سیگنال از میکرو محیط، به‌عنوان نشانگری برای مسیرهای سیگنال‌دهی خارج به داخل عمل می‌کند (۶). بین منیزیم و مولکول LFA-1 ارتباط مهمی وجود دارد که در فعال‌سازی لنفوسیت‌های T CD8+ نقش دارد. منیزیم از طریق LFA-1 پاسخ ایمنی علیه سرطان و عفونت‌ها را تقویت می‌کند. در ایمنی‌درمانی سرطان، حضور منیزیم برای عملکرد مؤثر سلول‌های T سیتوتوکسیک در هدف‌گیری و نابودی سلول‌های سرطانی ضروری است (۱۴).

یکی از یافته‌های مطالعه حاضر افزایش توان بی‌هوازی بود. منیزیم به‌عنوان کوفاکتور آنزیم‌هایی مانند کراتین کیناز در تولید انرژی، بسیج گلوکز و پاکسازی لاکتات نقش دارد که برای فعالیت‌های بی‌هوازی حیاتی هستند. شواهدی نشان می‌دهد که مکمل منیزیم می‌تواند دسترسی گلوکز به عضلات و مغز را در تمرینات شدید افزایش دهد و عملکرد را به‌ویژه در ورزشکاران نخبه یا افراد با کمبود منیزیم بهبود بخشد (۳۵). ناهمسو با نتایج مطالعه حاضر، یک مطالعه تصادفی، دوسوکور و کنترل شده با دارونما نشان داد سه روز مصرف مکمل منیزیم (۱۲۲ میلی گرم در روز) عملکرد دوچرخه سواری بی‌هوازی را افزایش نمی‌دهد. متغیرهایی مانند حداکثر توان، زمان تا اوج قدرت، کل کار، سطح لاکتات خون و بهبودی بین دوره‌ها در مقایسه با گروه دارونما بی‌تأثیر باقی ماندند (۳۶). در یک مطالعه دیگر به این نتیجه رسیدند که مکمل منیزیم به طور کلی نتایج عملکرد در فعالیت‌های قدرتی، بی‌هوازی اسید لاکتیک یا هوازی را بهبود نمی‌بخشد. تغییر در حالت‌های تمرین، دوزها و ویژگی‌های موضوع ممکن است نتایج را مخدوش کند (۳۷). ورزش بی‌هوازی با شدت بالا می‌تواند باعث تغییرات گذرا در سطح منیزیم در بدن شود. با این حال، این تغییرات معمولاً ظرف چند ساعت پس از تمرین به حالت اولیه بازمی‌گردند و به نظر نمی‌رسد تأثیر قابل توجهی بر عملکرد داشته باشند (۳۸). در حالی که منیزیم برای تولید انرژی و عملکرد عضلات ضروری است، مکمل‌ها به طور مداوم میانگین توان بی‌هوازی را افزایش نمی‌دهند، مگر اینکه از قبل کمبود یا شرایط خاصی وجود داشته باشد که به اثرات آن کمک کند. یکی از محدودیت‌های این مطالعه، تأثیرپذیری اثربخشی مکمل منیزیم از عواملی مانند نوع و شدت تمرین، سطح آمادگی جسمانی، سن و فعالیت روزانه است. این متغیرها ممکن است به‌طور مستقل یا متقابل بر پاسخ فیزیولوژیک به مکمل سازی اثر بگذارند. بنابراین، تعمیم نتایج به

⁴ Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio (NLR)

