Journal of Gorgan University of Medical Sciences

e-ISSN: 2008-4080 p-ISSN: 1562-4765

2021 / Vol 23 / No 3

OPEN ACCESS

Original Paper

Vitamin D Status and Its Relationship with Physical Function Indexes in Young Taekwondo Athletes

Yosef Ali Hajipour Goli (M.A)[1], **Masoumeh Habibian (Ph.D)***[2]

1 M.A in Physical Education and Sports Sciences, Qaemshahar Branch, Islamic Azad University, Qaemshahar, Iran. 2 Associate Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, Qaemshahar Branch, Islamic Azad University, Qaemshahar, Iran.

Abstract

Background and Objective: Vitamin D increases muscle strength through protein synthesis and myogenesis and may play an important role in anaerobic and aerobic activities. This study was done to determine the vitamin D status and its relationship with physical function indexes in young Taekwondo athletes.

Methods: This descriptive-analytical study was conducted on 75 young male Taekwondo athletes, aged 18-23 years that were selected using randomized sampling method. Serum 25-hydroxyvitamin D level was measured by ELISA method. The 20-meter shuttle run, running based anaerobic sprint (RAST), vertical jump, 36-meter sprint and Illinois agility tests were used to determine aerobic and anaerobic capacities, explosive anaerobic power of the lower limbs, speed and agility, respectively. Body mass index and percent body fat was measured for each subject. Level below 20, 20-30 and more than 30 ng/ml of serum 25-hydroxyvitamin D were considered as vitamin D deficiency, insufficiency and normal status, respectively.

Results: The results showed that 48% (36 athletes) and 42.66% (32 athletes) of taekwondo athletes had deficient and insufficiency levels of vitamin D, respectively. Also, a significant correlation was detected between serum 25-hydroxyvitamin D concentration and aerobic power (r=0.897), anaerobic power (r=0.901), vertical jump performance (r=0.855), fatigue index (r=-0.838), agility (r=-0.634) and 36 meters sprint (r=-0.793) times (P<0.05). However, this association was significant in athletes with lower than normal levels of vitamin D (P<0.05), no association was found in subjects with normal vitamin D levels.

Conclusion: Vitamin D of 90.66% of young taekwondo practitioners was lower than normal level. Increasing in vitamin D level can improve the physical performance of young athletes with vitamin D deficiency or insufficiency status.

Keywords: Vitamin D, Physical Performance, Exercise Test, Athletes

***Corresponding Author:** Masoumeh Habibian (Ph.D), E-mail: habibian_m@yahoo.com

Received 15 Sep 2020 **Revised** 15 Aug 2021 **Accepted** 25 Aug 2021

Cite this article as: Hajipour Goli YA, Habibian M. [Vitamin D Status and Its Relationship with Physical Function Indexes in Young Taekwondo Athletes]. J Gorgan Univ Med Sci. 2021; 23(3): 68-76. [Article in Persian]

© The author(s)

مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان

پاییز ۱۴۰۰ / دوره ۲۳ / شماره ۳ (پی در پی ۷۹)

دارای رتبه علمی -پژوهشی از کمیسیون نشریات علوم پزشکی کشور

e-ISSN: ۲۰۰۸-۴۰۸۰ p-ISSN: ۱۵۶۲-۴۷۶۵

با دسترسی آزاد

تحقیقی

وضعیت ویتامین D و ارتباط آن با شاخص‌های عملکرد جسمانی تکواندوکاران جوان

یوسفعلی حاجی پورگلی [۱]، دکتر معصومه حبیبیان *[۲]

[۱] کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران. [۲] دانشیار، گروه تربیت بدنی، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: *ویتامین D با سنتز پروتئین عضلانی و میوژنز سبب افزایش قدرت می‌شود و ممکن است نقش مهمی در فعالیت‌های بیهوازی و هوازی ایفا کند. این مطالعه به منظور ارزیابی وضعیت ویتامین D و ارتباط آن با شاخص‌های عملکرد جسمانی تکواندوکاران جوان انجام شد.*

روش بررسی: *این مطالعه توصیفی – تحلیلی روی ۷۵ تکواندوکار مرد در محدوده سنی ۱۸ تا ۲۳ سال انجام شد. سطح سرمی ۲۵-هیدروکسی ویتامین D (25(OH)D) به روش الایزا تعیین شد و مقادیر کمتر از صفر، ۳۰-۲۰ و بیش از ۳۰ نانوگرم در میلی‌لیتر به ترتیب به عنوان نقص، سطح ناکافی و نرمال در نظر گرفته شدند. از آزمون‌های ۲۰ متر شاتل ران، دو سرعت بیهوازی (درست)، پرش ارتفاع، دوی سرعت ۳۶ متر و الی نویز به ترتیب برای تعیین ظرفیت‌های هوازی و بیهوازی، توان انفجاری پاها، سرعت و چابکی استفاده شد. همچنین درصد چربی و شاخص توده بدن هر آزمودنی تعیین گردید.*

یافته‌ها: *۳۶ تکواندوکار (۴۸ درصد) و ۳۲ تکواندوکار (۴۲/۶۶ درصد) به ترتیب دارای کمبود و سطح ناکافی ویتامین D بودند. ارتباط آماری معنی‌داری بین سطح پایین‌تر از نرمال ویتامین D با توان هوازی (r=۰/۸۹۷)، توان بیهوازی (r=۰/۹۰۱)، پرش عمودی (r=۰/۸۵۵)، شاخص خستگی (r=-۰/۸۳۸)، زمان چابکی (r=-۰/۶۳۴) و دو سرعت ۳۶ متر (r=-۰/۷۹۳) مشاهده شد (P<۰/۰۵) و در آزمودنی‌هایی با سطح نرمال ویتامین D هیچ ارتباطی مشاهده نشد.*

نتیجه‌گیری: *۹۰/۶۶ درصد از تکواندوکاران جوان دارای ویتامین D پایین‌تر از حد مطلوب بودند. افزایش سطوح ویتامین D می‌تواند به بهبود عملکرد جسمانی ورزشکاران جوان مبتلا به کمبود یا نقص ویتامین D کمک نماید.*

واژه‌های کلیدی: *ویتامین D ، عملکرد ورزشی ، تست ورزشی، ورزشکار*

* نویسنده مسؤول: دکتر معصومه حبیبیان ، پست الکترونیکی habibian_m@yahoo.com

نشانی: قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، تلفن ۳۰-۴۲۱۴۴۵۰۲۵-۰۱۱، نمابر ۴۲۱۴۵۱۱۷

