

Relationship between vitamin D plasma level and Foxp3 gene expression among rheumatoid arthritis patients

Zafari P.^{1,2}, Mostafaei Sh.³, Iranshahi N.^{1,2}, Jalili C.⁴, Taghadosi M., PhD⁵

1. Student Research Committee, Medical school, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran.

2. Immunology Department, Faculty of Medicine, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran.

3. Rheumatology Research Center, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

4. Medical Biology Research Center, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran.

5. Assistant Professor in Department of Immunology, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran, (Corresponding Author), Tel:+98-83-34274623, mtaghad@gmail.com

ABSTRACT

Background and Aim: Rheumatoid arthritis (RA) is an autoimmune disease. It seems that the function of regulatory T cells (Tregs) is compromised in RA. Foxp3 is a critical transcription factor of these cells. The aim of this study was to determine the relationship of vitamin D plasma level with Foxp3 gene expression in the patients with RA.

Material and Methods: 18 untreated RA patients and 41 healthy people participated in this study. Plasma levels of vitamin D were measured by competitive ELISA method. Foxp3 gene expression was also determined by using realtime PCR technique.

Results: The expression of Foxp3 gene was significantly lower in RA patients compared to that in the healthy controls ($p < 0.001$). There was no significant relationship between vitamin D plasma levels with the rate of Foxp3 gene expression.

Conclusion: We found low levels of vitamin D could not affect the expression of Foxp3 gene. It seems that vitamin D deficiency cannot be considered as an effective environmental factor in the pathogenesis of RA.

Keywords: Vitamin D, Foxp3, Rheumatoid arthritis.

Received: Jul 2, 2017 **Accepted:** Sep 24, 2017

بررسی رابطه ی سطح پلاسمایی ویتامین D با میزان بیان ژن Foxp3 در بیماران مبتلا به آرتریت روماتوئید

پریسا ظفری^{۱*}، شایان مصطفایی^۲، نسرین ایرانشاهی^{۱،۲}، سیروس جلیلی^۴، مهدی تقدسی^۵

۱. کمیته ی تحقیقات دانشجویی، دانشکده ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

۲. گروه ایمنولوژی، دانشکده ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

۳. مرکز تحقیقات روماتولوژی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

۴. مرکز تحقیقات بیولوژی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

۵. استادیار، گروه ایمنولوژی، دانشکده ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران، (مؤلف مسؤول)، تلفن ثابت: ۰۸۳-۳۴۲۷۴۶۲۳،

mtaghad@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: آرتریت روماتوئید یک بیماری خودایمن است. به نظر می رسد که در این بیماری عملکرد سلول های T تنظیمی مختل باشد. Foxp3، فاکتور نسخه برداری ضروری برای تکامل این سلول هاست. این مطالعه با هدف بررسی رابطه ی سطح پلاسمایی ویتامین D با میزان بیان ژن Foxp3 در مبتلایان به آرتریت روماتوئید انجام شده است.

روش بررسی: ۱۸ بیمار درمان نشده ی آرتریت روماتوئید و ۴۱ فرد سالم در این مطالعه شرکت کردند. سطح پلاسمایی ویتامین D به روش الایزای رقابتی سنجیده شد. بیان ژن فاکتور نسخه برداری Foxp3 نیز با استفاده از تکنیک Realtime PCR انجام گرفت.

یافته ها: بیان Foxp3 در مبتلایان به آرتریت روماتوئید با اختلاف معناداری پایین تر از گروه کنترل بود ($P < 0.001$). بین سطح پلاسمایی ویتامین D با میزان بیان ژن Foxp3 رابطه ی معناداری یافت نشد.

نتیجه گیری: کم بودن سطح پلاسمایی ویتامین D قادر به اعمال اثر بر بیان ژن Foxp3 نمی باشد. به نظر می رسد که نتوان کمبود ویتامین D را به عنوان یک عامل محیطی تاثیرگذار در بیماری زایی آرتریت روماتوئید معرفی کرد.

