

پژوهش‌های فیزیولوژی و مدیریت در ورزش

دوره ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳

ص ص: ۲۷ - ۳۹

تأثیر آب چغندر بر عملکرد ورزشی: مرور مطالعات با رویکرد علم سنجی

عرفان برجیسیان*^۱ - علی اصغر رواسی^۲

۱. کارشناس ارشد، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. ۲. استاد تمام، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۷، تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۱۰/۱۷)

چکیده

با وجود اینکه مدت زیادی از شناخت آب چغندر به عنوان محصول غذایی دارای خواص متعدد در زمینه ورزش و بیماری نمی‌گذرد، با این حال این مکمل به سرعت در بین ورزشکاران محبوبیتی قابل توجه به دست آورد. چنان که در رده مکمل‌های درجه الف با قوی‌ترین پشتوانه علمی طبق بیانیه کمیته بین المللی المپیک قرار گرفت. این پژوهش با هدف تجزیه و تحلیل علاقه و تکامل علمی اثر آب چغندر در ورزش و در جمعیت ورزشکاران انجام شده است. بدین منظور از مفهوم علم سنجی و روند استاندارد آن استفاده شده است. این پژوهش بیش از ۳۰۰ مقاله را مورد تحلیل و بررسی قرار داده است. نتایج حاصل از این پژوهش افزایش تصاعدی در تولید مقالات علمی در زمینه آب چغندر قرمز غنی از نیترات در حوزه ورزش و بیماری‌های قلبی عروقی را نشان داد. کشورهای انگلستان و آمریکا به ترتیب بیشترین سهم در تولید دانش در این زمینه را داشته‌اند. همچنین مطالعات صورت گرفته در این حوزه با توجه به پرتکرارترین کلید واژه‌های به کار رفته به سه خوشه تقسیم بندی شد که شامل مصرف آب چغندر و اثرات آن بر بیماری‌های قلبی و عروقی و نارسایی قلبی، اثرات آب چغندر و تمرین بر روی فشار خون و در نهایت تأثیر مصرف مکمل آب چغندر و اثرات نیروزایی آن بر عملکرد ورزشی مخصوصاً عملکرد استقامتی اشاره داشته است. همچنین مشخص شد مطالعات سال‌های اخیر با توجه به تکرار کلید واژه‌های پرکاربرد به سمت اثرات مثبت مصرف آب چغندر بر بیماری‌های قلبی و عروقی و اثرات نیروزایی آن بر عملکرد ورزشی بوده است.

واژه‌های کلیدی

آب چغندر غنی از نیترات، تمرین استقامتی، علم سنجی، عملکرد ورزشی.

مقدمه

علمی به‌عنوان ملاکی برای مقایسه تولید علمی کشورهای مختلف استفاده کرده‌اند (۴). اساس کار علم سنجی بر بررسی چهار متغیر اساسی شامل مؤلفان، انتشارات علمی، مراجع و ارجاعات است. علم سنجی بر آن است که با استفاده از بررسی جداگانه این متغیرها یا ترکیب مناسبی از آن‌ها خصایص علم و پژوهش علمی را نمایان سازد. علم سنجی، فن تجزیه و تحلیل آماری و کمی متون علمی است. یکی از مهم‌ترین اهداف این علم، بنا نهادن نظام‌هایی از شاخص‌های توصیف کننده پژوهش در اجتماعات مختلف علمی است (۴). اکسید نیتریک، یک گاز آزاد رادیکال حاضر در همه‌جا، در طیف وسیعی از عملکردهای پیام رسانی و تنظیمی در بدن انسان نقش به‌سزایی دارد. به‌طور خاص، نقش حیاتی نیتریک اکسید در اتساع عروق (۵)، تنفس میتوکندریایی (۶)، هموستاز گلوکز و کلسیم (۷)، چرخه انقباض عضله اسکلتی و توسعه خستگی معلوم شده است (۸، ۹). با توجه به اهمیت و نیمه عمر کوتاه نیتریک اکسید، که از میلی‌ثانیه به ثانیه (بسته به شرایط) متغیر است، تولید پیوسته نیتریک اکسید ضروری است. در حقیقت، بدن انسان دو مسیر مکمل برای تولید نیتریک اکسید دارد. ۱- مسیر سنتز نیتریک اکسید وابسته به اکسیژن و آنزیم‌های نیتریک اکسید، و ۲- تولید نیتریک اکسید از طریق تبدیل آنیون‌های نیترات به نیتريت و نیتريت به نیتریک اکسید که وابسته به اکسیژن نیست (۲).

آنزیم‌های سنتز نیتریک اکسید از ال-آرژنین و اکسیژن برای تولید نیتریک اکسید و ال-سیترولین مالات در یک واکنش که با عامل‌های کمک‌کننده ضروری شامل تترا هیدروباپتوپترین^۳، نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید فسفات^۴، فلاوین آدنین دی نوکلئوتید^۵، فلاوین منو

