

## An Investigation into the Effects of Water- and Fat-Soluble Vitamins in Alzheimer's and Parkinson's Diseases

Mohammad Shahverdi<sup>1</sup>, Zahra Sourani<sup>2</sup>, Marzieh Sargolzaie<sup>3</sup>, Sayed Mostafa Modarres Mousavi<sup>4</sup>, Behnam Bakhtiari Moghadam<sup>5</sup>, Sadegh Shirian<sup>6\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Clinical Biochemistry, Faculty of Medicine, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran

<sup>2</sup>Shiraz Molecular Pathology Research Center, Pathology Laboratory of Dr. Daneshbod, Shiraz, Iran

<sup>3</sup>Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Zabol University, Zabol, Iran

<sup>4</sup>Department of Nanobiotechnology, Faculty of Biological Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

<sup>5</sup>Department of Health and Food Control, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

<sup>6</sup>Department of Pathology, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

### Article Info:

Received: 6 Jan 2023

Revised: 6 May 2023

Accepted: 23 July 2023

## ABSTRACT

**Introduction:** Neurodegenerative diseases (ND) cause several disruptions in the neuronal function in the brain, resulting in cognitive disorders as well as motor neuron disabilities. Although several factors contribute to the development of these diseases, nutrients could play an important role in their pathogenesis. Nutritional deficiencies or imbalances in vitamins regulation may influence neurological metabolism and lead to abnormal functions in the brain, such as oxidative stress production, mitochondrial dysfunction, and protein accumulation (Synuclein,  $\beta$  amyloid plaques). This may eventually lead to ND. Water- and fat-soluble vitamins not only may prevent Parkinson's and Alzheimer's diseases but also have therapeutic effects on these diseases via their antioxidant and anti-inflammatory properties. However, some studies indicate that vitamin function does not influence on prevention of ND. **Conclusion:** Regarding to neurological protection role of water- and fat-soluble vitamins, in this review article, we have summarized the role of the neuroprotective effects of vitamins on ND.

### Keywords:

- 1- Vitamins
- 2- Alzheimer Disease
- 3- Parkinson Disease
- 4- Neurodegenerative Diseases

\*Corresponding Author: Sadegh Shirian

Email: Shirian85@gmail.com

## بررسی اثرات ویتامین‌های محلول در آب و محلول در چربی در بیماری آلزایمر و پارکینسون

محمد شاهرودی<sup>۱</sup>، زهرا سورانی<sup>۲</sup>، مرضیه سرگلزایی<sup>۳</sup>، سید مصطفی مدرس موسوی<sup>۴</sup>، بهنام بختیاری مقدم<sup>۵</sup>، صادق شیریان<sup>۶\*</sup>

<sup>۱</sup>پژوهشکده بیوشیمی بالینی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران  
<sup>۲</sup>مرکز تحقیقات آسیب شناسی مولکولی شیراز، آزمایشگاه آسیب شناسی دکتر دانشید، شیراز، ایران  
<sup>۳</sup>گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه زابل، زابل، ایران  
<sup>۴</sup>بخش نانوبیوتکنولوژی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران  
<sup>۵</sup>بخش بهداشت و کنترل مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران  
<sup>۶</sup>گروه پاتولوژی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

## اطلاعات مقاله:

پذیرش: ۱۸ مهر ۱۴۰۲

اصلاحیه: ۲۰ شهریور ۱۴۰۲

دریافت: ۲۹ آبان ۱۴۰۱

## چکیده

**مقدمه:** بیماری‌های تحلیل برنده عصبی سبب اختلالات متعدد در عملکرد نورونی در مغز می‌شوند که منجر به اختلالات شناختی و ناتوانی در نوروون حرکتی می‌شود. اگرچه فاکتورهای متعددی در گسترش این بیماری‌ها نقش دارند، مواد غذایی توانسته‌اند در پاتوژنز این بیماری‌ها ایفای نقش کنند. کمبودهای تغذیه‌ای یا عدم تعادل در تنظیم ویتامین‌ها ممکن است بر متابولیسم نورونی اثر گذاشته و منجر به عملکردهای غیرطبیعی در مغز مانند تولید استرس اکسیداتیو، اختلال عملکرد میتوکندری، تجمع پروتئین‌ها (سینوکلین، پلاک‌های بتا آمیلوئید) شوند. این مساله در نهایت منجر به بیماری تحلیل برنده عصبی می‌شود. ویتامین‌های محلول در آب و محلول در چربی نه تنها می‌توانند از ابتلا به بیماری‌های پارکینسون و آلزایمر جلوگیری کنند بلکه با فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضد التهابی خود بر روی این بیماری‌ها اثر درمانی دارند. البته لازم به ذکر است نتایج برخی از مطالعات هیچ ارتباطی را بین عملکرد ویتامین و پیشگیری از بیماری‌های تحلیل برنده عصبی نشان نمی‌دهند. **نتیجه‌گیری:** با توجه به نقش محافظت کننده عصبی ویتامین‌های محلول در آب و چربی، در این مقاله مروری اثرات این ویتامین‌ها بر روی بیماری‌های تحلیل برنده عصبی را مورد بحث قرار داده‌ایم.

## واژه‌های کلیدی:

- ۱- ویتامین
- ۲- بیماری‌های نورودژنراتیو
- ۳- پارکینسون
- ۴- آلزایمر

\*نویسنده مسئول: صادق شیریان

پست الکترونیک: Shirian85@gmail.com

نورونی می باشد (۸). از آنجایی که متابولیسم دوپامین در مغز به خودی خود منجر به استرس اکسیداتیو می شود، می توان به استرس اکسیداتیو به عنوان مسیر پاتولوژیک بسیار مهمی در این بیماری اشاره کرد (۹). کاهش آسیب و مرگ نورون ها به دنبال استفاده از داروهای ضد التهاب نشان دهنده ی ارتباط التهاب عصبی مزمن با پاتولوژی بیماری پارکینسون می باشد (۶).

ویتامین ها گروهی از ریز مغذی ها هستند که برای رشد و نمو انسان مورد نیازند. فرآیندهای بیولوژیکی مختلف مانند رشد و تمایز سلول ها و بافت ها و متابولیسم مواد معدنی توسط ویتامین ها تنظیم می شود و به عنوان کوفاکتور آنزیم ها یا پیش سازها و آنتی اکسیدان ها عمل می کنند (۱۰). کمبود ویتامین در نوزادان و افراد مسن بسیار شایع است (۱۱). کمبود طولانی مدت ویتامین ها منجر به سوء تغذیه و مشکلات شدید سلامتی می شود (۱۲). رژیم غذایی متعادل دارای مقدار زیادی ویتامین است که از بیماری های زیادی جلوگیری می کند (۱۳). این امر محققان را بر آن داشته تا نقش ویتامین ها را در ایجاد و پیشرفت بیماری ها بررسی کنند. برای این بررسی، ما بر روی ویتامین های مرتبط با بیماری های نورودژنراتیو تمرکز می کنیم. به طور کلی، ویتامین ها ترکیبات آلی هستند که برای رشد و عملکرد طبیعی بدن مورد نیاز هستند. بدن نمی تواند ویتامین ها را به مقدار کافی سنتز کند. بنابراین، آنها باید از طریق رژیم غذایی به دست آیند. نکته مهم این است که ویتامین ها معمولاً به عنوان آنتی اکسیدان یا کوفاکتورهای آنزیمی عمل می کنند (۱۴). دو دسته اصلی از ویتامین ها وجود دارد: ویتامین های محلول در چربی<sup>۱</sup> که تا زمانی که بدن به آنها نیاز پیدا کند در بدن ذخیره می شوند و ویتامین های محلول در آب<sup>۲</sup> که در بدن ذخیره نمی شوند، بنابراین نیاز به تامین روزانه دارند (۱۵). ویتامین ها اهمیت زیادی در بیماری های عصبی دارند. بنابراین، نیاز جدی برای توصیف نقش ویتامین ها در بیماری های نورودژنراتیو وجود دارد.

### نقش ویتامین ها در عملکرد مغز

ویتامین ها می توانند با مکانیسم های مختلفی بر حافظه و عملکردهای شناختی مغز تأثیر بگذارند. مانند متابولیسم نوراپی نفرین و دوپامین که به ویتامین B<sub>۱۲</sub> و B<sub>۶</sub>، B<sub>۲</sub>، B<sub>۱۲</sub> و B<sub>۶</sub>، نیکوتین آمید، اسید فولیک و ویتامین C بستگی دارد. برخی از ویتامین ها در سنتز سایر اجزای ضروری مانند آمین های بیوژنیک<sup>۳</sup>، استروئیدها<sup>۴</sup> و

بیماری های نورودژنراتیو<sup>۱</sup> با از دست دادن فعالیت نورون های مغز مشخص می شوند و اختلال پیشرونده در عملکرد شناختی را موجب می شوند. اختلالات نورودژنراتیو و زوال عقل در سراسر جهان در حال افزایش هستند و به دو صورت حاد و مزمن بروز می کنند و باعث از بین رفتن نورون ها و سلول های گلیال در مغز و نخاع می گردند (۱،۲). تغییر عملکرد میتوکندری، تجمع غیریطبیعی پروتئین ها و پروتازها و آسیب و مرگ سلولی ناشی از استرس اکسیداتیو به دنبال تأثیرات این بیماری ها بر بخش های مختلف مغز دیده می شود (۳). به دلایل فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، مغز حساسیت بالایی نسبت به استرس اکسیداتیو دارد. از دلایل این حساسیت زیاد می توان به مصرف بالای اکسیژن توسط مغز، تولید نیتریک اکسید، آسیب پذیری بالای لیپیدهای غیراشباع نسبت به پراکسیداسیون و تغییرات اکسیداتیو، و کافی نبودن سیستم های دفاع آنتی اکسیدانی مغز اشاره کرد (۳).