کلید واژه: ویتامین D، Foxp3، آرتریت روماتوئید

وصول مقاله: ۹۶/۴/۱۱ اصلاحیه نهایی: ۹۶/۶/۱۵ پذیرش: ۹۶/۷/۲

مقدمه

بیماری آرتریت روماتوئید (RA) یک بیماری خودایمن مزمن، با علت ناشناخته و شیوع ۱٪ در جهان است. این بیماری با درد، خشکی مفاصل و التهاب غشای سینوویال همراه می باشد. مجموعه ای از سلول های ایمنی مانند سلول های T، B و ماکروفاژها در ایجاد این التهاب دخیل هستند (۱). اصلی ترین عامل ایجاد بیماری های خودایمن مانند آرتریت روماتوئید را می توان اختلال در حفظ مکانیسم های تحمل خودی^۱ دانست (۲). مکانیسم های مختلفی برای ایجاد این تحمل در سیستم ایمنی بدن تعبیه شده است، سلول های T تنظیمی (Tregs) زیرمجموعه ای از سلول های T هستند که موجب تعدیل پاسخ های ایمنی، باقی ماندن حفظ تحمل به آنتی ژن های خودی و حذف خودایمنی می شوند. سلول های T تنظیمی $CD4^{+} CD25^{+}$ یک فاکتور نسخه برداری به نام Foxp3 را بیان کرده که برای حفظ عملکرد آن ها و سرکوب پاسخ های ایمنی نابجا ضروری است (۳). مطالعات مختلفی نشان دهنده ی کاهش تعداد سلول های Treg در بیماری های خودایمن مانند آرتریت روماتوئید است (۵ و ۴). علاوه بر مکانیسم های ایمنی فاکتورهای محیطی و ژنتیکی نیز در ایجاد آرتریت روماتوئید و میزان فعالیت آن دخالت دارند. شناسایی گیرنده ی ویتامین D در سلول های سیستم ایمنی و توانایی سلول های دندریتیک در تولید فرم فعال ویتامین D تحت عنوان ۱ و ۲۵ دی هیدروکسی ویتامین D3 [1,25(OH)2D3] منجر به ایجاد این فرضیه شد که ویتامین D یک تعدیل کننده ی پاسخ های سیستم ایمنی^۲ است (۶). اهمیت این ویتامین به عنوان یک فاکتور محیطی در چندین بیماری خودایمن شامل مالٹیپل اسکلروزیس (MS) و سیستمیک لوپوس اریتماتوز (SLE) نشان داده شده است (۷). یکی از اثرات این ویتامین تحریک سیستم ایمنی ذاتی و مهار سیستم ایمنی تطبیقی گزارش شده است (۸). 1,25(OH)2D3

سرکوب تولید IL-12 توسط سلول های دندریتیک (DC) منجر به مهار تمایز TH1 و با افزایش تولید IL-10 و -1L 5 موجب القاء تمایز به سمت سلول های TH2 می شود (۹). در سلول های درم و اپی درم انسانی، 1,25(OH)2D3 باعث تعدیل تعداد سلول های Treg و توانایی سرکوب کنندگی آن ها از طریق DC ها می شود (۱۰). متابولیسم موضعی ویتامین D به سلول های ایمنی اجازه می دهد که پاسخ های ایمنی را تعدیل کنند اما بهینه سازی این مسیر به شدت به سطح ۲۵ هیدروکسی ویتامین D (25(OH)D) در گردش خون که پیش ساز 1,25(OH)2D3 است بستگی دارد (۱۱). یک ناحیه تحت عنوان VDRE^۳ در پروموتور ژن Foxp3 وجود داشته که نقش مهمی در بیان آن دارد. اتصال ۲۵ دی هیدروکسی ویتامین D به گیرنده اش (VDR)^۴ باعث فعال شدن آن می شود، سپس این کمپلکس با اتصال به VDRE در ژن Foxp3 که فاکتور نسخه برداری ضروری برای سلول های T تنظیمی می باشد، از طریق تقویت فعالیت پروموتور، بیان آن را افزایش می دهد (۱۲). می توان گفت که اثر تعدیل کنندگی این ویتامین بر سیستم ایمنی ناشی از اثر آن بر ژن Foxp3 است. بر این اساس یک مطالعه در این زمینه در بیماران SLE صورت گرفته که نشان دهنده ی آن است که بیماران پس از مصرف مکمل های ویتامین D به صورت معناداری با افزایش بیان فاکتور Foxp3 مواجه می شوند (۱۳). به نظر می رسد که این اثر در سایر بیماری های خودایمن دیگر نیز وجود داشته باشد. در این بررسی جهت کاهش اثر احتمالی داروها بر سطح ویتامین D از نمونه های بیماران آرتریت روماتوئید درمان نشده (new case) استفاده شده است. در صورتی که بتوان کمبود ویتامین D را به عنوان یک فاکتور محیطی در پاتوژنز RA معرفی کرد، می توان با تامین هر چه بیشتر این ویتامین در رژیم غذایی مبتلایان RA، اثرات تنظیم کنندگی آن بر