وصول مقاله ۱۳۹۹/۶/۲۵، اصلاح نهایی ۱۴۰۰/۵/۲۴، پذیرش مقاله ۱۴۰۰/۶/۳

مقدمه

بیش از ۸۰ درصد مردم جهان دارای سطوح ناکافی ویتامین D هستند. ویتامین D برای انجام فرایندهای فیزیولوژیکی مانند عملکرد سیستم ایمنی، سنتز پروتئین، پاسخ‌های التهابی، رشد سلولی و حفظ سلامت ضروری است.[۱] تقریباً ۹۰ درصد از نیازهای روزانه ویتامین D به واسطه سنتز درونزا در پوست و قرار گرفتن در معرض اشعه ماوراء بنفش آفتاب حاصل می‌شود.[۲] در پوست ۷-دهیدروکلسترول به ویتامین D_3 یا کوله کلسیفرول تبدیل می‌شود. تولید درونزا ویتامین D به تغییرات فصلی، مدت زمان قرارگیری در برابر نور خورشید، استفاده از کرم‌های ضد آفتاب، رنگ پوست، توانایی وابسته به سن پوست برای سنتز ویتامین D و فراهمی ۷-دهیدروکلسترول در پوست بستگی دارد.[۳] سطوح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D، بهترین شاخص برای بررسی وضعیت ویتامین D بدن است و مقادیر بین ۲۰ تا ۳۰ نانوگرم در میلی‌لیتر نشان‌دهنده سطح ناکافی، مقادیر زیر ۲۰ نانوگرم در میلی‌لیتر نقص و مقادیر زیر ۱۰ نانوگرم در میلی‌لیتر نقص شدید وضعیت ویتامین D در نظر گرفته می‌شوند.[۴] نقص ویتامین D به ویژه در ورزشکاران تمرین کننده در مکان‌های سرپوشیده شایع (۶۷-۴۴ درصد) است که مشابه با مقادیر مشاهده شده در افراد غیرورزشکار است.[۵] کمبود ویتامین D نه تنها بر رشد عضلات و تمایز سلولی اثرگذار است؛ بلکه سبب افزایش جذب کلسیم سارکوپلاسمی و انقباض بیشتر عضلات می‌شود.[۶] گیرنده‌های ویتامین D در عضلات اسکلتی، قلبی و بافت عروقی وجود داشته و کمبود ویتامین D ممکن است عملکرد جسمانی را کاهش دهد.[۷] کلسیتریول بعد از اتصال به گیرنده‌های ویتامین D می‌تواند در تعدادی از عملکردهای مهم از جمله اثرات بر کانی‌سازی استخوان، عملکرد طبیعی عصبی،

سیستم‌های قلبی عروقی، ایمنی و غدد درون ریز و عملکرد طبیعی سیستم عضلانی نقش مهمی ایفا نماید.[۸]

ویتامین D بر قطر و تعداد سلول‌های عضلانی و به خصوص نوع II اثر گذاشته و با سنتز پروتئین عضلانی و میوژنز سبب افزایش قدرت در این سلول‌ها می‌شود که نقش مهمی در فعالیت‌های بی هوازی با شدت حداکثر مانند پرش، دویدن سرعتی، شتاب، کاهش زمان سرعت و تغییر جهت (چابکی) دارند. به‌علاوه ویتامین D بر بازسازی بافت عروقی و میوسیت‌ها اثر داشته و با افزایش اتساع عروقی منجر به بهبود فشارخون می‌شود.[۳] رابطه احتمالی ویتامین D و عملکرد جسمانی از سال‌ها پیش با مشاهده فصلی بودن عملکرد ورزشی، یعنی بهبود عملکرد جسمانی در اواخر تابستان با اوج گرفتن سطح ویتامین D و روند کاهشی آن در زمستان با کاهش سطوح این ویتامین شناخته شد.[۷] پیش از این محققین نشان دادند وضعیت پایین‌تر ویتامین D با امتیاز کمتری در عملکردهای ورزشی از قبیل پرش عمودی، آزمون‌های شاتل ران، اسکوات یک تکرار بیشینه و پرش لی سه‌تایی همراه بوده است.[۹] همچنین ارتباط سطوح سرمی ۲۵- هیدروکسی ویتامین D با قدرت و توان عضلانی[۱۰]، توان هوازی[۱۱] و سرعت[۱۲] در ورزشکاران مشاهده شد؛ اما برخی از محققین هیچ ارتباطی در این خصوص گزارش نکردند.[۱۳و۱۴] این در حالی است که کمبود ویتامین D ممکن است به نقصان قدرت و هماهنگی، آتروفی و دژنراسیون چربی غشاء در تارهای عضلانی نوعII منجر شود.[۱۴] به‌علاوه شیوع بیشتر بیماری‌هایی مانند سرماخوردگی، آنفلوانزا و ورم معده و روده در ورزشکارانی با سطوح ناکافی ویتامین D مشاهده شده است. همچنین میزان بروز بیماری‌های تنفسی در ورزشکاران به ویژه در سطوح حرفه‌ای، بسیار رایج است که نشان می‌دهد سطوح پایین ویتامین D ممکن است این ورزشکاران را مستعد ابتلا به عفونت دستگاه تنفسی سازد. از سوی دیگر کمبود ویتامین D می‌تواند به کاهش حجم ریه و اختلال در عملکرد آن منجر شود[۱۵] که افزایش استرس اکسیداتیو در عضله اسکلتی، سبب کاهش در میزان مصرف اکسیژن و ایجاد اختلال در عملکرد میتوکندری می‌شود. این پیامدهای مخرب بر روی عضله ممکن است از طریق عملکرد گیرنده ویتامین D اعمال شود و ممکن است به توسعه آتروفی عضلات کمک کند.[۱۶] پیش از این افزایش آمادگی قلبی و عروقی، استقامت عضلات و سرعت ورزشکاران، به‌دنبال قرار گرفتن در معرض اشعه ماوراء بنفش مشاهده شده؛[۱] اما اثر مکمل ویتامین D بر عملکردهای ورزشی بحث برانگیز است.[۸و۱۷و۱۸]

با وجود همه‌گیری نقص ویتامین D در سراسر جهان، مشاهده شده که ورزشکاران طیف وسیعی از رشته‌های ورزشی نیز دارای سطوح پایین ویتامین D به ویژه در ماه‌های زمستان هستند. از سویی ویتامینD فراتر از اثراتش بر سلامت استخوانی، می‌تواند از طریق تعدیل رشد عضلات اسکلتی، عملکردهای ایمنی و قلبی ریوی و التهابی، عملکرد ورزشی و در نتیجه طول دوره ورزشی در افراد عادی و یا ورزشکاران حرفه‌ای را تحت الشعاع قرار دهد.[۱۵] امروزه بسیاری از افراد عادی و ورزشکاران رشته‌های مختلف در مکان‌های سرپوشیده به تمرینات ورزشی می‌پردازند و ممکن است از لحاظ میزان مصرف ویتامین D از طریق مواد غذایی و استفاده از نور خورشید در وضعیت مطلوبی نباشند.[۱۹] از سویی تاثیر وضعیت‌های مختلف شامل نقص، سطوح ناکافی و یا نرمال ویتامین D، بر عملکرد جسمانی افراد عادی و یا ورزشکاران به خوبی مشخص نیست. از این جهت شناسایی صحیح ورزشکاران دارای کمبود ویتامینD که به مکمل برای کمک به بهینه‌سازی عملکرد خود و جلوگیری از آسیب‌های بعدی نیازمند هستند؛ بسیار مهم است. لذا مطالعات بیشتر به منظور درک بیشتر چگونگی ارتباط ویتامینD با عملکرد اسکلتی عضلانی و قلبی عروقی ضروری به‌نظر می‌رسد.[۸] این مطالعه به منظور ارزیابی وضعیت ویتامین D و ارتباط آن با شاخص‌های عملکرد جسمانی تکواندوکاران جوان انجام شد.