ورزشکاران به‌طور مداوم در تلاش هستند تا ظرفیت تمرینی و عملکرد خود را بهبود بخشند. تعجب ندارد که استفاده گسترده از مکمل‌های غذایی در اکثر ورزش‌ها متداول است زیرا ورزشکاران به‌دنبال موادی هستند که به صورت مجاز عملکرد آن‌ها را افزایش دهد. همچنین به‌دلیل بالا بودن رقابت در ورزش در سطح حرفه‌ای، امروزه حتی بهبود عملکرد ۰/۶ درصدی برای ایجاد تفاوت، کافی در نظر گرفته می‌شود (۱). در این زمینه از رقابت بالا، ورزشکاران اغلب به مکمل‌های غذایی نگاه ویژه‌ای دارند تا عملکرد خود را افزایش دهند. تحقیقات در حال حاضر پیشنهاد می‌کند که مکمل غذایی نیترات (آب چغندر قرمز غنی از نیترات) می‌تواند کارایی ماهیچه و مقاومت به خستگی را بهبود بخشد. نشان‌دهنده شده است که مصرف نیترات می‌تواند ۱۵ تا ۲۵ درصد زمان رسیدن به خستگی در تمرین شدید، با بار کاری ثابت را افزایش دهد. مکمل آب چغندر از شایع‌ترین مکمل‌های مصرفی در میان ورزشکاران با هدف بهبود عملکرد، ریکاوری و بهبود عملکرد شناختی است (۲). این مکمل در دسته مکمل‌های درجه الف طبق بیانیه کمیته بین‌المللی المپیک و انجمن علمی ورزشی استرالیا قرار دارد (۳). مکمل‌هایی که در دسته درجه الف قرار می‌گیرند حاوی بیشترین و قوی‌ترین پشتوانه علمی هستند. این پژوهش با هدف تجزیه و تحلیل علاقه و تکامل علمی اثر آب چغندر در ورزش و در جمعیت ورزشکاران انجام شده است. بدین‌منظور از مفهوم علم سنجی استفاده شده است. علم سنجی یکی از رایج‌ترین روش‌های ارزیابی فعالیت‌های علمی است که در روسیه پدید آمد و به‌دنبال مطرح شدن آن دانشمندان برجسته‌ای از تعداد مقالات

⁴. Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate

⁵. Flavin adenine dinucleotide

¹. Grade A

². Co-factor

³. Tetrahydrobiopterin

عملکرد دستگاه گوارش و ناراحتی دستگاه گوارش می‌شود (۱۵).

آب چغندر به‌طور گسترده به‌عنوان یک کمک نیروزا در طول انواع مختلف ورزش مورد بررسی قرار گرفته است (۱۶-۱۹). مکمل آب چغندر حاوی عصاره آب چغندر است که غنی از نیترات است و در کارخانجات مکمل‌سازی تولید می‌شود. مطالعات کاهش هزینه اکسیژن تمرین پس از مکمل یاری را گزارش کرده‌اند که منجر به بهبود عملکرد در زمان رسیدن به خستگی (۲۰)، تمرینات سرعتی مکرر (۲۱) و تمرینات پرشدت متناوب شده است (۱۹). مکانیسم‌های توضیح‌دهنده، بهبود جریان خون، انقباض عضلانی، هموستاز گلوکز و کلسیم و بهبود کارایی مکانیکی را عنوان کرده‌اند (۲۲). اخیراً بررسی نظام‌مند با فرا تحلیل انجام شده توسط اسنفلد و همکارانش در سال (۲۰۲۰) نشان داده است که اثرات نیروزای آب چغندر در مردان ورزشکار غیر نخبه همراه با مکمل یاری تا سه ساعت قبل از تمرین و تا پانزده دقیقه در طول تمرین مؤثرتر است. مطالعات دوز مصرفی در میان ورزشکاران و بیماران قلبی عروقی را از مصرف آب چغندر حاوی ۶/۸ میلی مول نیترات تا ۱۳ میلی مول بر نیترات به‌صورت حاد و کوتاه‌مدت (یک هفته) و مزمن (هشت هفته) گزارش کرده‌اند (۲۳-۲۵). با توجه به موارد مرور شده این پژوهش با هدف تجزیه و تحلیل علاقه و تکامل علمی اثر آب چغندر در ورزش و در جمعیت ورزشکاران صورت گرفت.

روش‌شناسی پژوهش

در این قسمت الگوی استفاده شده برای جمع‌آوری و گزینش مقالات ارائه می‌گردد. پایگاه‌های انتشاراتی اسکوپوس (Scopus) برای جمع‌آوری مقالات استفاده شده است.

نوکلئوتید^۱ و کلسیم- کالمودولین^۲ انجام می‌گیرد. بلافاصله پس از تولید نیتریک اکسید از این طریق، نیتریک اکسید خیلی سریع به آنیون‌های نیتريت و نیترات تبدیل می‌شود. در واقع این آنیون‌ها تولید نهایی مسیر هوازی نیتریک اکسید سنتتاز است (۱۰) مسیر تبدیل بی‌هوازی نیترات به نیتريت و نیتريت به نیتریک اکسید اخیراً تعریف شده است و شامل کاهش‌های زنجیره‌وار نیترات به نیتريت و نیتريت به نیتریک اکسید و دیگر گونه‌های اکسید نیتروژن است (۱۰). منابع نیترات و نیتريت که سوخت این مسیر بی‌هوازی را تأمین می‌کند نه‌تنها از مسیر تولید داخلی نیتریک اکسید (همان‌طور که در بالا توضیح داده می‌شود) بلکه از طریق مصرف غذاهای سرشار از نیترات به خصوص سبزیجات برگ سبز مانند کلم، اسفناج و سبزیجات ریشه‌ای مانند چغندر تأمین می‌شود (۱۱). در دهان حدود ۲۵٪ از نیترات رژیم غذایی توسط کاهش‌دهنده‌های نیترات در میکروارگانیسم‌های دهان به نیتريت تبدیل می‌شود (۱۲). قسمتی از نیتريت سپس طی واکنش‌های اسیدی در داخل معده به نیتریک اکسید تبدیل و سپس از طریق روده جذب می‌شود (۱۳). کاهش نیتريت به نیتریک اکسید در شرایط کم‌اکسیژنی و اسیدی بسیار بیشتر می‌شود (۱۳). بنابراین تولید نیتریک اکسید از این مسیر را میتوان به‌عنوان یک مسیر پشتیبان برای ادامه تولید نیتریک اکسید هنگامی که مسیر تولید هوازی آن‌ها کارآمد می‌شود محسوب کرد. عضله اسکلتی به احتمال زیاد شرایط کم‌اکسیژنی و اسیدوز را در هنگام انقباض تجربه می‌نماید که دلالت بر این دارد که این مسیر ممکن است در طول ورزش اهمیت ویژه‌ای داشته باشد (۱۴). نشان داده شده است که مصرف مقادیر زیاد آب چغندر به‌صورت حاد (حاوی بیش از ۶/۸ میلی مول نیترات) باعث اختلال در