^۳. vitamin D response element^۴. vitamin D receptor^۱. self-tolerance^۲. immune modulator

سیستم ایمنی و سلول‌های T تنظیمی را بالا برد. لازم به ذکر است که در جستجوهای انجام شده مقاله‌ی مشابه یافت نشده است. از این رو این مطالعه با هدف بررسی رابطه میزان سطح پلاسمایی ویتامین D با بیان ژن Foxp3 در بیماران آرتریت روماتوئید صورت گرفت.

روش بررسی

جمع آوری نمونه‌ها:

این مطالعه از نوع تحلیلی-مقطعی است و نمونه‌گیری به صورت تصادفی از بین بیماران RA در دسترس که سابقه‌ی مصرف داروی مرتبط با بیماری RA را نداشته‌اند، صورت گرفته است. نمونه‌های خون محیطی از بیماران مراجعه کننده به کلینیک هلال احمر علوم پزشکی کرمانشاه در بازه‌ی زمانی ۶ ماهه‌ی تابستان و پاییز ۹۴ جمع آوری شد. پس از شناسایی بیماران آرتریت روماتوئید توسط پزشک متخصص روماتولوژی مطابق معیارهای EULAR^۵/ACR^۶ و آزمایش‌های تاییدی اقدام به نمونه‌گیری از ۱۸ بیمار آرتریت روماتوئید شد (۱۵ زن، ۳ مرد، میانگین سنی ۴۳ سال). ۴۱ نمونه‌ی کنترل (۳۴ زن، ۷ مرد، میانگین سنی ۴۴ سال) نیز پس از همسان‌سازی از لحاظ سن و جنس با گروه بیماران از کارکنان دانشکده‌ی پزشکی این دانشگاه در همان بازه‌ی زمانی جمع آوری شد. افراد مصرف کننده‌ی مکمل ویتامین D یا افراد دارای سابقه‌ی بیماری‌های روماتیسمی و خودایمن از مطالعه خارج شدند ابتدا توضیحات لازم در مورد طرح به افراد داده شد و هر شرکت کننده با اعلام رضایت شخصی و پر کردن فرم رضایت نامه در این مطالعه شرکت کرده است.

سنجش سطح پلاسمایی ویتامین D:

میزان ویتامین D پلازما به روش مشاهده و اندازه‌گیری با استفاده از تکنیک ELISA و کیت Ratio Diagnosis (RD) به روش رقابتی مطابق پروتکل و با استفاده از دستگاه

ELISA reader STAT FAX 4200 تعیین شد، در این کیت ویتامین D بیوتینه موجود در کیت با ویتامین D پلازما برای اتصال به آنتی ویتامین D موجود در کف چاهک‌ها رقابت می‌کند.

استخراج RNA و سنتز cDNA:

استخراج RNA از سلول‌های خون محیطی بلافاصله پس از نمونه‌گیری با استفاده از پروتکل کیت RNX PLUS ساخت ایران انجام شد. کیفیت و کمیت RNA استخراج شده به ترتیب توسط ژل الکتروفورز و دستگاه نانودراپ (NanoDrop Thermo Scientific) ارزیابی شد. سنتز cDNA با استفاده از کیت تجاری تولید شرکت Transcriptor First Strand cDNA (Roche) و مطابق دستورالعمل کیت انجام شد.