بیماری آلزایمر یک بیماری نورودژنراتیو با پیشروی آهسته و شایع ترین بیماری تخریب کننده عصبی است که هنوز درمان کاملی برای این بیماری پیدا نشده است (۴). از مهم ترین اتفاقاتی که در این بیماری شاهد آن هستیم می توان به از بین رفتن سیناپس نورون ها در مناطقی از مغز و نکروز سلول های مغزی و تجمع پروتئین آمیلوئید بتا در پلاک های خارج سلولی در مغز اشاره کرد (۵). بیماری زایی آلزایمر مرتبط با القای استرس اکسیداتیو در بافت عصبی می باشد و تعدیل در این وضعیت می تواند سبب بهبود بیماری شود (۳). تجمع پروتئین tau به دنبال استرس اکسیداتیو ناشی از فرایند التهاب ایجاد و باعث از دست دادن سیناپس و مشکلات مربوط به حافظه می شود. از طرفی درمان طولانی مدت با داروهای ضدالتهاب غیراستروئیدی سبب کاهش خطر بروز بیماری و تقلیل شدت بیماری می شود که خود تاییدی بر نقش التهاب در رخداد و پیشرفت بیماری آلزایمر می باشد (۶). بیماری پارکینسون دومین اختلال شایع عصبی است. کنترل دارویی در این بیماری بسیار پیچیده است و برای جلوگیری از کاهش دوپامین در مغز و کاهش لرزش عضلانی و تعادل در راه رفتن از دارویی به نام لوودوپا استفاده می شود (۷). بسیاری از اختلالات حرکتی مربوط به از دست دادن نورون های تولیدکننده دوپامین در ناحیه ای از مغز به نام بخش فشرده جسم سیاه<sup>۲</sup> است که بیشتر در معرض آسیب

<sup>۱</sup> Neurodegenerative disease

<sup>۲</sup> Substantia Nigra Pars Compacta

<sup>۳</sup> Fat-soluble vitamins

<sup>۴</sup> Water-soluble vitamins

<sup>۵</sup> Biogenic Amines

<sup>۶</sup> Steroids

کره، زرده تخم مرغ، سبزیجات برگ سبز، پنیر و جگر منابع خوبی از این ویتامین هستند (۲۳). از لحاظ بالینی، کمبود ویتامین های محلول در چربی به صورت شب کوری (ویتامین A)، استئومالاسی<sup>۱۵</sup> (ویتامین D)، افزایش استرس اکسیداتیو سلولی (ویتامین E) و خونریزی (ویتامین K) توصیف می شود. کمبود ویتامین A و D که به طور غیرمستقیم با سرطان، دیابت ملیتوس و اختلالات ایمنی مرتبط است و عمدتاً از طریق گیرنده های هسته ای برای کنترل بیان ژن های مختلف عمل می کنند. ویتامین E یک آنتی اکسیدان قوی است و ویتامین K نقش کلیدی در لخته شدن خون دارد (۲۴).

### ویتامین های محلول در آب

ویتامین های محلول در آب برای عملکرد طبیعی سلول، رشد و تکامل حیاتی هستند و به عنوان یک ریز مغذی در نظر گرفته می شوند و کمبود آن ها باعث بیماری های شدید مانند بیماری های عصبی، تاخیر در رشد یا بیماری های گوارشی می شود (۲۵). این ویتامین ها عمدتاً به عنوان کوفاکتور برای یک آنزیم مرتبط عمل می کنند و در نهایت فعالیت بیولوژیکی آنزیم های خاصی را تعدیل می کنند (۲۶، ۲۷). ویتامین های محلول در آب ضروری عبارتند از ویتامین B1 (تیامین)، ویتامین B2 (ریبوفلاوین)، ویتامین B3 (نیاسین، اسید نیکوتینیک)، ویتامین B5 (اسید پانتوتیک)، ویتامین B6 (پیریدوکسین و مشتقات)، ویتامین B7 (بیوتین، ویتامین H)، ویتامین B9 (فولات، فولاسین)، ویتامین B12 (کوبالامین) و ویتامین C (آسکوربات، دهیدروآسکوربات). ویتامین B1 به عنوان عامل ضد بری بری شناخته می شود. واکنش بین ATP و تیامین، کوآنزیم فعال تیامین پیروفسفات را تشکیل می دهد. تیامین پیروفسفات نقش بسیار مهمی در متابولیسم کربوهیدرات دارد. ویتامین B1 یک ترکیب بی رنگ با فرمول شیمیایی C<sub>12</sub>H<sub>17</sub>N<sub>4</sub>O<sub>5</sub> است. در حلال آلی نامحلول است در حالی که در حلال های قطبی مانند آب محلول است. برای نگهداری مناسب از قلب، سیستم عصبی و دستگاه گوارش، ویتامین B1 نقش مهمی ایفا می کند (۲۸). عملکرد ویتامین B1 تنها به جهت نقش کوآنزیمی آن نیست، این ویتامین در نقش غیر کوآنزیمی خود سبب محافظت از اعصاب در بیماری های نورودژنراتیو می شود (۲۹). ویتامین B2 پیش ساز دو کوآنزیم حیاتی فلاوین مونوکلوئوتید<sup>۱۶</sup> (FMN) و فلاوین آدنین دی نوکلئوتید<sup>۱۷</sup> (FAD) است. FMN و FAD در واکنش اکسیداسیون/احیا نقش دارند و این کوآنزیم ها همچنین در متابولیسم

اسیدهای آمینه دخالت دارند (۱۶). تیامین تری فسفات، تیامین و ویتامین E اجزای تشکیل دهنده غشای عصبی هستند که بر خواص و عملکردهای وابسته به غشا مانند تولید پتانسیل عمل، انتقال سیگنال و رشد سلولی تأثیر می گذارند. کمبود پیریدوکسین<sup>۷</sup> می تواند اتصال چندین انتقال دهنده عصبی از جمله گلیسین و گلوتامات را به گیرنده های آنها تغییر دهد. تولید انرژی در مغز یک فرآیند بسیار تنظیم شده است که به تعدادی از ویتامین ها مانند ویتامین B و ویتامین C بستگی دارد، زیرا آنها اجزای ضروری در فرآیندهای تنظیم انرژی مانند گلیکولیز، چرخه اسید سیتریک و زنجیره تنفسی، برای تولید آدنوزین تری فسفات (ATP)<sup>۸</sup> از گلوکز هستند (۱۶، ۱۷). ویتامین ها ضروری ترین بخش مواد مغذی برای تنظیم عملکرد مغز نه تنها در حالت فیزیولوژیک بلکه در حالت های پاتولوژیک هستند.

### ویتامین های محلول در چربی

همانطور که از نام این ویتامین ها پیداست، در چربی ها حل می شوند. ویتامین های محلول در چربی، شامل A، D، E و K، از روده جذب می شوند (۱۸، ۱۹). ویتامین A یا رتینول برای عملکرد طبیعی چشم ها مورد نیاز است و در تعدیل عملکرد سیستم ایمنی بدن نقش دارد. از عملکردهای بیولوژیکی اولیه این ویتامین حفظ بینایی، رشد و یکپارچگی بافت اپیتلیال و مخاطی است (۲۰). ویتامین D<sup>۳</sup> شکل فعال ویتامین D است. این ویتامین توسط اشعه ماوراء بنفش در پوست تولید می شود، از رژیم غذایی به دست می آید و در دسته هورمون های استروئیدی قرار می گیرد. ویتامین D<sup>۳</sup> سطح کلسیم و فسفر بدن را با معدنی سازی استخوان و دمنرالیزاسیون<sup>۱۰</sup> تنظیم می کند. همچنین با اتصال به گیرنده ویتامین D بر بیان ژن تأثیر می گذارد. ویتامین D<sup>۳</sup> ترشح هورمون پاراتیروئید، ایمنی تطبیقی و تکثیر سلولی را مهار می کند و در عین حال ترشح انسولین و ایمنی ذاتی را تقویت می کند و تمایز سلولی را تحریک می کند (۲۱). ویتامین E که به عنوان آلفا توکوفرول<sup>۱۱</sup> در نظر گرفته می شود خواص آنتی اکسیدانی قوی و محافظت کننده ی سلولی را نشان می دهد. این ویتامین از بدن ما در برابر آسیب اکسیداتیو محافظت می کند. این ویتامین با خنثی کردن گونه های فعال اکسیژن، نفوذپذیری غشای سلولی را حفظ می کند (۲۲). ویتامین K برای لخته شدن طبیعی خون مورد نیاز است. انواع مختلفی از این ویتامین به عنوان ویتامین K<sup>۱۲</sup>، ویتامین K<sup>۱۳</sup> و ویتامین K<sup>۱۴</sup> شناخته می شود.