روش بررسی

این مطالعه توصیفی – تحلیلی روی ۷۵ تکواندوکار مرد با محدوده سنی ۱۸ تا ۲۳ سال در شهرهای بابل و قائمشهر طی زمستان ۱۳۹۸ انجام شد.

مطالعه مورد تایید کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی – واحد بابل (IR.IAU.BABOL.REC.1398.089) قرار گرفت.

تعداد نمونه‌ها با استفاده از نرم افزار جی پاور با در نظر گرفتن توان آزمون ۰/۸ و آلفای معادل ۰/۰۵ و همبستگی۰/۳، ۶۴ نفر تخمین زده شد و با احتیاط بیشتر ۷۵ نفر در نظر گرفته شدند. آزمودنی‌ها از بین ورزشکاران داوطلب باشگاه‌های ورزشی تکواندو در دسترس، به‌طور نمونه‌گیری تصادفی انتخاب شدند.

معیارهای ورود به مطالعه شامل داشتن حداقل دو سال سابقه تمرین منظم در رشته تکواندو و داشتن پوشش مشابه (به عنوان مثال نوع آستین و کلاه) در شرایط عادی زندگی بودند. معیارهای عدم ورود به مطالعه شامل داشتن بیماری‌های قلبی عروقی و مشکلات ارتوپدی، استفاده از هرگونه دارو، هورمون، مکمل و ویتامین طی شش ماه قبل بودند. معیارهای خروج از مطالعه شامل عدم انجام هر یک از آزمون‌های عملکردی و استعمال سیگار بودند.

داوطلبین پس از آشنایی با اهداف تحقیق و تکمیل رضایت‌نامه کتبی به تحقیق راه یافتند. به علاوه آنها مجاز بودند در صورت عدم تمایل به همکاری و یا عدم تحمل شرایط تحقیق، از ادامه همکاری انصراف دهند. کلیه مراحل تحقیق با تایید گروه تربیت بدنی دانشگاه

آزاد اسلامی واحد قائمشهر و زیر نظر متخصصین ورزشی با رعایت نکات اخلاقی، حفظ ایمنی و سلامت آزمودنی‌ها انجام شد.

برای تعیین درصد چربی بدن ابتدا با ضخامت چین پوستی در نواحی سینه‌ای، شکمی و میانه ران در سمت راست بدن با استفاده از کالیپر یاگامی ساخت کشور ژاپن با دقت ۰/۲ میلی‌متر اندازه‌گیری شد و با استفاده معادله سه نقطه‌ای فرمول Jackson و Pollock سال ۱۹۹۰ چگالی بدن محاسبه گردید. سپس درصد چربی بدن آزمودنی‌ها با استفاده از معادله سیری تخمین زده شد.[۲۰] وزن و قد آزمودنی‌ها با استفاده از ترازو و قدسنج پزشکی Seca ساخت کشور آلمان (به ترتیب با حساسیت به ترتیب ۰/۱ کیلوگرم و ۰/۱ سانتی‌متر) اندازه گیری شد.

برای تعیین توان هوازی حداکثر (حداکثر اکسیژن مصرفی)، از آزمون درمانده‌ساز ۲۰ متر شاتل ران (Beep test) چندمرحله‌ای استفاده شد. این تست شامل ۲۱ سطح (هر سطح با تعداد رفت و برگشت مختلف) است که سطوح ۱و۲ بیشتر شبیه راه‌رفتن سریع بوده و حالت گرم کردن دارد. توان هوازی ورزشکاران با ثبت تعداد سطوح و شاتل‌های تکمیل شده و با استفاده از فرمول Matsuzaka و همکاران سال ۲۰۰۴ تعیین شد.[۲۱]

[(ساعت/کیلومتر) سرعت×(۵/۲۲) +(۰/۴۱۶×BMI) - (جنس×۳/۴۶)-۲/۱۹-]

جنس مرد=۰ و جنس زن= ۱

برای اندازه‌گیری پرش ارتفاع، ابتدا آزمودنی با دست کشیده کنار دیوار ایستاد و فاصله نوک انگشتان وی تا زمین اندازه‌گیری شد. سپس آزمودنی بدون دورخیز به صورت عمودی تا حد ممکن پرید و حداکثر نقطه لمس انگشتان آزمودنی با دیوار ثبت گردید. میزان تفاوت دو ارتفاع اندازه‌گیری شده، به عنوان پرش ارتفاع و شاخصی از توان انفجاری پاهای آزمودنی در نظر گرفته شد. میزان توان انفجاری با استفاده از پرش ارتفاع، وزن بدن و فرمول لوئیز تعیین شد.

جذر میزان پرش(متر)× وزن بدن به کیلوگرم× ۲/۲۱=توان انفجاری

میزان چابکی با استفاده از آزمون ایلی نویز آزمون شامل دویدن به طور مارپیچ در یک مسیر به طول ۱۰متر و عرض آن (فاصله بین نقطه شروع و پایان) ۵ متر بود که در آن، چهار مخروط برای نشان دادن نقطه شروع، پایان و دو نقطه دور زدن استفاده شد. بهترین زمان به دست آمده از ۲ بار انجام این آزمون (از مجموع ۲ نوبت آزمون) امتیاز آزمون ثبت گردید.

توان بیهوازی ورزشکاران با استفاده از آزمون میدانی شاتل RAST (Running-based Anaerobic Sprint Test) تعیین شد. آزمودنی‌ها، پس از ۱۰ دقیقه برنامه ملایم گرم کردن، مسیر ۳۵ متری را با حداکثر توان به صورت رفت و برگشت در شش نوبت متوالی و ۱۰ ثانیه استراحت غیرفعال بین هر نوبت، طی نمودند. علاوه بر این برای نتیجه‌گیری بهتر هر تکرار را با حداکثر تلاش انجام دادند و از تقسیم انرژی بین تکرارها پرهیز نمودند. برای ایجاد انگیزه، زمان‌های هر تکرار به اطلاع آزمودنی‌ها می‌رسید. با استفاده از وزن بدن و زمان ثبت شده برای هر تکرار (وزن × مسافت طی شده/ زمان هرتکرار)، حداکثر توان بیهوازی (اوج)، حداقل، میانگین توان بیهوازی و شاخص خستگی برای هر آزمودنی به شرح زیر تعیین شد.[۲۲]