بررسی بیان ژنی Foxp3:

با استفاده از تکنیک Real-time PCR بیان نسبی Foxp3 در دو گروه بیمار و کنترل سنجیده شد. در این مطالعه از β -actin به عنوان ژن housekeeping استفاده گردید. پرایمرهای دو ژن Foxp3 و β -actin با استفاده از سایت آنالاین Oligocalc و Outoanalyzer طراحی و برای بررسی ویژگی نیز با استفاده از سایت آنالاین NCBI بلاست شد. واکنش Real-time PCR با استفاده از مستر میکس Syber Green شرکت TAKARA (SYBR Green Master Mix: RNase H Plus SYBR Premix Ex Taq II) و دستگاه Roche Life Science LightCycler® 96 انجام شد. واکنش PCR در حجم ۲۰ μ L مطابق پروتکل کیت و برای کنترل کار به صورت دوتایی بر روی هر نمونه صورت گرفت. برنامه‌ی زمانی دستگاه جهت تکثیر شامل سه مرحله به صورت ۱ سیکل preincubation با دمای ۹۵ به مدت ۳۰ ثانیه، ۴۵ سیکل amplification به صورت ۹۵ درجه به مدت ۵ ثانیه، ۶۰ درجه به مدت ۳۰ ثانیه و ۷۲ درجه به مدت ۳۰ ثانیه و در نهایت ۱ سیکل melting با دمای ۹۵ درجه به مدت ۵ ثانیه، ۶۰ درجه به مدت ۶۰ ثانیه

^۵ . American College of Rheumatology

^۶ . European League Against Rheumatism

$\Delta Ct \times 1000$) محاسبه گردید. سپس با استفاده از روش (Quantile Normalization) این داده‌ها نرمال شدند به این صورت که پس از محاسبه ی ΔCt (تفاوت CT ژن مرجه از ژن هدف) برای هر فرد، از فرمول $2^{-\Delta Ct}$ برای بدست آوردن میزان بیان mRNA ژن Foxp3 استفاده شد، در نهایت میانگین بیان ژن برای دو گروه کنترل و بیمار بدست آمد (نمودار ۱)، از مقایسه ی میانگین بیان ژن دو گروه مشخص شد که بیان ژن Foxp3 در دو گروه با هم اختلاف معناداری دارد ($P < 0.001$). از تقسیم میانگین بیان ژن گروه بیمار بر میانگین بیان ژن گروه کنترل، تغییرات فولدی ارزیابی شد. بر این اساس مشخص شد که میزان بیان ژن Foxp3 در گروه بیمار، ۰/۳۶ میزان بیان این ژن در گروه کنترل است، به عبارتی میزان بیان آن کمتر می باشد (جدول ۴).

و ۹۵ درجه به مدت ۱ ثانیه داده شد. همچنین جهت اطمینان از بازده واکنش، منحنی استاندارد با efficiency برابر ۱/۹۶ و ۱/۹۰ به ترتیب برای ژن β -actin و Foxp3 بدست آمد، R^2 این دو ژن به ترتیب معادل ۰/۹۹ و ۰/۹۴ محاسبه شد. تحلیل آماری:

تحت فرض کمی بودن و نرمالیتی از آزمون پارامتریک تی مستقل و در صورت تخطی از این مفروضات از آزمون غیرپارامتری من ویتنی استفاده شده است و تحلیل همبستگی نیز با استفاده از همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن انجام شد. کلیه ی تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزارهای SPSS نسخه ۱۶ و GraphPad Prism نسخه ی ۶ صورت پذیرفت. سطح معنی داری آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته ها

به طور کلی میانگین سطح پلاسمایی ویتامین D و بیان ژن Foxp3 در دو گروه بیمار و کنترل تفاوت معناداری نشان داد.