<sup>7</sup> Pyridoxine

<sup>8</sup> Adenosine Triphosphate (ATP)

<sup>9</sup> Cholecalciferol

<sup>10</sup> Demineralization

<sup>11</sup> Alpha-Tocopherol

<sup>12</sup> Menaquinone

<sup>13</sup> Phytomenadione

<sup>14</sup> Menadione

<sup>15</sup> Osteomalacia

<sup>16</sup> Flavin mononucleotide

<sup>17</sup> flavin adenine dinucleotide

این ویتامین در سنتز کلاژن نقش دارد و کمبود آن باعث عوارض متعددی مانند اسکوربوت<sup>۱۸</sup> و مصرف بیش از حد آن باعث زردی و آسیب حاد کبدی می‌شود (۳۷).

### نقش ویتامین‌ها در بیماری آلزایمر

بیماری آلزایمر شایع‌ترین علت زوال عقل در سالمندان است (۳۸). علائم بالینی آلزایمر با اختلالات شناختی شروع می‌شود و به زوال عقل تبدیل می‌شود (۳۹). آسیب شناسی عصبی آلزایمر شامل از بین رفتن پیشرونده نورون‌ها، تشکیل پلاک‌های آمیلوئید<sup>۱۹</sup> و گره‌های نوروفیبریلاری<sup>۲۰</sup> پروتئین تاو هاپرفسفریله شده است (۴۰، ۴۱). فرضیه‌های متعددی برای ظهور آلزایمر شناخته شده است. با این حال، کمبود ویتامین (ویتامین B1، ویتامین D، ویتامین B12 و ویتامین A) نیز به‌عنوان یک عامل ایجاد کننده برای شروع بیماری آلزایمر در نظر گرفته می‌شود (۴۲). مغز برای سنتز و آزادسازی استیل کولین برای انتقال عصبی به گلوکز و پیرووات نیاز دارد (۴۳). ویتامین B1 در سنتز استیل کولین، به ویژه در طی اکسیداسیون اسید پیروویک، که مکانیسم‌های حافظه و یادگیری را در ناحیه هیپوکامپ مغز تنظیم می‌کند، دخالت دارد (۴۴). ویتامین B12 مسئول یکپارچگی غلاف میلین در نورون‌ها است و کمبود ویتامین B12 باعث تخریب غلاف میلین می‌شود (۴۵). کمبود ویتامین B12 منجر به تولید IL-6 در خون محیطی می‌شود و عمدتاً با تشکیل آهسته پلاک‌های آمیلوئید در بیماران مبتلا به آلزایمر همراه است (۴۶). کمبود ویتامین C در مغز یکپارچگی سد خونی مغزی را مختل می‌کند، استرس اکسیداتیو را در نورون‌ها از طریق کاهش بیان مولکول‌های آنتی‌اکسیدان در میتوکندری افزایش می‌دهد (۴۷). این ویتامین با افزایش تشکیل پلاک‌های آمیلوئید در بین نورون‌ها و سفریلاسیون پروتئین‌های تاو در میکروتوبول‌های نورون‌ها سبب ایجاد گره‌های نوروفیبریلاری و تخریب عصبی می‌شود (۴۸). به‌طور مشابه، سطوح بسیار پایین ویتامین D در بیماران مبتلا به آلزایمر با ApoEε4 مشاهده شده است (۴۹). از آنجایی که مشابه سایر بیماری‌های نورودژنراتیو، یکی از علل اصلی تخریب پیشرونده عصبی در آلزایمر استرس اکسیداتیو است، فعالیت آنتی‌اکسیدانی ویتامین‌ها می‌تواند در درمان آلزایمر مفید باشد (۵۰، ۵۱). متأسفانه تاکنون راهکار درمانی مؤثری برای این بیماری ارائه نشده است و در حال حاضر درمان این بیماری شامل درمان‌های علامتی و استفاده از داروهای کاهنده سیر پیشرفت بیماری می‌

پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و لیپیدها نقش دارند. برای سلامت مو، پوست و ناخن، ریبولوین بسیار مهم است زیرا می‌تواند آنزیم آنتی‌اکسیدانی گلوکاتینون ردوکتاز را تنظیم کند (۳۰). ویتامین B3 نیاسین، پیریدین-۳-کربوکسیلیک اسید و ۳-پیریدین کربوکسیلیک اسید نامیده می‌شود. برای کاهش کلسترول بد<sup>۱۸</sup> (LDL) و افزایش کلسترول خوب<sup>۱۹</sup> (HDL) در بدن ما ضروری است. به همین دلیل است که از این ویتامین برای تنظیم اختلالات چربی خون استفاده می‌شود. سطح آمینوترانسفراز سرم ممکن است افزایش یابد زیرا نیاسین و دوز بالای آن ممکن است مسئول آسیب حاد کبدی باشد. نیاسین به‌عنوان یک عامل گشادکننده عروق، داروی ضد چربی خون و همچنین یک پادزهر شناخته می‌شود (۳۱). ویتامین B5 با فرمول شیمیایی C9H17NO5، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی قوی است و به‌طور گسترده در بافت‌های حیوانی و گیاهی یافت می‌شود. این ویتامین بخش اصلی کمپلکس ویتامین B2 و کوآنزیم A است و در متابولیسم لیپیدها، کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها نقش دارد (۳۲). ویتامین B6 با فرمول شیمیایی C18H11NO3 در بسیاری از غذاها از جمله گوشت، ماهی، آجیل، لوبیا، غلات، میوه‌ها و سبزیجات وجود دارد و به‌عنوان یک کوفاکتور در بیش از ۱۰۰ واکنش آنزیمی از جمله متابولیسم اسیدهای آمینه، کربوهیدرات‌ها و لیپیدها نقش دارد. از طریق سنتز انتقال دهنده‌های عصبی به رشد شناختی و از طریق تولید اینترلوکین-۲ و تشکیل هموگلوبین به عملکرد سیستم ایمنی کمک می‌کند (۳۳). ویتامین B7 که ویتامین H نیز نامیده می‌شود در واکنش کربوکسیلاسیون نقش دارد که برای رشد و متابولیسم مناسب بدن مورد نیاز است. ویتامین B7 به‌عنوان یک کوآنزیم ضروری برای پنج کربوکسیلاز عمل می‌کند و این کربوکسیلازها در فرآیندهای شیمیایی سلول از جمله گلوکونوئوز<sup>۲۱</sup>، متابولیسم اسیدهای آمینه و سنتز اسیدهای چرب نقش دارند (۳۴). ویتامین B9 به‌عنوان اسید فولیک و ویتامین M در نظر گرفته می‌شود که در متابولیسم اسیدهای آمینه و واکنش‌های انتقال کربن نقش دارد. همچنین در تولید گلبول‌های قرمز استفاده می‌شود (۳۵). ویتامین B12 یا سیانوکوبالامین، یک ترکیب حاوی کبالت است که توسط میکروب‌های روده سنتز می‌شود. کمبود آن باعث کم خونی مگالوبلاستیک<sup>۲۲</sup>، کم خونی پرنیشیوز<sup>۲۳</sup> و اختلالات عصبی می‌شود (۳۶). ویتامین C یا اسید اسکوربیک یکی از آنتی‌اکسیدان‌های مهمی است که در مرکبات یافت می‌شود و توسط بدن انسان تولید نمی‌شود.