توان:(وزن × مسافت به توان ۲)تقسیم بر زمان به توان ۳

توان بیشینه:بیشترین توان بین شش تکرار

توان حداقل: کمترین توان بین شش تکرار

توان متوسط: مجموع توان ۶ تکرار تقسیم بر ۶

شاخص خستگی: (توان حداقل– توان بیشینه) تقسیم بر کل زمان ۶ مسافت

نمونه‌های خونی آزمودنی‌ها، به دنبال ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه (مصرف رژیم غذایی سبک در شب قبل از خونگیری)، ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین، از ورید بازویی دست چپ در وضعیت نشسته و پس از ۱۵ دقیقه استراحت، صبح جمع‌آوری شد. مقادیر کمی ۲۵-هیدروکسی ویتامین D با استفاده از روش الایزا (Euroimmun, Luebeck, Germany) و دستورالعمل شرکت سازنده با حساسیت ۱/۹ نانوگرم بر میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد. همچنین ورزشکاران بر اساس سطوح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D به وضعیت‌هایی شامل نقص (پایین‌تر از ۲۰ نانوگرم در میلی‌لیتر)، سطح ناکافی (۳۰-۲۰ نانوگرم در میلی‌لیتر) و نرمال (بالاتر از ۳۰ نانوگرم در میلی‌لیتر) ویتامین D طبقه‌بندی شدند.[۴و۸و۱۹]

نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون اسمیرونف-کلموگروف انجام شد و در صورت نرمال بودن توزیع داده‌ها از ضریب همبستگی پیرسون و در صورت نرمال نبودن توزیع داده‌ها از آزمون اسپیرمن برای بررسی ارتباط بین متغیرهای تحقیق استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS-22 در سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار متغیرهای قد، وزن، سن، BMI، درصد چربی بدن و سابقه ورزشی (سال) آزمودنی‌ها به ترتیب ۱۷۷/۶۵±۴/۷۱ سانتی‌متر، ۶۹/۱۹±۲/۵۰ کیلوگرم، ۱۹/۹۲±۱/۲۷ سال، ۲۱/۹۵±۱/۲۵ کیلوگرم بر مترمربع، ۱۶/۴۱±۱/۵۰ درصد و ۳/۱۰±۰/۰۵ سال بودند. میانگین و انحراف استاندارد شاخص‌های عملکرد جسمانی مردان تکواندوکار جوان در جدول یک آمده است.

جدول ۱ : میانگین و انحراف استاندارد شاخص های عملکرد جسمانی مردان تکواندوکار جوان

متغیرها	میانگین و انحراف استاندارد	p-value *
دو سرعت۳۶ متر (ثانیه)	۵/۶۳±/۴۲	۰/۲۰۰
پرش عمودی (سانتی متر)	۵۱ /۶۴±۵/۷۵	۰/۰۰۲
توان انفجاری (وات)	۱۰۸۸/۱۵±۷۵/۵۲	۰/۰۶۰
حداکثر اکسیژن مصرفی (لیتر/دقیقه.کیلوگرم)	۴۸/۱۲±۶/۲۷	۰/۰۰۱
توان حداکثر (وات)	۵۰۵/۷۰±۱۱۸/۴۵	۰/۰۰۱
توان حدااقل (وات)	۳۴۲/۴۲±۷۶/۷۶	۰/۰۰۱
توان میانگین (وات)	۴۲۵/۳۷±۹۶/۱۸	۰/۰۰۱
شاخص خستگی (وات/ثانیه)	۴/۷۷±۱/۷۳	۰/۰۰۱
چابکی (ثانیه)	۱۷/۹۱±۰/۸۸	۰/۲۰۰

* آزمون اسپیرمن

جدول ۲ : ارتباط شاخص های عملکرد جسمانی، BMI و درصد چربی با سطح سرمی ۲۵- هیدروکسی ویتامین D در مردان تکواندوکار جوان

متغیرها	کل ورزشکاران (۷۵ نفر)		نقص ویتامین D (۳۶ نفر)		سطح ناکافی ویتامین D (۳۲ نفر)		سطح نرمال ویتامین D (۷ نفر)	
	r	p-value *	r	p-value *	r	p-value *	r	p-value *
توان هوازی	۰/۸۹۷	۰/۰۰۱	۰/۶۳۴	۰/۰۰۱	۰/۶۸۳	۰/۰۰۲	۰/۴۲۵	۰/۳۴۲
حداکثر توان بی هوازی	۰/۹۰۰	۰/۰۰۱	۰/۴۷۵	۰/۰۰۳	۰/۶۲۴	۰/۰۰۱	۰/۰۳۷	۰/۹۳۷
حداقل توان بی هوازی	۰/۸۵۸	۰/۰۰۱	۰/۴۹۵	۰/۰۰۲	۰/۵۶۴	۰/۰۰۱	۰/۲۹۹	۰/۵۱۴
میانگین توان بی هوازی	۰/۹۰۱	۰/۰۰۳	۰/۵۳۲	۰/۰۰۱	۰/۵۹۴	۰/۰۰۱	۰/۲۰۶	۰/۶۵۸
شاخص خستگی	-۰/۸۳۸	۰/۰۰۱	-۰/۳۰۵	۰/۰۳۵	-۰/۵۸۵	۰/۰۰۱	۰/۰۳۷	۰/۹۳۷
توان انفجاری	۰/۷۴۵	۰/۰۰۱	۰/۶۱۶	۰/۰۰۱	۰/۴۴۴	۰/۰۱۱	۰/۱۱۲	۰/۸۱۱
پرش عمودی	۰/۸۵۵	۰/۰۰۱	۰/۳۰۹	۰/۰۴۷	۰/۶۸۳	۰/۰۰۱	۰/۵۸۰	۰/۱۷۲
چابکی	-۰/۶۳۴	۰/۰۰۱	-۰/۲۰۱	۰/۲۴۰	-۰/۲۳۵	۰/۱۹۵	۰/۱۱۳	۰/۸۰۹
دو سرعت ۳۶ متر	-۰/۷۹۳	۰/۰۰۱	۰/۰۸۵	۰/۶۲۲	-۰/۴۹۶	۰/۰۰۷	۰/۱۰۴	۰/۸۲۵
BMI	۰/۲۲۳	۰/۱۰۰	۰/۲۲۳	۰/۱۹۲	۰/۱۸۰	۰/۳۲۴	۰/۳۶۸	۰/۴۱۶
درصد چربی بدن	-۰/۳۲۴	۰/۰۰۱	-۰/۲۵۹	۰/۱۲۷	-۰/۰۴۲	۰/۸۱۸	-۰/۳۵۰	۰/۴۴۲

* آزمون اسپیرمن

میانگین و انحراف استاندارد کلی سطح سرمی ۲۵-هیدروکسی ویتامین D آزمودنی‌ها ۵/۴۸±۲۰/۹۵ نانوگرم بر میلی لیتر تعیین شد.

۳۶ نفر (۴۸ درصد) دچار نقص ویتامین D (۲/۱۵±۱۶/۶۳ نانوگرم بر میلی لیتر)، ۳۲ نفر (۴۲/۶۷ درصد) دارای سطح ناکافی ویتامین D (۲/۸۶±۲۳/۳۰ نانوگرم بر میلی لیتر) و تنها ۷ نفر (۹/۳۳ درصد) دارای سطح نرمال ویتامین D (۱/۷۲±۳۲/۴۳ نانوگرم بر میلی لیتر) بودند.