ویتامین D:

با آنالیز آماری داده های بدست آمده دستگاه الیزا مشخص شد که سطح پلاسمایی ویتامین D در دو گروه با هم اختلاف معناداری داشته ($P = 0.034$) و میانگین سطح آن در گروه بیمار بیشتر از گروه کنترل است (جدول ۱). مقایسه ی میانگین سطح پلاسمایی این ویتامین حاکی از کمبود نسبی این ویتامین (هر دو در محدوده ی cut off) در دو گروه بیمار و کنترل می باشد (جدول ۲)، مطابق با مطالعات بسیاری که نشان دهنده ی کمبود این ویتامین در ایران است. بیان ژنی Foxp3:

با استفاده از پرایمرهای طراحی شده (جدول ۳) مقدار بیان ژن Foxp3 به صورت تفاوت در مقدار سیکل آستانه^۷ (CT) نسبت به ژن β -actin بر اساس فرمول لیاوک^۲

⁷ . Threshold Cycle

جدول ۱: مقایسه ی سطح پلاسمایی ویتامین D در دو گروه بیمار و کنترل

سطح پلاسمایی	گروه بیمار	گروه کنترل	مقدار معنی داری (P)
ویتامین D*	38.43 ± 6.826	27.22 ± 3.551	۰/۰۳۴

* واحد اندازه گیری: ng/ml

جدول ۲: محدوده ی مرجع ویتامین D در کیت RD

سطح	محدوده ی مرجع
کمبود	۱۰ نانو گرم/میکرو لیتر
ناکافی	۱۰-۳۰ نانو گرم/میکرو لیتر
کافی	۳۰-۱۰۰ نانو گرم/میکرو لیتر
سمی	۱۰۰ نانو گرم/میکرو لیتر

جدول ۳: توالی پرایمرهای بررسی بیان ژن

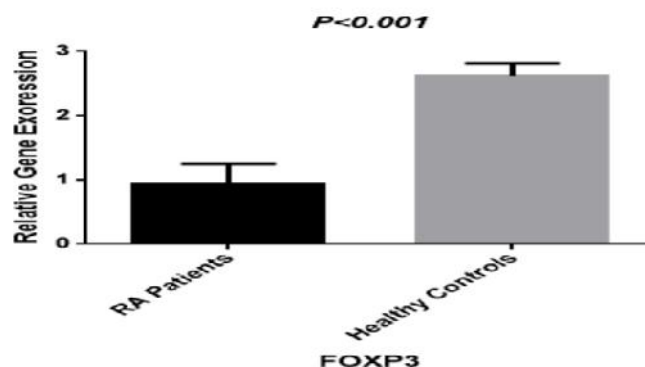
gene	Forward Primer	Reverse Primer	size
β - actin	AATGAGCTGCGTGTGGCTCCC	CAGGGATAGCACAGCCTGGATAGCA	153
Foxp3	AGCACATTCCCAGAGTTCCTC	CGTGTGAACCAGTGGTAGATC	152

جدول ۴: مقایسه ی بیان ژن Foxp3 در گروه بیمار و کنترل

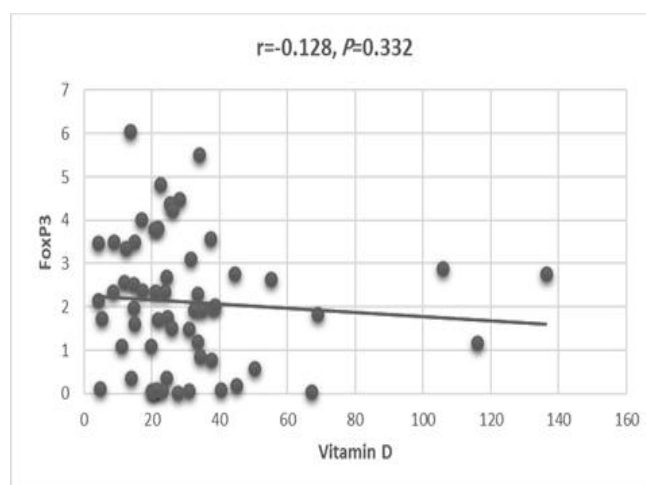
بیان ژن	گروه بیمار	کنترل	تغییرات فولد	مقدار معنی داری (P)
Foxp3	0.93 ± 0.321	2.61 ± 0.197	۰.۳۶	<۰.۰۰۱

رابطه ی سطح پلاسمایی ویتامین D با میزان بیان ژنی Foxp3:

با استفاده از تحلیل همبستگی اسپیرمن مشخص شد که بین سطح پلاسمایی ویتامین D با میزان بیان ژنی Foxp3 رابطه ی معناداری وجود ندارد ($P = 0.33$, $r = 0.128$) (نمودار ۲).