<sup>18</sup> low-density lipoprotein

<sup>19</sup> High-density lipoprotein

<sup>20</sup> Gluconeogenesis

<sup>21</sup> Megaloblastic anemia

<sup>22</sup> Pernicious anaemia

<sup>23</sup> Scorbut

<sup>24</sup> Amyloid plaques

<sup>25</sup> Neurofibrillary tangles

باشد (۵۲). سطح بالاتر هموسیستئین در بیماران مبتلا به آلزایمر نشان‌دهنده مصرف کم ویتامین‌ها است که سطح اکسیدان‌ها و ROS (انواع فعال اکسیژن) را افزایش می‌دهد و منجر به اختلال حافظه می‌شود (۵۳). شواهد متعدد حاکی از آن است که در مقایسه با افراد سالم، در سرم بیماران مبتلا به آلزایمر سطوح ویتامین‌های A و B و C کاهش می‌یابد (۵۴). علاوه بر این مطالعات متاآنالیز کاهش سطح سرمی ویتامین‌های A و B و C و D و E و K را در بیماران مبتلا به آلزایمر نشان داده است (۴۲). یک مطالعه مقطعی و آینده‌نگر گزارش می‌دهد که ترکیبی از مکمل ویتامین C و E شیوع و بروز بیماری آلزایمر را کاهش می‌دهد. با این حال، در این مطالعه هیچ گزارشی از ویتامین A ارائه نشده است و هیچ ارتباطی بین مصرف ویتامین B با آلزایمر پیدا نشده است (۵۵). این در حالی است که عملکرد شناختی به طور قابل توجهی با درمان طولانی مدت با رتینوئیدها بهبود یافته است (۵۶). کارآزمایی‌های بالینی بر روی رتینوئیدها و مشتقات آن‌ها اثربخشی درمانی و نقش آن را به‌عنوان نشانگر زیستی در بیماران مبتلا به آلزایمر تأیید می‌کند. میکروبیوتا<sup>۲۶</sup> روده بر سیگنال دهی رتینوئیدی در بیماری آلزایمر تأثیر می‌گذارند و می‌توانند مستقیماً با رتینوئیک اسید در جهت پاسخ درمانی ارتباط برقرار کند (۵۷). در مراحل اولیه بیماری آلزایمر، هیچ ارتباطی بین پروتئین شماره ۴ متصل شونده به رتینول و بیماری آلزایمر وجود ندارد. بنابراین، نمی‌توان از این پروتئین به‌عنوان یک نشانگر زیستی استفاده کرد (۵۸). نقص در سیگنال دهی و کمبود رتینوئید با کاهش عملکرد شناختی در بیماری آلزایمر مرتبط است. بنابراین، می‌توان گفت رتینوئید به طور مستقیم با بیماری آلزایمر و علائم آن ارتباط دارد (۵۹).

انعطاف‌پذیری سیناپسی در جوانان شده است (۶۲). کمبود ویتامین A یادگیری و حافظه فضایی را مختل می‌کند و پاتوژنز بیماری آلزایمر را تسهیل می‌کند (۶۳). بنابراین، اعتقاد بر این است که کمبود ویتامین A به دلیل دریافت ناکافی ویتامین A است که به ویژه زنان باردار، کودکان و افراد مسن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۶۴). کاهش سطح ویتامین A در بیماران مبتلا به بیماری آلزایمر و سطوح پایین ویتامین A در رژیم غذایی نیز خطر ابتلا به بیماری آلزایمر را افزایش می‌دهد (۴۲). یک ارزیابی اپیدمیولوژیک نشان داد که بتاکاروتن (پیش‌ساز ویتامین A) می‌تواند از افراد مسن در برابر اختلالات شناختی محافظت کند (۶۵). بنابراین می‌توان با مکمل‌های ویتامین A یا آگونیست‌های گیرنده‌های اسید رتینوئیک مانع پیامدهای پاتولوژیک مرتبط با کمبود ویتامین A شد (۶۶). علاوه بر این، ویتامین A همچنین می‌تواند با عمل به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان، آسیب اکسیداتیو نورونی آملوئید بتا را در بیماران مبتلا به آلزایمر کاهش دهد (۶۷). با این حال، تا به امروز، هیچ کارآزمایی انسانی جهت بررسی اثر ویتامین A بر پیشرفت بیماری آلزایمر انجام نشده است. گزارش‌های بالا نشان می‌دهد که ویتامین A، رتینوئیک اسید و مشتقات آنها یا آگونیست‌های گیرنده‌های اسید رتینوئیک می‌توانند به‌عنوان مکمل درمانی در بیماری آلزایمر مورد بررسی قرار گیرند. بنظر می‌رسد ویتامین A اهداف چندگانه‌ای دارد و مکمل آن می‌تواند برای درمان آسیب‌شناسی بیماری آلزایمر مفید باشد، اما آزمایشات بیشتری برای دستیابی به بهترین نتایج مورد نیاز است.

ویتامین B که به‌عنوان ویتامین محلول در آب شناخته می‌شود، در فرآیندهای بیولوژیکی مهم مانند چرخه متیلاسیون، تولید مونوآمین اکسیداز و فسفولیپیدها، سنتز پروتئین، RNA و DNA در سلول نقش دارد. چرخه متیل یک فرآیند سم‌زدایی است که عملکرد صحیح سیستم ایمنی را تضمین و تولید انرژی را تنظیم می‌کند (۶۸). هموسیستئین، محصول چرخه متیل، به‌عنوان نشانگر زیستی کمبود ویتامین B عمل می‌کند (۶۹). تعدادی از انواع ویتامین B (شامل ویتامین‌های B<sub>۲</sub>، B<sub>۶</sub>، B<sub>۹</sub> و B<sub>۱۲</sub>) در متابولیسم هموسیستئین نقش دارند (۷۰). سطح هموسیستئین در پلاسما یک شاخص مهم برای پیش‌بینی ناهنجاری‌های مرتبط با سن، مانند بیماری آلزایمر است. اگر مشخص شود که سطوح ویتامین B کاهش یافته است، نشان‌دهنده سطح بالاتر هموسیستئین در پلاسما است. بنابراین، سطح پلاسمایی هموسیستئین نیز

ویتامین A در گروه ویتامین‌های محلول در چربی قرار می‌گیرد و در رویدادهای فارماکوکینتیک، از طریق واکنش‌های اکسیداسیون به یک متابولیت فعال به نام رتینوئیک اسید تبدیل می‌شود. ویتامین A با فعال کردن گیرنده‌های اسید رتینوئیک و سنتز توسط سیستم عصبی مرکزی، نقش کلیدی در عملکردهای فیزیولوژیکی ایفا می‌کند (۶۰). از جمله در رشد اولیه مغز، تقسیم و تمایز سلول‌های عصبی و عملکرد سیناپس‌ها نقش دارد و به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان‌های قوی شناخته می‌شود (۶۱). نارسایی در مصرف ویتامین A یا اختلال در عملکرد گیرنده‌های اسید رتینوئیک منجر به رسوب آملوئید بتا، اختلالات حافظه و از دست دادن

<sup>26</sup> Microbiota

فرم فعال ویتامین D هستند (۸۶). کلسیتریول سنتز فاکتور رشد عصبی<sup>۲۷</sup> و در نهایت فرآیند تمایز و بلوغ سلول‌های عصبی را کنترل می‌کند. علاوه بر این، کلسیتریول سنتز فاکتور نوروتروفیک مشتق از گلیا<sup>۲۸</sup> را تنظیم می‌کند (۸۷). فاکتور رشد عصبی و فاکتور نوروتروفیک مشتق از گلیا یادگیری و حافظه را از طریق مسیر سپتوهیپوکامپ تنظیم می‌کنند. با افزایش سن و در بیماران مبتلا به آلزایمر سطح فاکتور رشد عصبی کاهش می‌یابد (۸۸). غلظت پروتئین پیش ساز آمیلوئید به طور موثر توسط فاکتور رشد عصبی تعدیل می‌شود. اختلال در سیگنال دهی فاکتور رشد عصبی منجر به افزایش سطح پروتئین پیش‌ساز آمیلوئید و افزایش تولید توده‌های درون سلولی آمیلوئید بتا می‌شود (۸۹). ویتامین D با تأثیر بر کلسیم داخل سلولی از تولید پپتید آمیلوئید بتا و اثرات عصبی ناشی از آن جلوگیری می‌کند. همچنین از طریق کنترل غیرمستقیم فرایندهای التهابی و استرس اکسیداتیو می‌تواند سبب به تعویق انداختن بیماری آلزایمر شود (۹۰). نقش مهمی در بهبود عملکرد شناختی و مشکلات حافظه ایفا می‌کند (۹۱). ویتامین E را می‌توان با سایر آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیب کرد تا سبب افزایش اثربخشی درمانی شود (۹۲). با وجود شواهد زیاد در مورد فعالیت آنتی‌اکسیدانی ویتامین E، نقش این ویتامین هم‌چنان بحث‌برانگیز است و نیاز به مطالعات بیشتری دارد (۹۳).

ویتامین‌ها برای درمان بیماری آلزایمر و سایر بیماری‌های مرتبط با زوال عقل مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، و بسیاری از این مطالعات نقش مفید ویتامین‌ها را با شواهدی از مهار تشکیل پلاک‌های آمیلوئید بتا توسط ویتامین A، و ممانعت از پیشرفت زوال عصبی توسط ویتامین‌های B، C، D و E نشان داده‌اند. به این ترتیب، ویتامین‌ها نقش بسیار مهمی در کمک به درمان بیماری آلزایمر دارند که کمتر مورد توجه قرار گرفته است (۹۴). مطالعات بالینی آینده که از ویتامین‌ها در درمان بیماری آلزایمر استفاده می‌کنند، جزئیات مهمی را در مورد چگونگی عملکرد ویتامین‌ها در کاهش علائم بیماری آلزایمر روشن می‌سازد.