². calcium-calmodulin

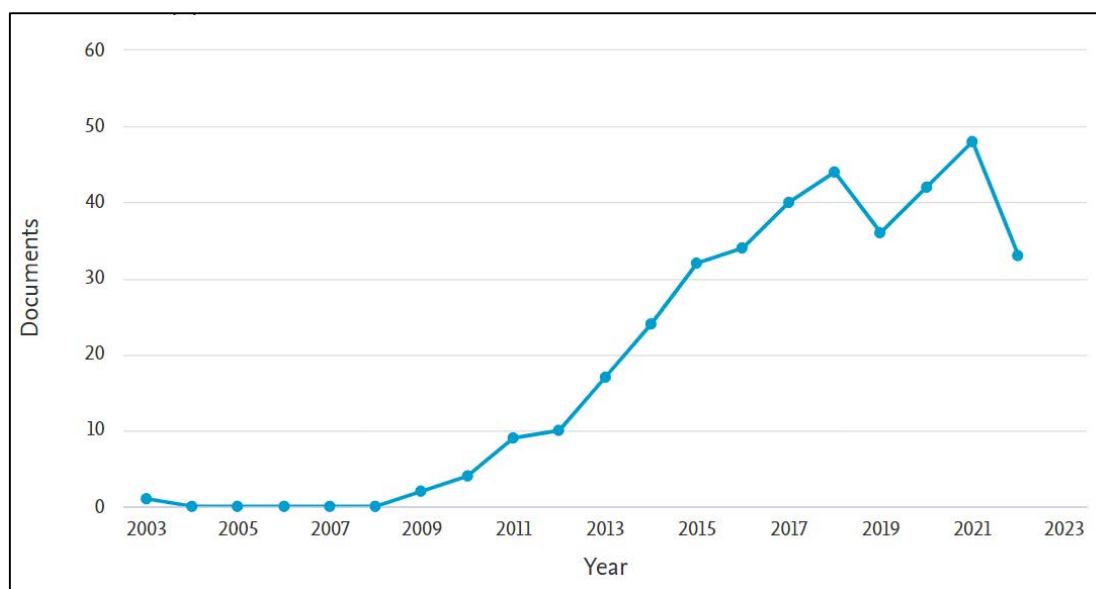
¹. Flavin mononucleotide

حذف شده و در نهایت ۳۰۳ مقاله جهت تحلیل و بررسی انتخاب شد (۲۷).

تحلیل آماری یافته‌ها

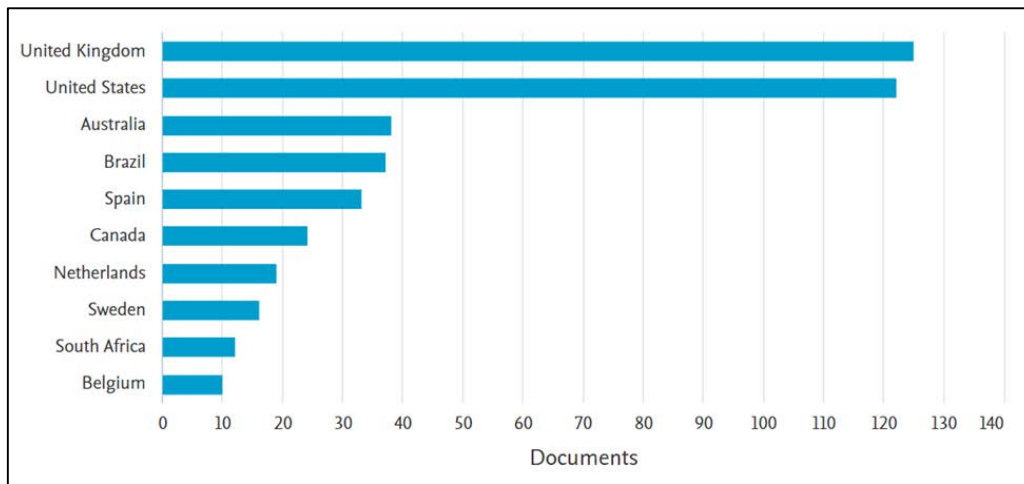
پس از بیان روند گزینش مطالعات و تعداد مقالات انتخاب شده در بخش دوم، در این قسمت تحلیل‌های آماری در خصوص مطالعات منتخب ارائه خواهد شد. شکل ۱ تعداد مقالات انتشار یافته در سال‌های مختلف را نشان می‌دهد.

جستجو به مطالعات درون نشریات که به زبان انگلیسی باشد محدود گردید. سپس مطالعاتی که کلید واژه‌های (beetroot) و (exercise) به‌طور همزمان در عنوان، کلید واژه، و یا چکیده آنها به کار رفته جستجو گردید. همچنین محدودیتی برای زمان انتشار مطالعات در نظر گرفته نشده است (۲۶). استخراج مقالات در ۲۴ مهر ماه ۱۴۰۱ انجام گرفته است. نتیجه جستجو با در نظر گرفتن موارد ذکر شده تعداد ۵۴۱ مقاله بوده است. متن چکیده مقالات جمع‌آوری شده در مرحله قبل، مورد مطالعه قرار گرفته تا موارد غیرمرتبط حذف گردد. در نتیجه این بررسی ۱۳۸ مقاله