نمودار ۱: مقایسه ی میانگین بیان ژن FOXP3 در گروه بیماران RA و گروه کنترل



نمودار ۲: رابطه ی بین سطح پلاسمایی ویتامین D با بیان ژن Foxp3

بحث

در مطالعه ی حاضر سطح پلاسمایی ویتامین D در گروه بیماران آرتریت روماتوئید نسبت به گروه کنترل به طور معنی داری بالاتر بود. مطالعات مشابه در این زمینه به نتایج مختلفی دست یافته اند، برخی از مطالعات حاکی از کاهش این ویتامین در گروه بیماران نسبت به گروه کنترل است (۱۴-۱۶) که دلیل این تفاوت با یافته ی طرح ما را می توان ناشی از هتروژن بودن بیماران RA و همچنین عدم استفاده از بیماران new case در این بررسی ها دانست، زیرا مطالعات نشان می دهند مصرف برخی از داروهای تجویز شده به بیماران آرتریت روماتوئید مانند هیدروکسی کلروکین که از داروهای اصلی در درمان این بیماری است باعث کاهش سطح پلاسمای ویتامین D می شود (۱۷).

بنابراین طبیعی است که میانگین سطح پلاسمایی ویتامین D این افراد در مقایسه با گروه کنترل مقدار کمتری را نشان دهد در صورتی که تمام بیماران مورد مطالعه در طرح حاضر سابقه ی مصرف هیچ داروی مرتبط با بیماری خود را نداشته اند. اما مطابق با یافته ی این طرح، افزایش این ویتامین در گروه بیماران آرتریت روماتوئید نسبت به گروه کنترل نیز گزارش شده است (۱۸ و ۱۹). علاوه بر این، از آنجا که اشعه ی UV خورشید بر سنتز ویتامین D تا حدی موثر می باشد بهتر است سعی شود که نمونه گیری گروه کنترل و بیمار در محدوده ی زمانی یکسانی انجام شود. از طرفی بیمارانی که در مطالعات مختلف مورد بررسی قرار گرفته اند از لحاظ طول مدت بیماری متفاوت هستند که این موارد خود می تواند موجب تناقض در یافته

نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نقش سلول های T تنظیمی را به عنوان سلول اصلی در کنترل و مهار التهاب در بیماری های خودایمن تایید می کند و به نظر می رسد که برخلاف تاثیر غیرقابل انکار ویتامین D در دیگر بیماری های خودایمن مانند مالتیپل اسکلروزیس^۸ (MS) نتوان آنرا به عنوان یک فاکتور محیطی موثر در پاتوژنز بیماری آرتریت روماتوئید در نظر گرفت. پیشنهاد می شود که با افزایش تعداد نمونه ها و استفاده از مدل های حیوانی دارای کمبود ویتامین D، بتوان اثر این ویتامین بر سلول های Treg را دقیق تر ارزیابی کرد.

تشکر و قدردانی

نگارندگان بر خود لازم می دانند از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه به دلیل حمایت های مالی این طرح تشکر نمایند (شماره ی طرح : ۹۴۴۰۶). مقاله ی حاضر بخشی از کار پایان نامه دانشجویی دوره ی کارشناسی ارشد متعلق به پریسا ظفیری می باشد که در دانشکده ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه انجام شده است.