### نقش ویتامین‌ها در بیماری پارکینسون

بیماری پارکینسون دومین بیماری شایع دژنراتیو سیستم عصبی مرکزی پس از بیماری آلزایمر است. این بیماری یک بیماری عصبی پیچیده و پیش‌رونده است که با علائم حرکتی و غیرحرکتی به دلیل از

با افزایش سن افزایش می‌یابد و در بیماران مسن مبتلا به آلزایمر نسبت به افراد عادی بیشتر می‌شود (۷۱). هموسیستئین بر عملکردهای شناختی تأثیر می‌گذارد که به نوبه خود منجر به اختلال شناختی خفیف و بیماری آلزایمر می‌شود (۷۲). مکمل‌های ویتامین B می‌توانند با کاهش میزان زوال شناختی و بهبود عملکرد حافظه، در بهبود این ناهنجاری‌ها کمک کنند (۷۳). در درمان اختلالات شناختی مکمل ویتامین B باعث کاهش هموسیستئین می‌شود (۷۴). آتروفی ماده خاکستری مغز که آسیب شناسی بیماری آلزایمر است با مکمل ویتامین B کاهش می‌یابد (۷۲). این در حالی است که در یک کارآزمایی بالینی که برای کاهش هموسیستئین از مکمل ویتامین B استفاده می‌شده است، هیچ بهبودی در اختلال شناختی بیماران مشاهده نشده است (۷۵،۷۶).

اختلال شناختی همراه با زوال عقل با کمبود تیامین همراه است. این علائم با مصرف مکمل تیامین در افراد مبتلا بهبود می‌یابد (۷۷). مطالعات نشان می‌دهند که ویتامین B12 و فولات سبب بهبود عملکرد شناختی در بیماران مبتلا به آلزایمر می‌شوند. این در حالی است که بیماران مبتلا به آلزایمر بدون علامت را نمی‌توان با اندازه‌گیری سطح سرمی فولات و ویتامین B12 مشخص کرد (۷۸،۷۹). بنابراین، ارزیابی کامل اثربخشی درمانی ویتامین B و فولات در بیماری آلزایمر نیاز به بررسی بیشتری دارد. ویتامین B12 مانع تجمع پروتئین تاو و تشکیل توده نوروفیبریلار می‌شود (۸۰). در بیماری آلزایمر کمبودهای مختلف ویتامینی مستقیماً با اختلال در متابولیسم هموسیستئین همراه است (۸۱). البته برای یافتن ارتباط میان ویتامین‌های مختلف B و هیپرهموسیستئینمی در بین بیماران مبتلا به آلزایمر مطالعات بیشتری مورد نیاز است. همانطور که قبلاً اشاره شد التهاب یکی از عوامل اصلی تخریب پیش‌رونده عصبی در بیماری آلزایمر است. یک کارآزمایی بالینی نشان داده است که اسید فولیک خاصیت ضد التهابی دارد و از تخریب عصبی در بیماری آلزایمر جلوگیری می‌کند (۸۲).

سطوح پایین سرمی ویتامین D خطر بیماری آلزایمر را افزایش می‌دهد (۸۳). غلظت کلسیتریول توسط سطح کلسیم و هورمون پاراتیروئید، به کمک سیتوکین‌های خاصی تنظیم می‌شود. شکل غیر فعال ویتامین D از سد خونی مغزی عبور می‌کند و در داخل سلول‌های گلیا و عصبی، توسط آنزیم آلفا دئیدروکسیلاز (CY-2P27B1) به شکل فعال تبدیل می‌شود (۸۴،۸۵). سلول‌های میکروگلیا مسئول تبدیل پرو ویتامین D به

<sup>27</sup> Nerve growth factor

<sup>28</sup> Glial cell line-derived neurotrophic factor

کاهش سطح هموسیستئین در پلاسمای خون می‌شود (۱۰۶،۱۰۷). ویتامین B2 دارای اثر محافظت‌کنندگی عصبی در استرس اکسیداتیو، اختلال عملکرد میتوکندری و سمیت گلوتامات است (۱۰۸). علاوه بر این، ویتامین B2 در فعال‌سازی پیریدوکسین برای متابولیسم یا مکانیسم تجزیه هموسیستئین در مغز بیماران پارکینسون نقش دارد (۱۰۹). ویتامین B12 رشد و عملکرد مغز و سلول‌های عصبی را تأمین می‌کند. کمبود ویتامین B12 باعث افزایش هموسیستئین می‌شود که ممکن است باعث اثرات نورو توتوکسیک با مرگ سلولی دوپامینرژیک شود. به این دلایل، تجویز B12 و سایر ویتامین‌های B عامل خطر را در بیماران مبتلا به پارکینسون کاهش می‌دهد (۱۱۰،۱۱۱). سطح ویتامین B12 در بیماران مبتلا به پارکینسون در مقایسه با افراد سالم کمتر است. علاوه بر این، کاهش خطر ابتلا به پارکینسون در افرادی که مقادیر کافی ویتامین B6 در رژیم غذایی خود دارند، مشاهده شده است (۱۱۱،۱۱۲). هیچ تغییر قابل توجهی در مورد غلظت ویتامین B9 در بیماران مبتلا به پارکینسون در مقایسه با افراد سالم مشاهده نشده است (۱۱۱،۱۱۳). جالب توجه است، بیشتر تحقیقات در مورد ویتامین B و هموسیستئین در عملکرد مغز عمدتاً بر روی سه مورد از هشت ویتامین B (ویتامین‌های B6، B9 و B12) متمرکز شده است و تاکنون نتایج بصورت شفاف نبوده است (۲۷،۱۰۶). با این حال، پیشنهاد می‌شود از درمان‌هایی با ترکیب هر ۸ نوع ویتامین B استفاده شود، چون ممکن است به دلیل عملکردهای سلولی مرتبط با هشت نوع ویتامین B، نتایج بهتری به همراه داشته باشد (۱۱۴). مکمل تیامین مانع مرگ نورون‌های دوپامینرژیک در بیماری پارکینسون می‌شود (۱۱۵). علائم بیماری پارکینسون به طور قابل توجهی با تجویز عضلانی دوز بالای تیامین در بیماران مبتلا بدون هیچ گونه عوارض جانبی کاهش می‌یابد (۱۱۶). کاهش میزان ویتامین‌های B1 و B9 در بیماران مبتلا به پارکینسون که ۲ تا ۸ سال قبل از بروز علائم اختلال بویایی داشتند مشاهده شده است (۱۱۷). بنابراین، در مراحل اولیه پارکینسون، سطوح ویتامین‌های B1 و B9 سیستم بویایی را تنظیم می‌کند و می‌تواند به عنوان یک ابزار غربالگری مهم برای تشخیص خطر پارکینسون عمل کند.

#### نقش ویتامین C در بیماری پارکینسون

یکی از علل اصلی بیماری‌های نورودژنراتیو استرس اکسیداتیو است که حفظ غلظت‌های هموستاتیک ویتامین C سبب کاهش آن می‌شود (۱۱۸). کمبود

بین رفتن نورون‌های دوپامینرژیک در ناحیه مغز میانی مشخص می‌شود. از علائم حرکتی بارز در این بیماری می‌توان به برادی‌کینزی، لرزش در حالت استراحت، سفتی، بی‌ثباتی وضعیتی و اختلال در راه‌رفتن اشاره کرد. بیماری پارکینسون با طیف گسترده‌ای از علائم غیر حرکتی (هیپوسمی<sup>۲۹</sup>، یبوست، اختلال عملکرد ادرار، افت فشار خون وضعیتی، اختلال شناختی، افسردگی و اختلال رفتاری خواب) نیز مشخص می‌شود که این علائم غیر حرکتی ممکن است چند سال یا حتی چند دهه قبل از بروز ویژگی‌های حرکتی ظاهر شوند (۹۷-۹۵). درمان‌های مؤثری که مانع شروع یا پیشرفت بیماری شوند، در حال حاضر وجود ندارد. مطالعات بالینی متعددی رابطه خاصی را بین ویتامین‌ها و بیماری پارکینسون پیدا کرده‌اند (۹۸). خواص آنتی‌اکسیدانی ویتامین‌ها و عملکردهای بیولوژیکی آن‌ها در تنظیم بیان ژن برای درمان بیماری پارکینسون مفید است. شواهد بالینی نشان می‌دهد که مکمل ویتامین‌های مختلف می‌تواند بروز بیماری پارکینسون را کاهش دهد و علائم بالینی بیماران مبتلا به بیماری پارکینسون را بهبود بخشد. بر این اساس مکمل ویتامینی یک درمان کمکی مؤثر برای بیماری پارکینسون می‌باشد (۲۶).

#### نقش اثر ویتامین A در بیماری پارکینسون

استرس اکسیداتیو به‌عنوان یکی از عوامل اصلی در پیشرفت بیماری پارکینسون مطرح است و ویتامین A و مشتقات آن مانند رتینوئیک اسید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی دارند (۲۰،۹۹). ویتامین A در مسیرهای سیگنالینگ تنظیم بیان ژن دخیل است (۲۰،۱۰۰). به طور خاص، در سیستم عصبی مرکزی، ویتامین A فرآیندهای حیاتی مانند کنترل تمایز سلول‌های عصبی و شکل‌گیری لوله عصبی را تنظیم می‌کند (۱۰۱).