در جدول ۲ ارتباط ۲۵- هیدروکسی ویتامین D با شاخص‌های عملکرد جسمانی، BMI و درصد چربی در کل ورزشکاران و نیز به تفکیک سطح ویتامین D (نقص، سطح ناکافی و نرمال) آمده است.

به طور کلی در ۷۵ تکواندوکار مرد مورد مطالعه، ارتباط معنی‌دار و مثبتی بین سطح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D و توان هوازی حداکثر، توان‌های بیهوازی حداکثر، حداقل و میانگین، توان انفجاری و میزان پرش عمودی یافت شد (P<۰/۰۵). در حالی که ارتباط آماری معنی‌دار و معکوسی بین سطوح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D با شاخص خستگی، زمان‌های چابکی، دو سرعت ۳۶ متر و درصد چربی بدن کل آزمودنی‌ها مشاهده شد (P<۰/۰۵). علاوه بر این هیچ ارتباطی بین سطوح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D با شاخص توده بدن در آنان مشاهده نشد (جدول ۲).

در تکواندوکاران دچار نقص ویتامین D و دارای سطح ناکافی ویتامین D، ارتباط آماری معنی‌دار و مثبتی بین سطوح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D و توان هوازی حداکثر، توان‌های بیهوازی حداکثر، حداقل و میانگین، توان انفجاری و میزان پرش عمودی مشاهده شد (P<۰/۰۵) و فقط در ورزشکارانی با سطح ناکافی ویتامین D ارتباط آماری معنی‌دار و معکوسی بین شاخص خستگی، زمان دو سرعت ۳۶ متر و سطح ویتامین D گردشی وجود داشت (P<۰/۰۵). این در حالی بود که در ورزشکارانی با وضعیت نرمال ویتامین D هیچ ارتباط آماری معنی‌داری بین سطوح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D با شاخص‌های عملکرد جسمانی مشاهده نشد (جدول ۲).

بحث

نتایج این مطالعه حاکی از وضعیت پایین‌تر از نرمال ویتامینD در ۹۰/۶۶درصد از ورزشکاران بود. به طوری که ۴۸ درصد و ۴۲/۶۶درصد از آزمودنی‌ها به ترتیب دارای نقص و سطح ناکافی ویتامین D بودند. مشابه با نتایج تحقیق حاضر شیوع بالای نقص ویتامین D در میان بسکتبالیست‌ها (۹۴ درصد) و تکواندوکاران (۶۷ درصد) و نیز رواج بیشتر آن در ورزشکارانی با انجام ورزش در مکان‌های سرپوشیده (۸۰ درصد) در مقایسه با ورزش در فضاهای سرباز (۴۸ درصد) توسط Constantini و همکاران گزارش شد.[۲۳] علاوه براین Hildebrand و همکاران[۹]، سطوح ناکافی و یا نقص ویتامینD را به ترتیب در ۲۳ درصد و ۹ درصد از ورزشکاران دانشگاهی مشاهده نمودند. Lombardi و همکاران[۲۴] نشان دادند که حدود ۱۹/۹درصد از فوتبالیست‌های حرفه‌ای روس دارای سطح ناکافی ویتامین D و ۲۲/۹درصد دچار نقص ویتامین D در فصل زمستان بودند. Krzywanski و همکاران[۲] در یک مطالعه بر روی ۴۰۹ ورزشکار لهستانی، به این نتایج دست یافتند که ۸۰درصد از ورزشکاران با فعالیت در مکان‌های سرپوشیده و ۸۴درصد از آنان که در مکان‌های روباز فعالیت داشتند؛ دارای سطوح پایین ۲۵-هیدروکسی ویتامین D بودند. پیش از این نیز سطح پایین‌تر از نرمال ویتامین D، در ۸۰ درصد از جودوکاران حرفه‌ای،[۲۵] ۶۲درصد (۲۲درصد دارای نقص و ۴۰درصد دارای سطح ناکافی ویتامین D) از بازیکنان جوان هاکی روی یخ[۱۴]، ۴۲/۸ درصد از فوتبالیست‌های جوان[۲۶] و ۶۷/۴۶درصد از تنیس بازان زن[۱۹] توسط محققین قبلی تایید شده است. با جمع‌بندی این نتایج به نظر می‌رسد که ورزشکاران نیز در معرض خطر ابتلا به سطح ناکافی ویتامین D هستند. بر اساس تحقیقات قبلی، نور کافی خورشید برای سنتز ویتامین D لازم است. لذا هر عاملی که میزان یا کیفیت قرار گرفتن در معرض آفتاب را محدود نماید؛ می‌تواند وضعیت ویتامین D را به مخاطره اندازد.[۲۷] از آنجایی که در مطالعه حاضر اندازه‌گیری سطح ویتامین D ورزشکاران در فصل زمستان انجام شد؛ بنابراین قرار

گرفتن کمتر در معرض نور خورشید به علت مایل شدن نور آن در زمستان و همچنین انجام فعالیت ورزشی در مکان‌های سرپوشیده می‌توانند از دلایل توجیهی برای سطح پایین‌تر ویتامین D برای تکواندوکاران مورد مطالعه حاضر شود. به‌علاوه شیوع بالای نقص و سطح ناکافی ویتامین D در ورزشکاران ممکن است به عواملی که سنتز ویتامین D را در آنان مهار می‌کند؛ مربوط شود که شامل موقعیت جغرافیایی، رنگ پوست، تمرین وزشی در محیط‌های سرپوشیده، تمرین وزشی در ساعات اولیه و انتهایی روز و استفاده زیاد از ضد آفتاب هستند.[۲۸]

از جمله یافته‌های مهم دیگر تحقیق حاضر، ارتباط معنی‌دار و مثبت بین سطح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D و توان هوازی حداکثر، توان‌های بیهوازی حداکثر، حداقل و میانگین، توان انفجاری و میزان پرش عمودی تکواندوکاران جوان بود؛ اما ارتباط معنی‌دار و معکوسی بین سطح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D و شاخص خستگی، زمان‌های چابکی و دو سرعت ۳۶ متر مشاهده شد. این در حالی بود که در ورزشکارانی با سطح نرمال ویتامین D، هیچ ارتباط معنی‌داری بین سطح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D با شاخص‌های عملکرد هوازی، بیهوازی و توان انفجاری ورزشکاران وجود نداشت. این نتایج بیانگر آن است که در ورزشکاران با سطح پایین‌تر از نرمال ویتامین D (نقص و یا سطوح ناکافی ویتامین D) عملکردهای هوازی، بیهوازی و توان انفجاری با افزایش سطح ویتامین D، بهبود می‌یابند. به عبارت دیگر این احتمال می‌رود که با کاهش یافتن ویتامین D به سطح پایین‌تر از نرمال، توان‌های هوازی، بیهوازی و انفجاری ورزشکاران نیز کاهش یابند.