های مطالعات مختلف باشد. در این مطالعه مطابق با فرضیات از پیش تعیین شده ما، سطح بیان ژنی Foxp3 در گروه کنترل بالاتر از گروه بیماران بود که با توجه به حیاتی بودن این فاکتور در تکامل سلول های Treg انتظار می رود تعداد این سلول ها نیز متعاقبا در گروه کنترل بالاتر باشد، که با برخی از نتایج بدست آمده در مطالعات قبلی هم خوانی داشت (۵۲۰). این در حالی است که به طور متضاد نتایج چندین مطالعه حاکی از عدم کاهش سلول های Treg در بیماران مبتلا به آرتریت روماتوئید است (۲۳-۲۱)، دلیل این مغایرت را می توان به دلیل عدم انتخاب شاخص یکسان برای سنجش سلول های T تنظیمی و همچنین ناهمگون بودن بودن بیماران از لحاظ شدت بیماری نسبت داد. در مطالعاتی که نتایج متفاوتی نسبت به مطالعه حاضر داشتند از بیان ژنی Foxp3 جهت ارزیابی سلول های Treg استفاده نشده است بلکه بیان شاخص های سطح سلولی CD4 و CD25 برای شناسایی آن ها مد نظر قرار گرفته است. بر خلاف فرضیه ی اولیه ی این طرح، بین سطح پلاسمایی ویتامین D با میزان بیان ژن Foxp3 رابطه ی معناداری دیده نشد. چندین عامل در مشاهده ی این یافته می توانند موثر باشند، ابتدا اینکه بهتر است در کنار سنجش سطح پلاسمایی ویتامین D، بررسی ژنوتایپ های پذیرنده ویتامین D (VDR) نیز انجام گیرد، زیرا ممکن است مشاهده ی عدم ارتباط معنی دار بین سطح پلاسمای ویتامین D و افزایش بیان ژن Foxp3 ناشی از عملکرد ناقص رسپتور آن باشد تا غلظت پلاسمای ویتامین D. علاوه بر این گرچه در این مطالعه از لحاظ آماری سطح ویتامین D گروه بیمار بالاتر از گروه کنترل بود اما غلظت پلاسمایی این ویتامین در هر دو گروه در محدوده ی cut off کیت برای کمبود ویتامین قرار داشت که می توان اینگونه بیان کرد که شاید برای اعمال اثر این ویتامین بر بیان ژن Foxp3 نیاز به سطح بالاتری از این ویتامین در افراد باشد، چالشی که در بسیاری از افراد ایرانی وجود دارد.