#### نقش ویتامین B در بیماری پارکینسون

در بسیاری از بیماری‌های نورودژنراتیو از جمله پارکینسون، افزایش سطح هموسیستئین<sup>۳۰</sup>، اثرات عصبی متعددی دارد (۱۰۲). سطوح افزایش یافته هموسیستئین مسئول مرگ نورون‌های دوپامینرژیک در بیماران مبتلا به پارکینسون می‌باشد. بنابراین، تنظیم سطح هموسیستئین می‌تواند از پیشرفت بیماری پارکینسون جلوگیری کند (۱۰۳،۱۰۴). ویتامین B به عنوان یک کوفاکتور در سنتز متیونین از هموسیستئین عمل می‌کند و سطوح هموسیستئین با سطوح ویتامین B همبستگی زیادی دارد (۲۷،۱۰۵). استفاده از مکمل ویتامین B باعث

<sup>29</sup> Hyposmia

<sup>30</sup> Homocysteine

ویتامین E یک آنتی اکسیدان با کاربردهای درمانی متعددی است (۱۳۵). مشابه سایر ویتامین ها، ویتامین E با بیماری پارکینسون مرتبط است و میان مصرف ویتامین E و بیماری پارکینسون رابطه‌ی عکس وجود دارد که مستقل از سن و جنس است (۱۳۶). بنابراین، رژیم های غذایی غنی از ویتامین E می‌تواند خطرات مرتبط با بیماری پارکینسون را به حداقل برساند (۱۳۷). با وجود اینکه یک مطالعه‌ی آزمایشی نشان داده است پیشرفت بیماری پارکینسون با دوز بالا آلفا توکوفرول و آسکوربات کنترل می‌شود، آزمایشات بالینی در سطح وسیع‌تری برای تأیید اثر محافظتی آلفا توکوفرول و آسکوربات مورد نیاز است (۱۳۸). غلظت بالای آلفا توکوفرول در مایع مغزی نخاعی اثر محافظتی بر روی بیماران مبتلا به پارکینسون دارد (۱۳۹). این در حالی است که هیچ ارتباطی میان سطح ویتامین E سرم و خطر ابتلا به بیماری پارکینسون وجود ندارد (۱۴۰). مکمل‌های ویتامینی غنی از ویتامین E پتانسیل درمانی بیشتری برای کاهش خطر بیماری پارکینسون نشان می‌دهند و دوز بسیار بالا منجر به کاهش فعالیت درمانی ویتامین E می‌شود (۱۴۱). برای اثبات پتانسیل درمانی ویتامین E، به سطح وسیع‌تری از مطالعات بالینی نیاز است.

### نقش ویتامین K در بیماری پارکینسون

لازم به ذکر است دخالت ویتامین K2 در بیماری پارکینسون اخیراً مورد مطالعه قرار گرفته است، که در آن سطح سرمی ویتامین K2 در بیماران مبتلا به بیماری پارکینسون در مقایسه با افراد سالم کمتر است (۱۴۲). مطالعات متعدد سلولی، حیوانی و انسانی نشان داده‌اند که ویتامین‌ها به دلیل خواص آنتی اکسیدانی و سایر عملکردهای بیولوژیکی مانند تنظیم بیان ژن، اثرات مفیدی در پیشگیری و یا درمان بیماری پارکینسون دارند. با این حال، برخی از مطالعات مخالف هستند (۲۶). به طور خاص، برخی از مطالعات نیز نشان می‌دهد که هیچ تأثیری در مورد پتانسیل درمانی ویتامین‌ها وجود ندارد. علاوه بر این، دوز عامل بسیار مهمی است که اثربخشی عملکرد ویتامین‌ها در بیماری پارکینسون را تعیین می‌کند. بنابراین، مطالعات بالینی بیشتری برای روشن شدن فواید استفاده از مکمل ویتامینی در درمان بیماری پارکینسون ضروری است.

### نتیجه‌گیری

استرس اکسیداتیو و التهاب عصبی دو عامل اصلی دخیل

ویتامین C با اثر بر سیستم دوپامین تمایز نورونی دوپامینرژیک را کاهش می‌دهد و باعث الگومریزاسیون از طریق بیان بیش از حد  $\alpha$ -سینوکلئین و تغییرات پس از ترجمه در نورون‌ها می‌شود (۱۱۹). مطالعات زیادی ویتامین C را به عنوان یک محافظ عصبی در برابر تخریب عصبی گلوتامات معرفی می‌کنند (۱۲۰). ویتامین C جذب داروی لوودوپا<sup>۳۱</sup> را به‌طور قابل توجهی در بیماران مبتلا به پارکینسون بهبود می‌بخشد. بنابراین، درمان ترکیبی ویتامین C با لوودوپا ممکن است نتیجه بهتری نسبت به درمان به تنهایی داشته باشد (۱۲۱). مصرف ویتامین C در رژیم غذایی به طور قابل توجهی خطر ابتلا به پارکینسون را کاهش می‌دهد (۱۲۲). با این حال، هنوز در مورد استفاده از ویتامین C برای درمان پارکینسون اختلاف نظر وجود دارد و مطالعات بیشتری مورد نیاز است (۲۶).

### نقش ویتامین D در بیماری پارکینسون

علی‌رغم تلاش‌های محققین در اثبات ارتباط میان ویتامین D و بیماری پارکینسون، هنوز مشخص نیست که کمبود ویتامین D علت پارکینسون است یا پیامد پارکینسون (۱۲۳). عدم تعادل در هموستاز ویتامین D منجر به تجمع سینوکلئین و اختلال در انتقال عصبی در مغز می‌شود (۱۲۴). با قرار گرفتن در معرض اشعه ماوراء بنفش سطح ویتامین D در بدن افزایش می‌یابد (۱۲۵). تراکم استخوان به طور مستقیم با غلظت ویتامین D و در نتیجه ثبات وضعیتی بدن مرتبط است (۱۲۶). با این حال، نقش ویتامین D در مغز کمتر شناخته شده است. کلسیتریول<sup>۳۲</sup> (۱،۲۵- دی هیدروکسی ویتامین D3) یک متابولیت فعال و مورد مطالعه‌ترین شکل ویتامین D است (۱۲۷). در مقایسه با افراد سالم، بیماران مبتلا به پارکینسون غلظت بسیار کمتری از کلسیتریول در پلاسما، خون خود دارند (۱۲۸). گیرنده کلسیتریول در سیستم عصبی مرکزی بیان می‌شود (۱۲۹). بنابراین، ویتامین D اثرات خود را در بیماری پارکینسون از طریق کلسیتریول و گیرنده‌های مرتبط موجود در سیستم عصبی مرکزی می‌گذارد (۱۳۰). مطالعاتی وجود دارند که ویتامین D را به عنوان مسؤل علائم برگشت پذیر پارکینسونیسم<sup>۳۳</sup> نشان می‌دهند (۱۳۱، ۱۳۲). علی‌رغم رابطه‌ی عکس بین سطوح ویتامین D و شدت بیماری پارکینسون، نیاز به مطالعات بیشتری برای توجیه پتانسیل درمانی آن وجود دارد (۱۳۳، ۱۳۴).

### نقش ویتامین E در بیماری پارکینسون

<sup>۳۱</sup> levodopa

<sup>۳۲</sup> Calcitriol

<sup>۳۳</sup> Parkinsonism

ویتامین‌ها بر عملکرد مغز در بیماری‌های نورودژنراتیو تأثیر منفی می‌گذارد. کمبود این ویتامین‌ها منجر به تحریک فرآیندهای غیرطبیعی مانند استرس اکسیداتیو، اختلال عملکرد میتوکندری، بقای نورون‌ها و تخریب عصبی در نواحی مختلف مغز می‌شود. تقریباً همه ویتامین‌ها از نظر بالینی بررسی شده‌اند و تعداد کمی از آن‌ها (به ویژه ویتامین B6, B9, B12, D و E) کیفیت زندگی را در بیماران مبتلا به بیماری‌های نورودژنراتیو بهبود می‌بخشند. برای دستیابی به نتایج بهتر باید اثرات ترکیبی از ویتامین‌ها به تنهایی یا همراه با سایر ترکیبات بررسی شود. درمان بیماری‌های نورودژنراتیو مبتنی بر ویتامین‌ها می‌تواند با موفقیت در عمل به‌کارگرفته شود، اگرچه هنوز تحقیقات بیشتری در مورد عملکرد خاص ویتامین‌ها و مداخله آن‌ها در پاتوژنز بیماری‌های نورودژنراتیو مورد نیاز است.