از یافته‌های دیگر تحقیق حاضر، مشاهده ارتباط معنی‌دار بین میانگین کلی ۲۵-هیدروکسی ویتامین D و زمان‌های چابکی و دو سرعت ورزشکاران است؛ اما تنها، ارتباط معنی‌داری بین میانگین ۲۵-هیدروکسی ویتامین D با زمان دو سرعت در ورزشکارانی با وضعیت ناکافی ویتامین D معنی‌دار بود که نشان می‌دهد سطح ناکافی ویتامین D می‌تواند بر عامل سرعت تکواندو کاران موثر باشد. در این راستا Książek و همکاران[۲۵] نشان دادند که بین سطح سرمی ۲۵-هیدروکسی ویتامینD و قدرت عضلات اسکلتی در جودوکاران حرفه‌ای جوان ارتباط مستقیمی وجود دارد و همبستگی مثبت و معنی‌داری بین سطح ویتامین D با قدرت گرفتن، قدرت عضلانی ارزیابی شده با پرش عمودی و عملکرد کلی در اکستنسورهای زانوهای چپ و راست با سرعت زاویه‌ای ۶۰ درجه در ثانیه مشاهده گردید. همچنین در مطالعه Hildebrand و همکاران[۹] ورزشکاران دارای وضعیت ویتامین D پایین‌تر از نرمال، رکورد کمتری در تست پرش عمودی، آزمون اجرای شاتل ران، آزمون اسکوات یک تکرار بیشینه و آزمون پرش لی سه تایی داشتند.

به‌علاوه ارتباط معنی‌داری بین سطح سرمی ویتامین D و پارامترهای عملکردی شامل دو سرعتی ۱۰ و ۲۰متر، پرش اسکوات، حرکات پرشی در جهت مخالف و توان هوازی در هر دو مرحله قبل و بعد از فصل خارج مسابقات در فوتبالیست‌های حرفه‌ای مشاهده شده است.[۱۱] این در حالی است که Orysiak و همکاران[۱۴] ارتباط معنی‌داری بین سطح ۲۵-هیدروکسی ویتامینD با قدرت عضله، عملکرد پرش عمودی و توانایی دوهای سرعت مکرر (روی دوچرخه مونارک با لود ۷/۵ درصد وزن بدن) در بازیکنان جوان هاکی روی یخ مشاهده نکردند که این اختلاف ممکن است به علت داشتن میانگین سطح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D نزدیک به نرمال (۳۰/۴ نانوگرم/میلی‌لیتر) و بالاتر بودن دامنه آن در ورزشکاران (۱۲ تا ۹۱ نانوگرم) مربوط شود. نقش ویتامین D در عملکرد بافت عضلانی به دلیل وجود تعداد زیاد گیرنده‌های ویتامین D در عضلات اسکلتی، تایید شده است.[۳] بیان زیاد گیرنده‌های ویتامین D برای جذب مؤثر کلسیتریول توسط سلول عضلات و بافت بسیار مهم است.[۱۶] ۱،۲۵-دی هیدروکسی ویتامین D پروتئین تمایز میوژنیک MYOD1 و عوامل تنظیمی میوژنیک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. MYOD1 روند تمایز سلول‌های ماهیچه‌ای را کنترل می‌کند و نقش اساسی را در بازسازی تار عضلانی با افزایش قطر آنها ایفا می‌کند.[۸] کمبود ویتامین D می‌تواند با اثر بر بیان و فعال‌سازی گیرنده‌های ویتامین D، منجر به میوپاتی ناشی از آتروفی تارهای عضلانی نوع IIA، کاهش تون عضلانی و عدم هماهنگی شود.[۱۱] از سوی دیگر، هیپرتروفی تارهای عضلانی نوع IIB ناشی از کلسیتریول منجر به افزایش در توده عضلانی، قدرت و ظرفیت عملکردی ورزشکاران می‌گردد.[۱۶] از این رو توانایی انجام تمرینات کوتاه مدت قدرتی مانند دوسرعت، پرش انفجاری، تغییرات سریع حرکت، تغییر جهت یا توقف، ارتباط نزدیکی با تارهای عضلانی نوع II دارد. نقص ویتامین D ممکن است به آتروفی و تخریب تار عضلانی نوع II کمک کند که این روند ممکن است اثر منفی بر قدرت، توان و کار عضلات داشته باشد.[۳و۱۱و۱۶] همچنین ویتامین D با تنظیم عملکرد کانال‌های کلسیم در میوسیت‌های قلبی و افزایش جریان کلسیم منجر به افزایش انقباض‌پذیری میوسیت‌ها می‌شود.[۳] اگرچه مکانیسم افزایش توان هوازی با سطوح ۲۵ -هیدروکسی ویتامین D، به خوبی مشخص نیست؛ اما مشاهده شده آنزیم‌های CYP که ویتامین D_3 را به ۱،۲۵ دی هیدروکسی D_3 فعال تبدیل می‌نمایند؛ دارای پروتئین‌های حاوی هم بوده و می‌تواند به طور بالقوه تمایل اتصال اکسیژن به هموگلوبین را تحت تاثیر قرار دهند.[۲۸] همچنین ویتامین D اثر مطلوبی بر سختی عروق و عملکرد اندوتلیالی دارد که دو عامل اصلی در عملکرد هوازی و بیهوازی و توانایی انجام فعالیت‌های روزانه هستند.[۳]

عدم ارتباط سطوح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D با شاخص توده بدن و ارتباط معکوس آن با درصد چربی بدن از یافته‌های دیگر تحقیق حاضر بود. Delle Monache و همکاران[۲۹] نشان دادند که ارتباط معکوسی بین مقادیر ۲۵ -هیدروکسی ویتامینD با شاخص توده بدنی، مستقل از فصل و سن، در زنان چاق و دارای اضافه وزن وجود داشته است. همچنین سطح بالاتر ۲۵-هیدروکسی ویتامین D در نوجوانان با شاخص توده بدن پایین‌تر و نمره آمادگی جسمانی بالاتر، در مقایسه با افرادی با نمره آمادگی جسمانی پایین‌تر و شاخص توده بدن بیشتر، گزارش شده است.[۳۰] اگرچه شاخص توده بدن و توده چربی شکمی از عوامل تعیین کننده ویتامین D شناخته می‌شوند؛[۳۱] ولی عدم ارتباط بین سطح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D با شاخص توده بدن تکواندوکاران در تحقیق حاضر، می‌تواند به نرمال بودن شاخص توده بدنی آنها مربوط باشد. در حالی که افزایش توده چربی با تمایل به سطح پایین‌تر ۲۵-هیدروکسی ویتامین D همراه بوده است. اگرچه هنوز به خوبی مشخص نیست که آیا نقص ویتامین D می‌تواند دلیل چاقی و افزایش توده چربی باشد یا نتیجه آن؟ در یک نظریه پیشنهادی بیان شد که ویتامین D به دلیل محلول بودن در چربی می‌تواند در ذخایر چربی زیرپوستی و احشایی انباشت شود و در نتیجه سطح سرمی ویتامین D با افزایش چربی کاهش یابد.[۳۱] همچنین کاهش غلظت جریان کلسیدیول در هیپوتالاموس، سبب القا افزایش نقطه تنظیم وزن بدن، افزایش اشتها و کاهش انرژی مصرفی می‌گردد و افزایش وزن نیز می‌تواند منجر به کاهش عملکرد جسمانی شود.[۳۲]