⁸. Multiple sclerosis

Reference

1. Brennan FM, McInnes IB. Evidence that cytokines play a role in rheumatoid arthritis. *J Clin Invest* 2008;118:3537-45.
2. Sakaguchi S. Naturally arising Foxp3-expressing CD25+ CD4+ regulatory T cells in immunological tolerance to self and non-self. *Nat Immunol* 2005;6:345-52.
3. Chaudhry A, Rudra D, Treuting P, Samstein RM, Liang Y, Kas A, et al. CD4+ regulatory T cells control TH17 responses in a Stat3-dependent manner. *Science* 2009;326:986-91.
4. Lawson C, Brown A, Bejarano V, Douglas S, Burgoyne C, Greenstein A, et al. Early rheumatoid arthritis is associated with a deficit in the CD4+ CD25high regulatory T cell population in peripheral blood. *Rheumatology (Oxford)* 2006;45:1210-7.
5. Jiao Z, Wang W, Jia R, Li J, You H, Chen L, et al. Accumulation of FoxP3-expressing CD4+ CD25+ T cells with distinct chemokine receptors in synovial fluid of patients with active rheumatoid arthritis. *Scand J Rheumatol* 2007;36:428-33.
6. Carvalho C, Marinho A, Leal B, Bettencourt A, Boleixa D, Almeida I, et al. Association between vitamin D receptor (VDR) gene polymorphisms and systemic lupus erythematosus in Portuguese patients. *Lupus* 2015;4:846-53.
7. Cutolo M. Vitamin D and autoimmune rheumatic diseases. *Rheumatology* 2009;48:210-12.
8. Hart PH, Gorman S. Exposure to UV wavelengths in sunlight suppresses immunity. To what extent is UV-induced vitamin D3 the mediator responsible. *Clin Biochem Rev* 2013;34:3-13.
9. Bansal AS, Henriquez F, Sumar N, Patel S. T helper cell subsets in arthritis and the benefits of immunomodulation by 1, 25 (OH) 2 vitamin D. *Rheumatol Intern* 2012;32:845-52.
10. Kamen D, Aranow C. Vitamin D in systemic lupus erythematosus. *Curr Opin Rheumatol* 2008;20:532-7.
11. Baeke F, Takiishi T, Korf H, Gysemans C, Mathieu C. Vitamin D: modulator of the immune system. *Curr Opin Rheumatol* 2010;10:482-96.
12. Kang SW, Kim SH, Lee N, Lee W-W, Hwang K-A, Shin MS, et al. 1, 25-Dihydroxyvitamin D3 promotes FOXP3 expression via binding to vitamin D response elements in its conserved noncoding sequence region. *J Immunol* 2012;188:5276-82.
13. Marinho A, Carvalho C, Boleixa D, Bettencourt A, Leal B, Guimarães J, et al. Vitamin D supplementation effects on FoxP3 expression in T cells and FoxP3+/IL-17A ratio and clinical course in systemic lupus erythematosus patients: a study in a Portuguese cohort. *Immunol Res* 2017;65:197-206.
14. Elbassiony SR, Tawhid Z, Ahmad HS, Sabry A. Serum 25-hydroxy vitamin D levels in Egyptian patients with rheumatoid arthritis: Association with disease activity, functional disability and radiological damage. *Egypt Rheumatol* 2016;38:133-9.
15. Sharma R, Saigal R, Goyal L, Mital P, Yadav R, Meena P, et al. Estimation of vitamin D levels in rheumatoid arthritis patients and its correlation with the disease activity. *J Assoc Physicians India* 2014;62:678-81.
16. Gheita TA, Sayed S, Gheita HA, Kenawy SA. Vitamin D status in rheumatoid arthritis patients: relation to clinical manifestations, disease activity, quality of life and fibromyalgia syndrome. *Intern J Rheum Dis Int* 2016;19:294-9.
17. Huisman AM, White KP, Algra A, Harth M, Vieth R, Jacobs J, et al. Vitamin D levels in women with systemic lupus erythematosus and fibromyalgia. *J Rheumatol* 2001;28:2535-9.
18. Sahebari M, Mirfeizi Z, Rezaieyazdi Z, Rafatpanah H, Goshayeshi L. 25 (OH) vitamin D serum values and rheumatoid arthritis disease activity (DA S28 ESR), a cross-sectional study. *Caspian J Intern Med* 2014;5:148-55.

19. Nielen MM, Van Schaardenburg D, Lems WF, Van De Stadt RJ, De Koning MH, Reesink HW, et al. Vitamin D deficiency does not increase the risk of rheumatoid arthritis: comment on the article by Merlino et al. *Arthritis Rheum* 2006;54:3719-20.
20. Al-Zifzaf DS, El Bakry SA, Mamdouh R, Shawarby LA, Ghaffar AYA, Amer HA, et al. FoxP3+ T regulatory cells in Rheumatoid arthritis and the imbalance of the Treg/TH17 cytokine axis. *Egypt Rheumatol* 2015;37:7-15.
21. Cao D, Malmström V, Baecher-Allan C, Hafler D, Klareskog L, Trollmo C. Isolation and functional characterization of regulatory CD25brightCD4+ T cells from the target organ of patients with rheumatoid arthritis. *Europ J Immunol* 2003;33:215-23.
22. Van Amelsfort JM, Jacobs KM, Bijlsma JW, Lafeber FP, Taams LS. CD4+ CD25+ regulatory T cells in rheumatoid arthritis: differences in the presence, phenotype, and function between peripheral blood and synovial fluid. *Arthritis Rheumatol* 2004;50:2775-85.
23. El-Aziz GAA, Hussien NR, Nassib SA, El-Mohaseb GF. CD4+ CD25high FoxP3 expression in the peripheral blood of patients with systemic lupus erythematosus and rheumatoid arthritis. *J Egypt Women Dermatol Soci* 2012;9:57-63.