شکل 1: نمایش شماتیک از تعداد مقالات انتشار یافته طی سال‌های مختلف میلادی

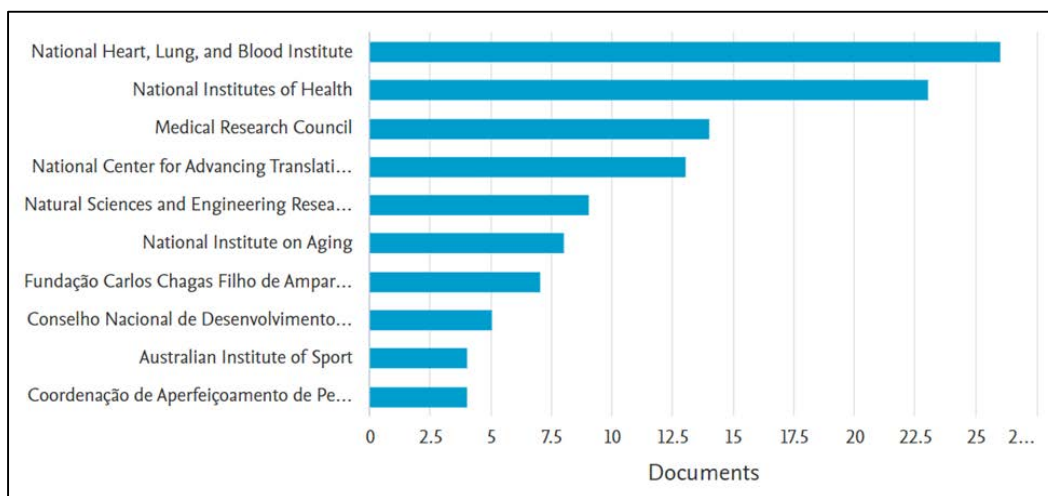
همانگونه که از شکل ۱ می‌توان مشاهده نمود، مقالات انتشار یافته در حوزه اشاره شده روندی روبه‌رشد داشته است و این رشد از سال ۲۰۰۹ روند رو به شتابی تا سال ۲۰۲۱ به خود گرفته است. شکل ۲ تعداد مقالات انتشار یافته در کشورهای مختلف دنیا را نشان می‌دهد.



شکل 2: تعداد مقالات انتشار یافته بر اساس کشورهای مختلف

کارخانه‌های مکمل سازی مخصوص آب چغندر برای ورزشکاران را نام برد (۲۸). در قسمت‌های بعدی ارتباط میان مطالعات صورت گرفته در کشورهای مختلف ارائه خواهد شد. شکل ۳ سازمان‌های رسمی حمایت کننده مقالات علمی را نشان می‌دهد.

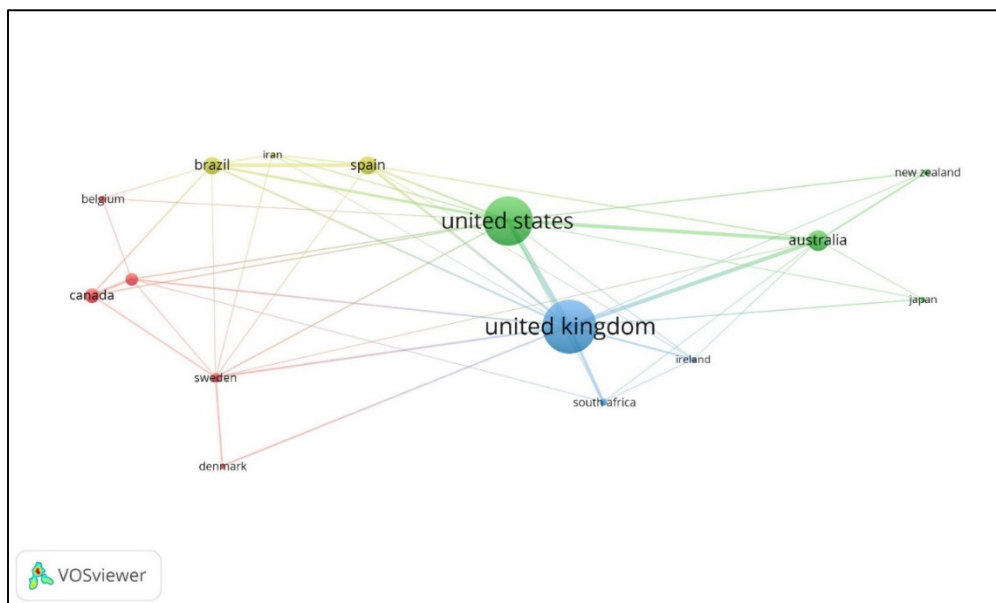
همانگونه که مشاهده می‌شود کشورهای انگلیس، آمریکا و استرالیا بیشترین مطالعات را در حوزه آب چغندر و ورزش داشته‌اند. یکی از دلایل عمده در انتشار مقالات متعدد در این حوزه در کشور انگلستان را می‌توان وجود



شکل 3: سازمان‌های حمایت کننده از انتشارات علمی

آنجایی که آب چغندر حاوی خواص سلامتی برای عموم افراد و به خصوص افراد دارای بیماری‌های قلبی عروقی مانند اثر اتساع عروق و کاهش فشار خون دارد (۲۹-۳۲) این سازمان‌ها حمایت بیشتری را در راستای پژوهش در این مورد انجام داده‌اند. شکل ۴ ارتباط میان نویسندگان در میان کشورهای دنیا را نشان می‌دهد.