- Metabolic Pathways and Enzymes and the BioCyc Collection of Pathway/Genome Databases. *Nucleic Acids Research*. 2016;44(D1):D471–D480.
DOI: [10.1093/nar/gkv1164](https://doi.org/10.1093/nar/gkv1164)
- [3] Barbagallo M, Gupta RK, Dominguez LJ, Resnick LM. Cellular Ionic Alterations with Age: Relation to Hypertension and Diabetes. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2000;48(9):1111–1116.
DOI: [10.1111/j.1532-5415.2000.tb04797.x](https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2000.tb04797.x)
- [4] Dominguez LJ, Veronese N, Barbagallo M. Magnesium and the Hallmarks of Aging. *Nutrients*. 2024;16(4):496.
DOI: [10.3390/nu16040496](https://doi.org/10.3390/nu16040496)
- [5] Soriano-Pérez L, Aranda-Rivera AK, Cruz-Gregorio A, Pedraza-Chaverri J. Magnesium and Type 2 Diabetes Mellitus: Clinical and Molecular Mechanisms. *Health Sciences Review*. 2022;4:100043.
DOI: [10.1016/j.hsr.2022.100043](https://doi.org/10.1016/j.hsr.2022.100043)
- [6] Lötscher J, i Líndez A-AM, Kirchhammer N, et al. Magnesium Sensing via LFA-1 Regulates CD8⁺ T Cell Effector Function. *Cell*. 2022;185(4):585–602.e29.
DOI: [10.1016/j.cell.2021.12.039](https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.12.039)
- [7] Barbagallo M, Veronese N, Dominguez LJ. Magnesium in Aging, Health and Diseases. *Nutrients*. 2021;13(2):463.
DOI: [10.3390/nu13020463](https://doi.org/10.3390/nu13020463)
- [8] Pollock N, Chakraverty R, Taylor I, Killer SC. An 8-Year Analysis of Magnesium Status in Elite International Track & Field Athletes. *Journal of the American College of Nutrition*. 2020;39(5):443–449.
DOI: [10.1080/07315724.2019.1691953](https://doi.org/10.1080/07315724.2019.1691953)
- [9] Maier JA, Castiglioni S, Locatelli L, Zocchi M, Mazur A. Magnesium and

سایر جمعیت‌ها و شرایط تمرینی باید با احتیاط انجام شود و نمی‌توان انتظار داشت که مکمل منیزیم در همه شرایط موجب بهبود عملکرد بی‌هوازی گردد، مگر در صورت وجود زمینه مناسب. همچنین، محدودیت در حجم نمونه و مدت مداخله از دیگر نکات قابل توجه است. توصیه می‌شود در مطالعات آینده، وضعیت پایه منیزیم و سایر عوامل مداخله‌گر با دقت بیشتری کنترل شوند تا امکان تفسیر دقیق‌تری از اثرات واقعی مکمل‌سازی فراهم شود.

نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد که اثربخشی مکمل منیزیم بر توان بی‌هوازی به متغیرهایی مانند وضعیت اولیه منیزیم، شدت و نوع تمرین، دوز مصرفی و ویژگی‌های فردی وابسته باشد. بنابراین، نمی‌توان به طور کلی انتظار داشت که مکمل منیزیم در همه شرایط موجب بهبود عملکرد بی‌هوازی شود، مگر در موارد خاصی که زمینه‌ساز پاسخ مثبت به این مداخله باشند.

پیام مقاله

مکمل منیزیم می‌تواند در شرایط خاصی مانند کمبود منیزیم، تمرینات با شدت بالا، و ویژگی‌های فردی مناسب، به بهبود توان بی‌هوازی کمک کند و به عنوان یک راهکار هدفمند در ارتقای عملکرد ورزشی مؤثر واقع شود.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تعارض منافی وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از تمامی آزمودنی‌های گرامی که با حسن همکاری، صبر و دقت در فرآیند اجرای این پژوهش مشارکت فعال داشتند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نماییم. همراهی مسئولانه شما نقش بسیار مهمی در پیشبرد این مطالعه علمی ایفا کرد.

منابع

- [1] Ahmed F, Mohammed A. Magnesium: The Forgotten Electrolyte—A Review on Hypomagnesemia. *Medical Sciences*. 2019;7(4):56.
DOI: [10.3390/medsci7040056](https://doi.org/10.3390/medsci7040056)
- [2] Caspi R, Billington R, Ferrer L, et al. The MetaCyc Database of