در مطالعه حاضر اثر مکمل ویتامین D برعملکرد ورزشکاران مورد بررسی قرار نگرفت که از محدودیت‌های تحقیق محسوب می‌شود. محققین دیگر نشان دادند که سطح ۲۵- هیدروکسی ویتامین D ورزشکاران نخبه در فصل زمستان (۹/۹ تا ۳۲/۹ نانوگرم/میلی‌لیتر) پس از ۸ هفته به دامنه بین ۱۰/۶ تا ۴۳/۴ نانوگرم/میلی‌لیتر افزایش یافت.[۳۳] Jung و همکاران[۳۴] نیز نشان دادند که سطح سرمی ۲۵ -هیدروکسی ویتامین D در تکواندوکاران مرد و زن، پس از ۴ هفته مصرف مکمل ویتامین D افزایش قابل توجهی یافت که با توسعه در توان بیهوازی پیک و باز شدن ایزوکینتیک زانو در سرعت ۱۸۰ درجه در ثانیه همراه بود. همچنین بهبود ظرفیت حداکثر دویدن، سرعت دویدن در آستانه لاکتات، ضربان قلب حداکثر، ظرفیت کار جسمانی و حداکثر اکسیژن مصرفی پس از ۸ هفته مصرف مکمل ویتامینD، در فوتبالیست‌ها[۳۵] و یا افزایش قدرت عضلات چهار سر ران و همسترینگ پس از مصرف حاد ویتامینD در ورزشکاران جودوکار[۱۰] توسط محققین دیگر تایید شد. با این وجود هیچ تاثیری در مورد قدرت عضلات اندام فوقانی و دو سرعت ثبت نشده است و این ممکن است بیانگر آن باشد که مکمل ویتامین D اثر متفاوت بر ماهیچه‌های مختلف می‌گذارد.[۸]

به‌نظر می‌رسد شیوع سطح غیرنرمال ویتامین D در ورزشکاران نیز زیاد است. با این وجود توسعه عملکرد جسمانی در ورزشکارانی با وضعیت نرمال ویتامین D ممکن است تحت الشعاع افزایش ویتامینD نباشد. براین اساس پیشنهاد می‌شود افراد علاقه‌مند به انجام فعالیت‌های ورزشی به ویژه ورزشکارانی که در محیط‌های سرپوشیده فعالیت ورزشی دارند؛ برای بهبود عملکرد ورزشی و همچنین ادامه بیشتر فعالیت‌های ورزشی، وضعیت ویتامین D خود را در حد نرمال حفظ نمایند. لذا نتایج تحقیق حاضر می‌تواند زمینه‌ساز تحقیقات گسترده‌تر برای بررسی اثر مصرف مکمل ویتامین D بر عملکرد ورزشکاران با وضعیت‌های مختلف ویتامین D باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که ۹۰/۶۶ درصد از تکواندوکاران جوان دارای ویتامین D پایین‌تر از حد مطلوب بودند. ارتباط مثبت و معنی‌داری بین سطح ۲۵-هیدروکسی ویتامین D و شاخص‌های عملکرد جسمانی ورزشکاران شامل توان هوازی حداکثر، توان بیهوازی، توان انفجاری، میزان پرش عمودی چابکی و دو سرعت ۳۶ متر در تکواندوکاران جوان با سطح پایین‌تر از نرمال ویتامین D وجود داشت.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان نامه (شماره ۱۰۷۲۹۲۰۶۰۳۲۳۹۸۲۴۶۳۹۴) آقای یوسفعلی حاجی پورگلی برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته فیزیولوژی ورزشی گرایش فعالیت بدنی و تندرستی از دانشکده علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر بود که بدون بهره‌گیری از منابع مالی سازمان و نهادی انجام شد. نویسندگان اعلام می‌دارند که تعارض منافعی وجود ندارد. بدین‌وسیله از همه همکاران و دانشجویانی که در این مطالعه ما را یاری نمودند؛ تشکر می‌نماییم.

References

1. Valtueña J, Dominguez D, Til L, González-Gross M, Drobnic F. High prevalence of vitamin D insufficiency among elite Spanish athletes the importance of outdoor training adaptation. Nutr Hosp. 2014 Jul; 30(1): 124-31. DOI: 10.3305/nh.2014.30.1.7539

2. Krzywanski J, Mikulski T, Krysztofiak H, Mlynczak M, Gaczynska E, Ziemba A. Seasonal Vitamin D Status in Polish Elite Athletes in Relation to Sun Exposure and Oral Supplementation. PLoS One. 2016 Oct; 11(10): e0164395. DOI: 10.1371/journal.pone.0164395

3. Koundourakis NE, Avgoustinaki PD, Malliaraki N, Margioris AN. Muscular effects of vitamin D in young athletes and non-athletes and in the elderly. Hormones (Athens). 2016 Oct; 15(4): 471-88. DOI: 10.14310/horm.2002.1705

4. Hamilton B. Vitamin D and Athletic Performance: The Potential Role of Muscle. Asian J Sports Med. 2011 Dec; 2(4): 211-19. DOI: 10.5812/asjsm.34736

5. Farrokhyar F, Tabasinejad R, Dao D, Peterson D, Ayeni OR, Hadioonzadeh R, Bhandari M. Prevalence of vitamin D

inadequacy in athletes: a systematic-review and meta-analysis. Sports Med. 2015 Mar; 45(3): 365-78. DOI: 10.1007/s40279-014-0267-6

6. Girgis CM, Clifton-Bligh RJ, Hamrick MW, Holick MF, Gunton JE. The roles of vitamin D in skeletal muscle: form, function, and metabolism. Endocr Rev. 2013 Feb; 34(1): 33-83. DOI: 10.1210/er.2012-1012

7. Cannell JJ, Hollis BW, Sorenson MB, Taft TN, Anderson JJB. Athletic performance and vitamin D. Med Sci Sports Exerc. 2009 May; 41(5): 1102-10. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181930c2b

8. Ksią żek A, Zagrodna A, Słowińska-Lisowska M. Vitamin D, Skeletal Muscle Function and Athletic Performance in Athletes-A Narrative Review. Nutrients. 2019 Aug; 11(8): 1800. DOI: 10.3390/nu11081800

9. Hildebrand RA, Miller B, Warren A, Hildebrand D, Smith BJ. Compromised Vitamin D Status Negatively Affects Muscular Strength and Power of Collegiate Athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2016 Dec; 26(6): 558-64. DOI: 10.1123/ijsnem.2016-0052

10. Wyon MA, Koutedakis Y, Wolman R, Nevill AM, Allen N. The influence of winter vitamin D supplementation on muscle function and injury occurrence in elite ballet dancers: a controlled study. J Sci Med Sport. 2014 Jan; 17(1): 8-12. DOI: 10.1016/j.jsams.2013.03.007

11. Koundourakis NE, Androulakis NE, Malliaraki N, Margioris AN. Vitamin D and exercise performance in professional soccer players. PLoS One. 2014 Jul; 9(7): e101659. DOI: 10.1371/journal.pone.0101659