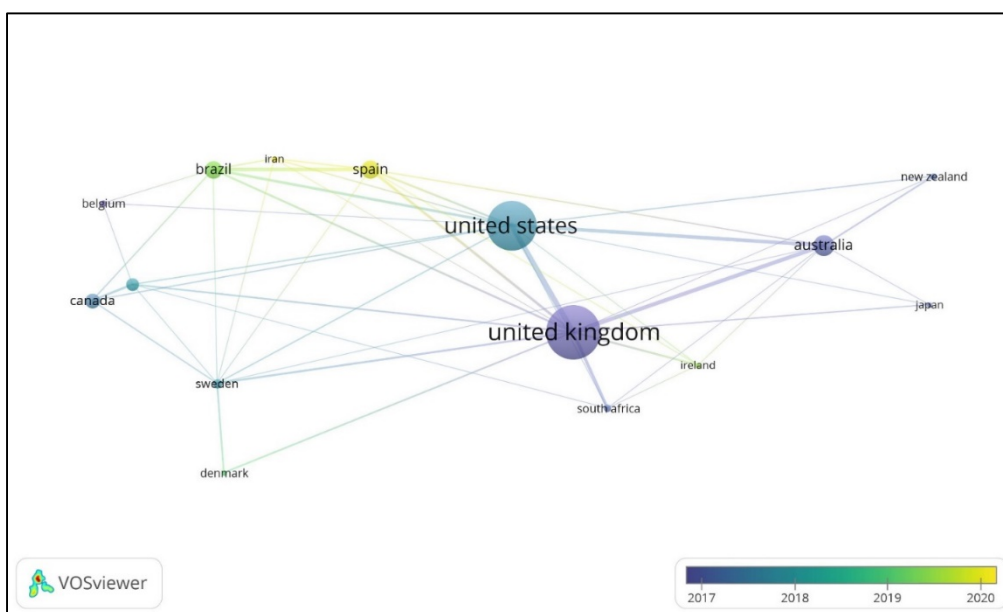
همانگونه که از شکل ۳ می‌توان مشاهده نمود انجمن قلب، ریه و خون مستقر در ایالت مریلند آمریکا بیشترین مقالات علمی را در حوزه آب چغندر و ورزش حمایت نموده است و پس از آن انجمن ملی سلامت آمریکا در رتبه دوم قرار گرفته است. در توضیح این موضوع می‌توان گفت از



شکل ۴: نمودار نویسنده‌گان در سطح کشور / منطقه در مورد آب چغندر و ورزش

و برزیل در انتشار مقالات علمی در حوزه آب چغندر و ورزش می‌باشد. در پژوهشی بین‌المللی بین کشورهای ایران و اسپانیا تأثیر مصرف دوزهای ۶۰ میلی‌لیتر و ۱۲۰ میلی‌لیتر آب چغندر را بر عملکرد ورزشی و عملکرد روانی ورزشکاران تکواندو کار حرفه‌ای مورد بررسی قرار دادند (۳۳، ۳۴). شکل ۵ بازه زمانی مقالات علمی منتشر شده از سال طی سال‌های مختلف را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود کشورهای انگلیس و آمریکا در تولید دانش در زمینه آب چغندر و ورزش از بقیه کشورها در جایگاه متمایزی هستند و همچنین همکاری‌های گسترده‌ای در فعالیتهای پژوهشی داشته‌اند. پس از آن می‌توان به استرالیا، کانادا، اسپانیا و برزیل اشاره کرد. نکته قابل توجهی که به چشم می‌خورد ارتباط میان نویسندگان ایرانی با کشورهای اسپانیا

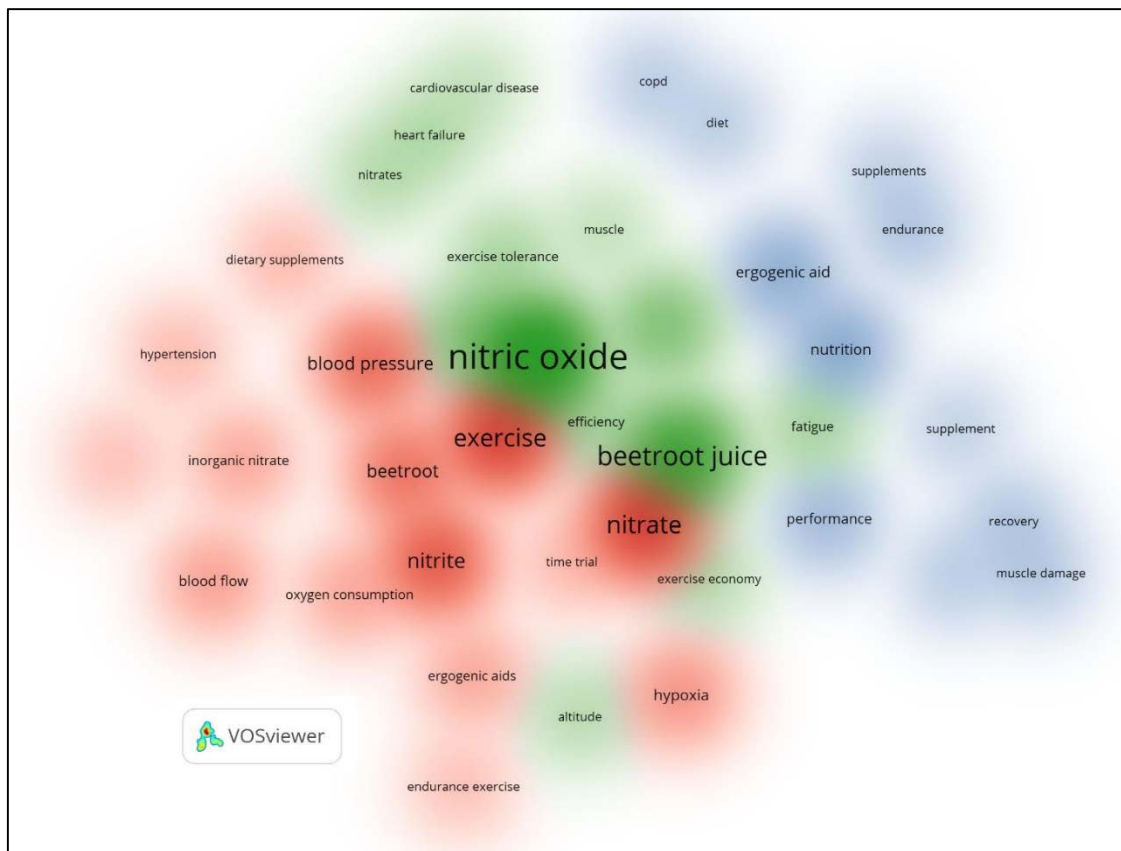


شکل ۵: روند انتشار مقالات علمی از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۰ در سطح کشوری

به کاربرده شده و پرکاربرد نامیده می‌شوند، توانایی دسته بندی حوزه‌های علمی را دارا هستند. شکل ۶ مهمترین و پرکاربردترین کلید واژه‌های مطالعات پیشین در حوزه ذکر شده را نشان می‌دهد. خوشه بندی صورت گرفته توسط نرم افزار vosviewer بر طبق نظریه زیف ابوده است (۳۴, ۳۵). در شکل ۶ نمایی شماتیک از ارتباط کلید واژه‌های پرتکرار نشان داده شده است.

همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود اخیراً کشورهای ایران، برزیل و اسپانیا به جمع کشورهای منتشر کننده داده های علمی در حوزه آب چغندر و ورزش اضافه شده‌اند.

یکی از مهمترین مواردی که در داده‌های علمی مورد توجه قرار دارد کلید واژه‌های مورد استفاده توسط نویسندگان می‌باشد. کلید واژه‌هایی که در مطالعات مختلف



شکل 5: نمایی شماتیک از ارتباط کلید واژه‌های پرتکرار

مطالعات دسته دوم که با رنگ قرمز مشخص شده بر روی اثرات آب چغندر و تمرین بر روی فشار خون را مورد بررسی قرار داده است (۳۹-۴۱). در نهایت دسته سوم که با رنگ آبی نشان داده شده به تأثیر مصرف مکمل آب چغندر و اثرات نیروزایی آن بر عملکرد ورزشی مخصوصاً عملکرد استقامتی اشاره داشته است (۲۴, ۲۵, ۴۲). همچنین اثرات

همانگونه که در شکل ۶ مشاهده می‌شود مطالعات صورت گرفته در حوزه کاربرد آب چغندر در ورزش را می‌توان به سه دسته کلی براساس ارتباط کلید واژه‌های پرتکرار تقسیم کرد. دسته اول که با رنگ سبز مشخص شده مصرف آب چغندر و اثرات آن بر بیماری‌های قلبی و عروقی و نارسایی قلبی را مورد بررسی قرار داده است (۳۸-۳۶).

استاندارد مطالعات مرتبط جمع آوری و انتخاب گردید. سپس تحلیل‌های آماری در خصوص روند مطالعات، کشورهای پیش‌تاز در این حوزه و سازمان‌های حمایت‌کننده از پژوهش‌ها انجام شد.

در مرحله بعد با استفاده از نرم افزارهای نوین علم سنجی الگوهای ارتباطی میان پژوهش‌ها شناسایی و تحلیل گردید. بدین جهت استفاده از کلید واژه‌های پرکاربرد و ارتباط ساختاری میان آنها مورد استفاده قرار گرفته و بر این اساس مطالعات خوشه بندی گردید. همچنین در شناسایی روندهای علمی مطالعات اخیر، حوزه‌هایی مانند اثرات نیروزایی مکمل آب چغندر بر عملکرد ورزشی مخصوصاً عملکرد استقامتی و همچنین اثرات آن بر بیماری‌های قلبی و عروقی مشخص گردید.

در نهایت با تحلیل فعالیت‌های صورت گرفته موارد متعدد برای پژوهش‌های آتی شناسایی و پیشنهاد شد. استفاده از الگوهای استاندارد جهت ارزیابی مقالات و ارائه ی پیشنهادات پژوهشی مختلف جهت مطالعات آتی، راه روشنی را برای استفاده محققین از نتایج این تحقیق قرار داده است.

موضوع می‌توان گرفت توسعه پایدار پژوهش در حوزه ورزش از طریق صنعتی سازی محصولات غذایی و مکمل در کشورها است (۴۵، ۴۶).

دومین موضوعی که مورد توجه است گرایش پژوهش‌های جدید در حوزه یاد شده است. همانگونه که ذکر شد مطالعات جدید به سمت اثرات نیروزایی آب چغندر بر عملکرد ورزشی مخصوصاً عملکرد استقامتی و در حوزه بیماری‌های قلبی و عروقی رفته است (۲، ۲۰، ۲۹، ۳۱). پیشنهاد می‌شود با توجه به شناسایی گرایش‌های نوین به این دو حوزه مطالعات آتی خلأهای پژوهشی در این دو حوزه را بررسی نمایند. به‌عنوان مثال تاکنون اثرات مثبت و منفی مصرف آب چغندر در رشته‌های استقامتی بر دیگر فاکتورهای ورزشی مانند رژیم غذایی (مانند رژیم غذایی کتوژنیک) بررسی نشده است. از طرف دیگر اثر مصرف آب چغندر بر عملکرد ورزش‌های تیمی به‌طور جامع مورد بررسی قرار نگرفته است (۴۴). به‌عنوان نکته پایانی برخی از حوزه‌هایی که اهمیت آنها به‌خوبی در ورزش شناخته شده است در مطالعات پیشین به‌طور مؤثر مورد توجه قرار نگرفته است مانند اثرات مصرف آب چغندر بر آسیب عضلانی و همچنین تأثیر آن بر ریکاوری پس از تمرین می‌باشد که پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده این دو حوزه را مورد بررسی جامع تری قرار دهند.