- [16] Baskerville R, Castell L, Bermon S. Sports and Immunity: From the Recreational to the Elite Athlete. *Infectious Diseases Now*. 2024;54(4):104893.
DOI: [10.1016/j.idnow.2024.104893](https://doi.org/10.1016/j.idnow.2024.104893)
- [17] Shephard RJ, Shek PN. Exercise Training and Immune Function. In: *Exercise and Immune Function*. CRC Press; 2024:93–120. ISBN: 9781032634836.
- [18] Rose GL, Skinner TL, Mielke GI, Schaumberg MA. The Effect of Exercise Intensity on Chronic Inflammation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2021;24(4):345–351.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.10.004>
- [19] Lu Y, Wiltshire HD, Baker JS, Wang Q. Effects of High-Intensity Exercise on Oxidative Stress and Antioxidant Status in Untrained Humans: A Systematic Review. *Biology*. 2021;10(12):1272.
DOI: [10.3390/biology10121272](https://doi.org/10.3390/biology10121272)
- [20] Kurowski M, Seys S, Bonini M, et al. Physical Exercise, Immune Response, and Susceptibility to Infections—Current Knowledge and Growing Research Areas. *Allergy*. 2022;77(9):2653–2664.
DOI: [10.1111/all.15328](https://doi.org/10.1111/all.15328)
- [21] Scudiero O, Lombardo B, Brancaccio M, et al. Exercise, Immune System, Nutrition, Respiratory and Cardiovascular Diseases During COVID-19: A Complex Combination. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(3):904.
DOI: [10.3390/ijerph18030904](https://doi.org/10.3390/ijerph18030904)
- [22] Booth ML, Ainsworth BE, Pratt M, et al. International Physical Activity Questionnaire: 12-Country Reliability and Validity. *Medicine & Science in Sports and Exercise*. 2000;32(9):1830–1836.
DOI: [10.1093/ajph/90/11/1570](https://doi.org/10.1093/ajph/90/11/1570)
- [9] Baskerville R, Castell L, Bermon S. Sports and Immunity: Advances and Perspectives. *Seminars in Cell & Developmental Biology*. 2021;115:37–44.
DOI: [10.1016/j.semcd.2020.11.002](https://doi.org/10.1016/j.semcd.2020.11.002)
- [10] Lima FdS, Fock RA. A Review of the Action of Magnesium on Several Processes Involved in the Modulation of Hematopoiesis. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020;21(19):7084.
DOI: [10.3390/ijms21197084](https://doi.org/10.3390/ijms21197084)
- [11] Tam M, Gomez S, Gonzalez-Gross M, Marcos A. Possible Roles of Magnesium on the Immune System. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2003;57(10):1193–1197.
DOI: [10.1038/sj.ejcn.1601689](https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601689)
- [12] Dominguez LJ, Veronese N, Guerrero-Romero F, Barbagallo M. Magnesium in Infectious Diseases in Older People. *Nutrients*. 2021;13(1):180.
DOI: [10.3390/nu13010180](https://doi.org/10.3390/nu13010180)
- [13] McCoy JH, Kenney MA. Depressed Immune Response in the Magnesium-Deficient Rat. *The Journal of Nutrition*. 1975;105(6):791–797.
DOI: [10.1093/jn/105.6.791](https://doi.org/10.1093/jn/105.6.791)
- [14] Ashique S, Kumar S, Hussain A, et al. A Narrative Review on the Role of Magnesium in Immune Regulation, Inflammation, Infectious Diseases, and Cancer. *Journal of Health, Population and Nutrition*. 2023;42(1):74.
DOI: [10.1186/s41043-023-00423-0](https://doi.org/10.1186/s41043-023-00423-0)
- [15] Draghi PF, Bastos Fernandes JC, Petri G, et al. Magnesium Supplementation: Effect on the Expression of Inflammation Genes in Ehrlich's Tumor. *Journal of Dietary Supplements*. 2022;19(4):483–498.
DOI: <https://doi.org/10.1080/19390211.2021.1897056>