12. Close GL, Leckey J, Patterson M, Bradley W, Owens DJ, Fraser WD, et al. The effects of vitamin D(3) supplementation on serum total 25[OH]D concentration and physical performance: a randomised dose-response study. Br J Sports Med. 2013 Jul; 47(11): 692-6. DOI: 10.1136/bjsports-2012-091735

13. Han Q, Li X, Tan Q, Shao J, Yi M. Effects of vitamin D3 supplementation on serum 25(OH) D concentration and strength in athletes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. J Int Soc Sports Nutr. 2019; 16(1): 55. DOI: 10.1186/s12970-019-0323-6

14. Orysiak J, Mazur-Rozycka J, Fitzgerald J, Starczewski M, Malczewska-Lenczowska J, Busko.K. Vitamin D status and its relation to exercise performance and iron status in young ice hockey players. PLoS One. 2018 Apr; 13(4): e0195284. DOI: 10.1371/journal.pone.0195284

15. de la Puente Yagüe M, Collado Yurrita L, Ciudad Cabañas MJ, Cuadrado Cenzual MA. Role of Vitamin D in Athletes and Their Performance: Current Concepts and New Trends. Nutrients. 2020 Feb; 12(2): 579. DOI: 10.3390/nu12020579

16. Patrycja Dzik K, Kaczor JJ. Mechanisms of vitamin D on skeletal muscle function: oxidative stress, energy metabolism and anabolic state. Eur J Appl Physiol. 2019 Apr; 119(4): 825-39. DOI: 10.1007/s00421-019-04104-x

17. Alimoradi K, Nikooyeh B, Ravasi AA, Zahedirad M, Shariatzadeh N, Kalayi A, et al. Efficacy of Vitamin D Supplementation in Physical Performance of Iranian Elite Athletes. Int J Prev Med. 2019 Jun; 10: 100. DOI: 10.4103/ijpvm.IJPVM_227_18

18. Zhang L, Quan M, Cao ZB. Effect of vitamin D supplementation on upper and lower limb muscle strength and muscle power in athletes: A meta-analysis. PLoS One. 2019 Apr; 14(4): e0215826. DOI: 10.1371/journal.pone.0215826

19. Habibian M, Akbari R. [Compare of the Effect of Exercise Training in Different Places on the Serum Vitamin D Levels of Young Women]. Alborz Univer Med J. 2021; 10(1): 6-14. [Article in Persian]

20. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. Br J Nutr. 1978 Nov; 40(3): 497-504. DOI: 10.1079/bjn19780152

21. Matsuzaka A, Takahashi Y, Yamazoe M, Kumakura N, Ikeda A, Wilk B, et al. Validity of the Multistage 20-M Shuttle-Run Test for Japanese Children, Adolescents, and Adults. Pediatric Exercise Science. 16(2): 113-25. DOI: 10.1123/pes.16.2.113

22. Burgess K, Holt T, Munro S, Swinton P. Reliability and validity of the running anaerobic sprint test (RAST) in soccer players. Journal of Trainology. 2016; 5(2): 24-29. DOI: 10.17338/trainology.5.2_24

23. Constantini NW, Arieli R, Chodick G, Dubnov-Raz G. High prevalence of vitamin D insufficiency in athletes and dancers. Clin J Sport Med. 2010 Sep; 20(5): 368-71. DOI: 10.1097/JSM.0b013e3181f207f2

24. Lombardi G, Vitale JA, Logoluso S, Logoluso G, Cocco N, Cocco G, et al. Circannual rhythm of plasmatic vitamin D levels and the association with markers of psychophysical stress in a cohort of Italian professional soccer players. Chronobiol Int. 2017; 34(4): 471-79. DOI: 10.1080/07420528.2017.1297820

25. Książek A, Dziubek W, Pietraszewska J, Słowińska-Lisowska M. Relationship between 25(OH)D levels and athletic performance in elite Polish judoists. Biol Sport. 2018 Jun; 35(2): 191-96. DOI: 10.5114/biolsport.2018.74195

26. Bezuglov F, Tikhonova A, Zueva A, Khaitin V, Waśkiewicz Z, Gerasimuk D, et al. Prevalence and Treatment of Vitamin D Deficiency in Young Male Russian Soccer Players in Winter. Nutrients. 2019 Oct; 11(10): 2405. DOI: 10.3390/nu11102405

27. Halliday TM, Peterson NJ, Thomas JJ, Kleppinger K, Hollis BW, Larson-Meyer DE. Vitamin D status relative to diet, lifestyle, injury, and illness in college athletes. Med Sci Sports Exerc. 2011 Feb; 43(2): 335-43. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181eb9d4d

28. Lanteri P, Lombardi G, Colombini A, Banfi G. Vitamin D in exercise: physiologic and analytical concerns. Clin Chim Acta. 2013 Jan; 415: 45-53. DOI: 10.1016/j.cca.2012.09.004

29. Delle Monache S, Di Fulvio P, Iannetti E, Valerii L, Capone L, Giovanna Nespoli M, et al. Body mass index represents a good predictor of vitamin D status in women independently from age. Clin Nutr. 2019 Apr; 38(2): 829-34. DOI: 10.1016/j.clnu.2018.02.024

30. Valtueña J, González-Gross M, Huybrechts I, Breidenassel C, Ferrari M, Mouratidou T, et al. Factors associated with vitamin D deficiency in European adolescents: the HELENA study. J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo). 2013; 59(3): 161-71. DOI: 10.3177/jnsv.59.161

31. Duan L, Han L, Liu Q, Zhao Y, Wang L, Wang Y. Effects of Vitamin D Supplementation on General and Central Obesity: Results from 20 Randomized Controlled Trials Involving Apparently Healthy Populations. Ann Nutr Metab. 2020; 76(3): 153-64. DOI: 10.1159/000507418

32. Hoseini R, Damirchi A, Babaei P. [The Interaction Effect of Aerobic Training and Different Doses of Intramuscular Vitamin D on Body Weight, Visceral Fat and Food Intake in Female Wistar Rats]. J Arak Uni Med Sci. 2015; 18 (7): 24-33. [Article in Persian]

33. Teixeira P, Santos AC, Casalta-Lopes J, Almeida M, Loureiro J, Ermida V, et al. Prevalence of vitamin D deficiency amongst soccer athletes and effects of 8 weeks supplementation. J Sports Med Phys Fitness. 2019 Apr; 59(4): 693-99. DOI: 10.23736/S0022-4707.18.08551-1

34. Jung HC, Seo MW, Lee S, Kim SW, Song JK. Vitamin D3

35. Jastrzębska M, Kaczmarczyk M, Michalczyk M, Radzimiński Ł, Stępień P, Jastrzębska J, et al. Can Supplementation of Vitamin D Improve Aerobic Capacity in Well Trained Youth Soccer Players? J Hum Kinet. 2018 Mar; 61: 63-72. DOI: 10.2478/hukin-2018-0033

Supplementation Reduces the Symptoms of Upper Respiratory Tract Infection during Winter Training in Vitamin D-Insufficient Taekwondo Athletes: A Randomized Controlled Trial. Int J Environ Res Public Health. 2018 Sep; 15(9): 2003. DOI: 10.3390/ijerph15092003