با وجود اینکه مدت زیادی از شناخت آب چغندر به عنوان محصول غذایی دارای خواص متعدد در زمینه ورزش و بیماری نمی‌گذرد، با این حال این مکمل به‌سرعت محبوبیت در بین ورزشکاران به‌دست‌آورد. چنان که در رده مکمل‌های درجه الف با قوی‌ترین پشتوانه علمی طبق بیانیه کمیته بین‌المللی المپیک قرار گرفت. مطالعه حاضر به‌مرور و تحلیل پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه کاربرد آب چغندر و ورزش پرداخت. در این راستا از ابزارهای آماری و علم سنجی استفاده شد. ابتدا با استفاده از یک الگوی

References

1. Paton CD, Hopkins WG. Variation in performance of elite cyclists from race to race. *European journal of sport science*. 2006;6(01):25-31.
2. Wylie LJ, Kelly J, Bailey SJ, Blackwell JR, Skiba PF, Winyard PG, et al. Beetroot juice and exercise: pharmacodynamic and dose-response relationships. *J Appl Physiol* (1985). 2013;115(3):325-36.
3. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2018;28(2):104-25.
4. Mingers J, Leydesdorff L. A review of theory and practice in scientometrics. *European journal of operational research*. 2015;246(1):1-19.
5. Erzurum S, Ghosh S, Janocha A, Xu W, Bauer S, Bryan N, et al. Higher blood flow and circulating NO products offset high-altitude hypoxia among Tibetans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2007;104(45):17593-8.
6. Dejam A, Hunter CJ, Schechter AN, Gladwin MT. Emerging role of nitrite in human biology. *Blood Cells, Molecules, and Diseases*. 2004;32(3):423-9.
7. Viner RI, Williams TD, Schöneich C. Nitric oxide-dependent modification of the sarcoplasmic reticulum Ca-ATPase: localization of cysteine target sites. *Free Radical Biology and Medicine*. 2000;29(6):489-96.
8. Fulford J, Winyard PG, Vanhatalo A, Bailey SJ, Blackwell JR, Jones AM. Influence of dietary nitrate supplementation on human skeletal muscle metabolism and force production during maximum voluntary contractions. *Pflügers Archiv-European Journal of Physiology*. 2013;465(4):517-28.
9. Hernández A, Schiffer TA, Ivarsson N, Cheng AJ, Bruton JD, Lundberg JO, et al. Dietary nitrate increases tetanic $[Ca^{2+}]_i$ and contractile force in mouse fast-twitch muscle. *The Journal of physiology*. 2012;590(15):3575-83.
10. Jones AM, Thompson C, Wylie LJ, Vanhatalo A. Dietary nitrate and physical performance. *Annual review of nutrition*. 2018;38:303-28.
11. Vukosavljevic N, Jaron D, Barbee KA, Buerk DG. Quantifying the L-arginine paradox in vivo. *Microvascular research*. 2006;71(1):48-54.
12. Potter L, Angove H, Richardson D, Cole J. Nitrate reduction in the periplasm of gram-negative bacteria. 2001.
13. Raat N, Shiva S, Gladwin M. Effects of nitrite on modulating ROS generation following ischemia and reperfusion. *Advanced drug delivery reviews*. 2009;61(4):339-50.

14. Richardson RS, Noyszewski EA, Kendrick KF, Leigh JS, Wagner PD. Myoglobin O₂ desaturation during exercise. Evidence of limited O₂ transport. *The Journal of clinical investigation*. 1995;96(4):1916-26.
15. Wong TH, Sim A, Burns SF. The effects of nitrate ingestion on high-intensity endurance time-trial performance: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Exercise Science & Fitness*. 2022.
16. Cermak NM, Gibala MJ, van Loon LJ. Nitrate supplementation's improvement of 10-km time-trial performance in trained cyclists. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2012;22(1):64-71.
17. Lansley KE, Winyard PG, Bailey SJ, Vanhatalo A, Wilkerson DP, Blackwell JR, et al. Acute dietary nitrate supplementation improves cycling time trial performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(6):1125-31.
18. López-Samanes Á, Pérez-López A, Moreno-Pérez V, Nakamura FY, Acebes-Sánchez J, Quintana-Milla I, et al. Effects of Beetroot Juice Ingestion on Physical Performance in Highly Competitive Tennis Players. *Nutrients*. 2020;12.(۲)
19. Nyakayiru J, Jonvik KL, Trommelen J, Pinckaers PJ, Senden JM, van Loon LJ, et al. Beetroot Juice Supplementation Improves High-Intensity Intermittent Type Exercise Performance in Trained Soccer Players. *Nutrients*. 2017;9.(۳)
20. Bailey SJ, Winyard P, Vanhatalo A, Blackwell JR, Dimenna FJ, Wilkerson DP, et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *J Appl Physiol (1985)*. 2009;107(4):1144-55.
21. Rojas-Valverde D, Montoya-Rodriguez J, Azofeifa-Mora C, Sanchez-Urena B. Effectiveness of beetroot juice derived nitrates supplementation on fatigue resistance during repeated-sprints: A systematic review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2021;61(20):3395-406.
22. Larsen FJ, Weitzberg E, Lundberg JO, Ekblom B. Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. *Acta Physiol (Oxf)*. 2007;191(1):59-66.
23. Stander Z, Luies L, van Reenen M, Howatson G, Keane KM, Clifford T, et al. Beetroot juice—a suitable post-marathon metabolic recovery supplement? *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2021;18(1):72.
24. Ormsbee MJ, Lox J, Arciero PJ. Beetroot juice and exercise performance. *Nutrition and Dietary Supplements*. 2013;5:27-35.
25. Zafeiridis A. The effects of dietary nitrate (beetroot juice) supplementation on exercise performance: A review. *American Journal of Sports Science*. 2014;2(4):97-100.
26. Kullenberg C, Kasperowski D. What is citizen science? –A scientometric meta-analysis. *PloS one*. 2016;11(1):e0147152.