در پیشرفت بیماری‌های عصبی هستند (۶). به این ترتیب، ترکیباتی که دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد التهابی هستند محافظت عصبی قابل توجهی را نشان می‌دهند. در سال‌های اخیر، مطالعات نقش مفیدی را برای ویتامین‌ها در محافظت از بیماری‌های سیستم عصبی مرکزی مخصوصاً بیماری‌های نورودژنراتیو نشان داده‌اند (۱۴۳). بیشتر ویتامین‌ها به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی مورد بررسی قرار گرفتند که یکی از نشانه‌های پاتولوژیک اصلی بیماری‌های نورودژنراتیو، یعنی استرس اکسیداتیو را هدف قرار می‌دهند و از تولید رادیکال‌های آزاد جلوگیری می‌کنند. بیماری‌های پارکینسون و آلزایمر از جمله مهم‌ترین بیماری‌های نورودژنراتیو در انسان هستند. هر ویتامین در این بیماری‌ها عملکرد متفاوتی دارد و در چندین مسیر پاتولوژیک عمل می‌کند. چندین ویتامین در مغز سنتز می‌شوند که نقش‌های فیزیولوژیکی متعددی دارند و کمبود این

### منابع

- Barnes DE, Yaffe K. The projected effect of risk factor reduction on Alzheimer's disease prevalence. *The Lancet Neurology*. 2011; 10(9): 819-28.
- MODARRES MSM, Ghaemi A, GHADIRI T, MOHAMMAD SS. Application of patient-specific induced Pluripotent Stem cells produced by somatic cells reprogramming for treatment of neurodegenerative diseases. 2013.
- Rajabi S, Noori S, Zal F, Jahanbazi Jahan-Abad A. Oxidative stress and its different roles in neurodegenerative diseases. *Neurosci J Shafaye Khatam*. 2017; 5(1): 73-86.
- Seshadri S, Wolf PA. Lifetime risk of stroke and dementia: current concepts, and estimates from the Framingham Study. *The Lancet Neurology*. 2007; 6(12): 1106-14.
- Mehmood A, Maqsood M, Bashir M, Shuyuan Y. A deep Siamese convolution neural network for multi-class classification of Alzheimer disease. *Brain sciences*. 2020; 10(2): 84.
- Bargi R, Salmani H, Asgharzadeh Yazdi F, Hosseini M. Inflammation and the brain disorders: a review. *The Neuroscience Journal of Shafaye Khatam*. 2017; 5(3): 68-82.
- Rezaee Z, Marandi SM, Alaei H, Esfarjani F. Molecular Mechanisms of Parkinson's Disease. *The Neuroscience Journal of Shafaye Khatam*. 2019; 8(1): 120-8.
- Rezaee Z. The Effect of Exercise on Parkinson's Disease. *The Neuroscience Journal of Shafaye Khatam*. 2020; 9(1): 189-99.
- Hwang O. Role of oxidative stress in Parkinson's disease. *Experimental neurobiology*. 2013; 22(1): 11.
- Bender DA. Nutritional biochemistry of the vitamins: Cambridge university press; 2003.
- Darnton-Hill I. Public health aspects in the prevention and control of vitamin deficiencies. *Current Developments in Nutrition*. 2019; 3(9): nzz075.
- Shenkin A. Micronutrients in health and disease. *Postgraduate medical journal*. 2006; 82(971): 559-67.
- Shao A, Drewnowski A, Willcox D, Krämer L, Lausted C, Eggersdorfer M, et al. Optimal nutrition and the ever-changing dietary landscape: a conference report. *European journal of nutrition*. 2017; 56(1): 1-21.
- Sies H, Stahl W, Sundquist AR. Antioxidant functions of vitamins: Vitamins E and C, Beta-Carotene, and other carotenoids a. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1992; 669(1): 7-20.
- Ravisankar P, Reddy AA, Nagalakshmi B, Koushik OS, Kumar BV, Anvith PS. The comprehensive review on fat soluble vitamins. *IOSR Journal of Pharmacy*. 2015; 5(11): 12-28.
- Huskinson E, Maggini S, Ruf M. The influence of micronutrients on cognitive function and performance. *Journal of international medical research*. 2007; 35(1): 1-19.
- Malinin NL, West XZ, Byzova TV. Oxidation as the stress of life". *Aging (Albany NY)*. 2011; 3(9): 906.
- Albahrani AA, Greaves RF. Fat-soluble vitamins: clinical indications and current challenges for chromatographic measurement. *The Clinical Biochemist Reviews*. 2016; 37(1): 27.
- Goncalves A, Roi S, Nowicki M, Dhaussy A, Huertas A, Amiot M-J, et al. Fat-soluble vitamin intestinal absorption: absorption sites in the intestine and interactions for absorption. *Food Chemistry*. 2015; 172: 155-60.

20. Huang Z, Liu Y, Qi G, Brand D, Zheng SG. Role of vitamin A in the immune system. *Journal of clinical medicine*. 2018; 7(9): 258.
21. Di Rosa M, Malaguarnera M, Nicoletti F, Malaguarnera L. Vitamin D3: a helpful immunomodulator. *Immunology*. 2011; 134(2): 123-39.
22. Lee GY, Han SN. The role of vitamin E in immunity. *Nutrients*. 2018; 10(11): 1614.
23. Gröber U, Reichrath J, Holick M, Kisters K. Vitamin K: an old vitamin in a new perspective. *Dermato-endocrinology*. 2014; 6(1): e968490.
24. Rai SN, Singh P, Steinbusch HW, Vamanu E, Ashraf G, Singh MP. The role of vitamins in neurodegenerative disease: An update. *Biomedicines*. 2021; 9(10): 1284.
25. Lykšstad J, Sharma S. *Biochemistry, Water Soluble Vitamins*. 2019.
26. Zhao X, Zhang M, Li C, Jiang X, Su Y, Zhang Y. Benefits of Vitamins in the Treatment of Parkinson's Disease. *Oxidative medicine and cellular longevity*. 2019; 2019.
27. Kennedy DO. B vitamins and the brain: mechanisms, dose and efficacy—a review. *Nutrients*. 2016; 8(2): 68.
28. Fattal-Valevski A. Thiamine (vitamin B1). *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*. 2011; 16(1): 12-20.
29. Nematgorgani S, Gholi Z, Jahromi SR, Togha M, Karimzadeh F. The effect of vitamins b on improving the symptoms of migraine: An overview. *The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam*. 2020; 8(2): 119-29.
30. Buehler BA. Vitamin B2: riboflavin. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*. 2011; 16(2): 88-90.
31. Gasperi V, Sibilano M, Savini I, Catani MV. Niacin in the central nervous system: an update of biological aspects and clinical applications. *International journal of molecular sciences*. 2019; 20(4): 974.
32. Miller JW, Rucker RB. Pantothenic acid. *Present knowledge in nutrition: Elsevier*; 2020. p. 273-87.
33. Mikkelsen K, Apostolopoulos V. Vitamin B1, B2, B3, B5, and B6 and the immune system. *Nutrition and immunity: Springer*; 2019. p. 115-25.
34. Anastassakis K. Vit B7 (Vit H, Biotin, Coenzyme R). *Androgenetic Alopecia From A to Z: Springer*; 2022. p. 321-7.
35. Naderi N, House JD. Recent developments in folate nutrition. *Advances in food and nutrition research*. 2018; 83: 195-213.
36. Kumar N. Neurologic aspects of cobalamin (B12) deficiency. *Handbook of clinical neurology*. 2014; 120: 915-26.
37. Abdullah M, Jamil RT, Attia FN. Vitamin C (ascorbic acid). *StatPearls [Internet]: StatPearls Publishing*; 2022.
38. Serrano-Pozo A, Frosch MP, Masliah E, Hyman BT. Neuropathological alterations in Alzheimer disease. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*. 2011; 1(1): a006189.
39. DeTure MA, Dickson DW. The neuropathological diagnosis of Alzheimer's disease. *Molecular neurodegeneration*. 2019; 14(1): 1-18.
40. Lacoŝta A-M, Insua D, Badi H, Pesini P, Sarasa M. Neurofibrillary tangles of A $\beta$  x-40 in Alzheimer's disease brains. *Journal of Alzheimer's Disease*. 2017; 58(3): 661-7.
41. Khaledi S, Ahmadi S. Amyloid Beta and Tau: from Physiology to Pathology in Alzheimer's disease. *Shefaye Khatam*. 2016; 4(4): 67-88.
42. da Silva SL, Vellas B, Elemans S, Luchsinger J, Kamphuis P, Yaffe K, et al. Plasma nutrient status of patients with Alzheimer's disease: systematic review and meta-analysis. *Alzheimer's & Dementia*. 2014; 10(4): 485-502.
43. Gibson GE, Peterson C. Aging decreases oxidative metabolism and the release and synthesis of acetylcholine. *J Neurochem*. 1981; 37(4): 978-84.
44. Mann P, Quaŝtel J. Vitamin B1 and acetylcholine formation in isolated brain. *Nature*. 1940; 145(3683): 856-7.
45. Wu F, Xu K, Liu L, Zhang K, Xia L, Zhang M, et al. Vitamin B12 enhances nerve repair and improves functional recovery after traumatic brain injury by inhibiting ER stress-induced neuron injury. *Frontiers in Pharmacology*. 2019: 406.
46. Burns A, Bernabei R, Bullock R, Jentoft AJC, Frölich L, Hock C, et al. Safety and efficacy of galantamine (Reminyl) in severe Alzheimer's disease (the SERAD study): a randomised, placebo-controlled, double-blind trial. *The Lancet Neurology*. 2009; 8(1): 39-47.
47. Kook S, Lee K, Kim Y, Cha M, Kang S, Baik S, et al. High-dose of vitamin C supplementation reduces amyloid plaque burden and ameliorates pathological changes in the brain of 5XFAD mice. *Cell death & disease*. 2014; 5(2): e1083-e.
48. Paleologos M, Cumming RG, Lazarus R. Cohort study of vitamin C intake and cognitive impairment. *Am J Epidemiol*. 1998; 148(1): 45-50.
49. Dursun E, Alayliođlu M, Bilgiç B, Hanađası H, Lohmann E, Atasoy IL, et al. Vitamin D deficiency might pose a greater risk for ApoE $\epsilon$ 4 non-carrier Alzheimer's disease patients. *Neurological Sciences*. 2016; 37(10): 1633-43.
50. Tönnies E, Trushina E. Oxidative stress, synaptic dysfunction, and Alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's Disease*. 2017; 57(4): 1105-21.
51. Tan BL, Norhaizan ME, Liew W-P-P, Sulaiman Rahman H. Antioxidant and oxidative stress: a mutual interplay in age-related diseases. *Frontiers in pharmacology*. 2018; 9: 1162.
52. Alipour F, Haghighi MB, Mojdeh HP. The Role of Stem Cell Therapy in Alzheimer's Disease. *The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam*. 2016; 4(2): 87-97.
53. Massaad CA, Klann E. Reactive oxygen species in the regulation of synaptic plasticity and memory. *Antioxidants & redox signaling*. 2011; 14(10): 2013-54.
54. de Wilde MC, Vellas B, Girault E, Yavuz AC, Sijben JW. Lower brain and blood nutrient status in Alzheimer's disease: Results from meta-analyses. *Alzheimer's & Dementia: Translational Research & Clinical Interventions*. 2017; 3(3): 416-31.
55. Zandi PP, Anthony JC, Khachaturian AS, Stone SV, Gustafson D, Tschanz JT, et al. Reduced risk of Alzheimer disease in users of antioxidant vitamin supplements: the Cache County Study. *Archives of neurology*. 2004; 61(1): 82-8.