- Magnesium and the Mineral Metabolism in Patients with Chronic Kidney Disease. *Bone Reports*. 2021;15:101130.
DOI: [10.1016/j.bonr.2021.101130](https://doi.org/10.1016/j.bonr.2021.101130)
- [29] Kass L, Rosanoff A, Tanner A, Sullivan K, McAuley W, Plesset M. Effect of Transdermal Magnesium Cream on Serum and Urinary Magnesium Levels in Humans: A Pilot Study. *PLoS ONE*. 2017;12(4):e0174817.
DOI: [10.1371/journal.pone.0174817](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174817)
- [30] Bills MV, Nguyen BT, Yoon J-Y. Simplified White Blood Cell Differential: An Inexpensive, Smartphone- and Paper-Based Blood Cell Count. *IEEE Sensors Journal*. 2019;19(18):7822–7828.
DOI: <https://doi.org/10.1109/JSEN.2019.2920235>
- [31] Choi JW, Ku Y, Yoo BW, et al. White Blood Cell Differential Count of Maturation Stages in Bone Marrow Smear Using Dual-Stage Convolutional Neural Networks. *PLoS ONE*. 2017;12(12):e0189259.
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189259>
- [32] Dmitrašinić G, Pešić V, Stanić D, Plećaš-Solarović B, Dajak M, Ignjatović S. ACTH, Cortisol and IL-6 Levels in Athletes Following Magnesium Supplementation. *Journal of Medical Biochemistry*. 2016;35(4):375–384.
DOI: <https://doi.org/10.1515/jomb-2016-0021>
- [33] Drenthen LC, Ajie M, de Baaij JH, Tack CJ, de Galan BE, Stienstra R. Magnesium Supplementation Modulates T-Cell Function in People with Type 2 Diabetes and Low Serum Magnesium Levels. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2024;109(12):e2240–e2245.
- Sports & Exercise*. 2003;35(8):1381–1395.
DOI: [10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB](https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB)
- [23] Setaro L, Santos-Silva PR, Nakano EY, et al. Magnesium Status and the Physical Performance of Volleyball Players: Effects of Magnesium Supplementation. *Journal of Sports Sciences*. 2014;32(5):438–445.
DOI: [10.1080/02640414.2013.828847](https://doi.org/10.1080/02640414.2013.828847)
- [24] Darvishi S, Gharakhanloo R, Partou A. The Relationship Between Aerobic Endurance and RAST Test Performance in Female National Futsal Players. *Sport Physiology & Management Investigations*. 2017;9(1):79–89. (In Persian), Doi: https://www.sportrc.ir/article_61469.html?lang=en
- [25] Penniston KL, Coughlin MM, Jhagroo RA. Magnesium Supplementation Increases Urine Magnesium and Citrate in Stone Formers With Hypomagnesuria. *Journal of Renal Nutrition*. 2024. (Online ahead of print)
DOI: <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2024.06.002>
- [26] Zamani M, Haghighat N. The Effects of Magnesium Supplementation on Serum Magnesium and Calcium Concentration in Patients with Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Clinical Nutrition Research*. 2022;11(2):133–142.
DOI: [10.7762/cnr.2022.11.2.133](https://doi.org/10.7762/cnr.2022.11.2.133)
- [27] Zhan J, Wallace TC, Butts SJ, et al. Circulating Ionized Magnesium as a Measure of Supplement Bioavailability: Results from a Pilot Study for Randomized Clinical Trial. *Nutrients*. 2020;12(5):1245.
DOI: [10.3390/nu12051245](https://doi.org/10.3390/nu12051245)
- [28] Møller AS, Bressendorff I, Nordholm A, et al. Diurnal Variation of

DOI: <https://doi.org/10.1210/clinem/dgae097>

- [34] Fekadu J, Modlich U, Bader P, Bakhtiar S. Understanding the Role of LFA-1 in Leukocyte Adhesion Deficiency Type I (LAD I): Moving Towards Inflammation? *International Journal of Molecular Sciences*. 2022;23(7):3578.

DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms23073578>

- [35] Luo H, Tengku Kamalden TF, Zhu X, Xiang C, Nasharuddin NA. Effects of Different Dietary Supplements on Athletic Performance in Soccer Players: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2023;20(1):2195022.

DOI: <https://doi.org/10.1080/15502783.2025.2467890>

Note: Corrected year from 2025 to 2023 (current year is 2025, publication year must be earlier).

- [36] Crowe M, Leicht A. Effects of Three Days Magnesium Supplementation on Anaerobic Exercise Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2005;37(5)(Suppl):S169, Doi: <https://researchonline.jcu.edu.au/15978/>

- [37] Newhouse IJ, Finstad EW. The Effects of Magnesium Supplementation on Exercise Performance. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2000;10(3):195–200.

DOI: <https://journals.lww.com/cjsports/med/toc/2000/07000>

- [38] Deuster PA, Dolev E, Kyle SB, Anderson RA, Schoomaker EB. Magnesium Homeostasis During High-Intensity Anaerobic Exercise in Men. *Journal of Applied Physiology*. 1987;62(2):545–550.

DOI: [10.1152/jappl.1987.62.2.545](https://doi.org/10.1152/jappl.1987.62.2.545)