27. Vega-Muñoz A, Arjona-Fuentes JM. Social Networks and Graph Theory in the Search for Distant Knowledge: Studying the Field of Industrial Engineering. Handbook of research on advanced applications of graph theory in modern society: IGI Global; 2020. p. 397-418.
28. Gallardo EJ, Coggan AR. What is in your beet juice? Nitrate and nitrite content of beet juice products marketed to athletes. International journal of sport nutrition and exercise metabolism. 2019;29(4):345-9.
29. Forsyth F, Mulrennan S, Burt J, Hartley P, Kuhn I, Lin H, et al. What dietary interventions have been tested in heart failure with preserved ejection fraction? A systematic scoping review. European Journal of Cardiovascular Nursing. 2022.
30. Park LK, Coggan AR, Peterson LR. Skeletal Muscle Contractile Function in Heart Failure With Reduced Ejection Fraction—A Focus on Nitric Oxide. Frontiers in Physiology. 2022:1037.
31. Benjamim CJR, Porto AA, Valenti VE, da Silva Sobrinho AC, Garner DM, Gualano B, et al. Nitrate derived from beetroot juice lowers blood pressure in patients with arterial hypertension: a systematic review and meta-analysis. Frontiers in nutrition. 2022:265.
32. Lipert A, Szadkowska I, Matusiak-Wieczorek E, Kochan E. The Effect of Herbal Supplements on Blood Pressure: Systematic Review and Meta-Analysis. Antioxidants. 2022;11(8):1419.
33. Miraftabi H, Avazpoor Z, Berjisian E, Sarshin A, Rezaei S, Domínguez R, et al. Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cognitive Function, Aerobic and Anaerobic Performances of Trained Male Taekwondo Athletes: A Pilot Study. Int J Environ Res Public Health. 2021;18.(^{۱۹})
34. Li W. Zipf's Law everywhere. Glottometrics. 2002;5(2002):14-21.
35. Van Eck N, Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. scientometrics. 2010;84(2):523-38.
36. Hoffman DJ. Use of beetroot juice extract for hypertension treatment in low-and middle-income countries. The Journal of Nutrition. 2020;150(9):2233-4.
37. dos S. Baião D, da Silva DV, Paschoalin VM. Beetroot, a remarkable vegetable: Its nitrate and phytochemical contents can be adjusted in novel formulations to benefit health and support cardiovascular disease therapies. Antioxidants. 2020;9(10):960.
38. Zamani H, De Joode M, Hossein I, Henckens N, Guggeis M, Berends J, et al. The benefits and risks of beetroot juice consumption: a systematic review. Critical reviews in food science and nutrition. 2021;61(5):788-804.
39. Siervo M, Lara J, Ogbonmwan I, Mathers JC. Inorganic nitrate and beetroot juice supplementation reduces blood pressure in adults: a systematic review and meta-analysis. The Journal of nutrition. 2013;143(6):818-26.

40. Eggebeen J, Kim-Shapiro DB, Haykowsky M, Morgan TM, Basu S, Brubaker P, et al. One week of daily dosing with beetroot juice improves submaximal endurance and blood pressure in older patients with heart failure and preserved ejection fraction. *JACC: Heart Failure*. 2016;4(6):428-37.
41. Bahadoran Z, Mirmiran P, Kabir A, Azizi F, Ghasemi A. The nitrate-independent blood pressure-lowering effect of beetroot juice: A systematic review and meta-analysis. *Advances in Nutrition*. 2017;8(6):830-8.
42. Domínguez R, Cuenca E, Maté-Muñoz JL, García-Fernández P, Serra-Paya N, Estevan MCL, et al. Effects of beetroot juice supplementation on cardiorespiratory endurance in athletes. A systematic review. *Nutrients*. 2017;9(1):43.
43. Jones L, Bailey SJ, Rowland SN, Alsharif N, Shannon OM, Clifford T. The effect of nitrate-rich beetroot juice on markers of exercise-induced muscle damage: A systematic review and meta-analysis of human intervention trials. *Journal of Dietary Supplements*. 2021:1-23.
44. Wong TH, Sim A, Burns SF. The effect of Beetroot Ingestion on high-intensity interval training: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. 2021;13(11):3674.
45. Ruggerio CA. Sustainability and sustainable development: A review of principles and definitions. *Science of the Total Environment*. 2021;786:147481.
46. Halkos G, Gkampoura E-C. Where do we stand on the 17 Sustainable Development Goals? An overview on progress. *Economic Analysis and Policy*. 2021;70:94-122.

The effect of nitrate-rich beet juice on sports performance: a review of studies with a scientometric approach

Erfan Berjisian^{*1} - Ali Asghar Ravasi²

1. Master of exercise physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Tehran University, Tehran, Iran

2. Professor of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Tehran University, Tehran Iran.

(Received:2022/11/08:Accepted:2023/01/07)

Abstract

Despite the fact that nitrate-rich beetroot juice has not been recognized as a food product with many properties in the field of sports and disease, this supplement quickly gained popularity among athletes, as it is in the category of grade A supplements with the strongest scientific support, which was placed according to the statement of the International Olympic Committee. This research has been done with the aim of analyzing the interesting and scientific evolution of the effect of nitrate-rich beetroot juice on sports and on the population of athletes. For this purpose, the concept of scientometrics and its standard process have been used. This research has analyzed more than 300 articles. The results of this research showed an exponential increase in the production of scientific articles in the field of red beet juice rich in nitrates and in the field of exercise and cardiovascular diseases. England and America have contributed the most to the production of knowledge in this field, respectively. Also, the studies conducted in this field were divided into three clusters according to the most frequently used keywords, which include the consumption of nitrate-rich beet juice and its effects on cardiovascular diseases and heart failure, the effects of nitrate-rich beet juice nitrate and exercise on blood pressure and finally the effect of nitrate-rich beet juice supplement and its energizing effects on sports performance, especially endurance performance. It was also found that the studies of recent years have focused on the positive effects of consuming nitrate-rich beetroot juice on cardiovascular diseases and its energizing effects on sports performance.

Keywords

Endurance training, Exercise, Nitrate-rich beetroot juice, Performance, Science metrics.

* Corresponding Author: Email: erfan.berjisian@ut.ac.ir