56. Yuan C, Fondell E, Ascherio A, Okereke OI, Grodstein F, Hofman A, et al. Long-term intake of dietary carotenoids is positively associated with late-life subjective cognitive function in a prospective study in US women. *The Journal of nutrition*. 2020; 150(7): 1871-9.
57. Endres K. Retinoic Acid and the Gut Microbiota in Alzheimer's Disease: Fighting Back-to-Back? *Current Alzheimer Research*. 2019; 16(5): 405-17.
58. Ishii M, Kamel H, Iadecola C. Retinol binding protein 4 levels are not altered in preclinical Alzheimer's disease and not associated with cognitive decline or incident dementia. *Journal of Alzheimer's Disease*. 2019; 67(1): 257-63.
59. Wołoszynowska-Fraser MU, Kouchmeshky A, McCaffery P. Vitamin A and retinoic acid in cognition and cognitive disease. *Annual review of nutrition*. 2020; 40: 247-72.
60. Sommer A, West KP. Vitamin A deficiency: health, survival, and vision: Oxford University Press, USA; 1996.
61. Maden M. Retinoic acid in the development, regeneration and maintenance of the nervous system. *Nature Reviews Neuroscience*. 2007; 8(10): 755-65.
62. Corcoran JP, So PL, Maden M. Disruption of the retinoid signalling pathway causes a deposition of amyloid  $\beta$  in the adult rat brain. *European Journal of Neuroscience*. 2004; 20(4): 896-902.
63. Zeng J, Chen L, Wang Z, Chen Q, Fan Z, Jiang H, et al. Marginal vitamin A deficiency facilitates Alzheimer's pathogenesis. *Acta Neuropathologica*. 2017; 133(6): 967-82.
64. Organization WH. Global prevalence of vitamin A deficiency in populations at risk 1995-2005: WHO global database on vitamin A deficiency. 2009.
65. Jama JW, Launer LJ, Witteman J, Den Breeijen J, Breteler M, Grobbee D, et al. Dietary antioxidants and cognitive function in a population-based sample of older persons: the Rotterdam Study. *American journal of epidemiology*. 1996; 144(3): 275-80.
66. Reinhardt S, OW Grimm M, Stahlmann C, Hartmann T, Shudo K, Tomita T, et al. Rescue of hypovitaminosis a induces non-amyloidogenic amyloid precursor protein (APP) processing. *Current Alzheimer Research*. 2016; 13(11): 1277-89.
67. Rao A, Balachandran B. Role of oxidative stress and antioxidants in neurodegenerative diseases. *Nutritional neuroscience*. 2002; 5(5): 291-309.
68. Dauncey MJ. Genomic and epigenomic insights into nutrition and brain disorders. *Nutrients*. 2013; 5(3): 887-914.
69. Bottiglieri T. Homocysteine and folate metabolism in depression. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*. 2005; 29(7): 1103-12.
70. Refsum H, Ueland PM. Clinical significance of pharmacological modulation of homocysteine metabolism. *Trends in Pharmacological Sciences*. 1990; 11(10): 411-6.
71. Smith AD. The worldwide challenge of the dementias: a role for B vitamins and homocysteine? *Food and nutrition bulletin*. 2008; 29(2\_suppl1): S143-S72.
72. Douaud G, Refsum H, de Jager CA, Jacoby R, E. Nichols T, Smith SM, et al. Preventing Alzheimer's disease-related gray matter atrophy by B-vitamin treatment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2013; 110(23): 9523-8.
73. Zhang D-M, Ye J-X, Mu J-S, Cui X-P. Efficacy of vitamin B supplementation on cognition in elderly patients with cognitive-related diseases: a systematic review and meta-analysis. *Journal of geriatric psychiatry and neurology*. 2017; 30(1): 50-9.
74. Durga J, van Boxtel MP, Schouten EG, Kok FJ, Jolles J, Katan MB, et al. Effect of 3-year folic acid supplementation on cognitive function in older adults in the FACIT trial: a randomised, double blind, controlled trial. *The Lancet*. 2007; 369(9557): 208-16.
75. Ford AH, Almeida OP. Effect of vitamin B supplementation on cognitive function in the elderly: a systematic review and meta-analysis. *Drugs & aging*. 2019; 36(5): 419-34.
76. Ford AH, Almeida OP. Effect of homocysteine lowering treatment on cognitive function: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Alzheimer's Disease*. 2012; 29(1): 133-49.
77. Lu'o'ng Kvq, Nguyễn LTH. Role of thiamine in Alzheimer's disease. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias®*. 2011; 26(8): 588-98.
78. Meng H, Li Y, Zhang W, Zhao Y, Niu X, Guo J. The relationship between cognitive impairment and homocysteine in a B12 and folate deficient population in China: A cross-sectional study. *Medicine*. 2019; 98(47).
79. Ulusu NN, Yilmaz G, Erbayraktar Z, Evlice AT, Aras S, Yener G, et al. A Turkish 3-center study evaluation of serum folic acid and vitamin B12 levels in Alzheimer disease. *Turkish journal of medical sciences*. 2015; 45(5): 1159-66.
80. Rafiee S, Asadollahi K, Riazi G, Ahmadian S, Saboury AA. Vitamin B12 inhibits tau fibrillation via binding to cysteine residues of tau. *ACS chemical neuroscience*. 2017; 8(12): 2676-82.

81. Lanyau-Domínguez Y, Macías-Matos C, Llibre-Rodríguez JdJ, Pita-Rodríguez GM, Suárez-Medina R, Quintero-Alejo ME, et al. Levels of vitamins and homocysteine in older adults with Alzheimer disease or mild cognitive impairment in cuba. *MEDICC review*. 2021; 22: 40-7.
82. Chen H, Liu S, Ji L, Wu T, Ji Y, Zhou Y, et al. Folic acid supplementation mitigates Alzheimer's disease by reducing inflammation: a randomized controlled trial. *Mediators of inflammation*. 2016; 2016.
83. Banerjee A, Khemka VK, Ganguly A, Roy D, Ganguly U, Chakrabarti S. Vitamin D and Alzheimer's disease: neurocognition to therapeutics. *International Journal of Alzheimer's Disease*. 2015; 2015.
84. Holick M. Vitamin D and brain health: the need for vitamin D supplementation and sensible sun exposure. *Wiley Online Library*; 2015. p. 90-3.
85. Diesel B, Radermacher J, Bureik M, Bernhardt R, Seifert M, Reichrath Jr, et al. Vitamin D3 metabolism in human glioblastoma multiforme: functionality of CYP27B1 splice variants, metabolism of calcidiol, and effect of calcitriol. *Clinical Cancer Research*. 2005; 11(15): 5370-80.
86. Neveu I, Naveilhan P, Mena C, Wion D, Brachet P, Garabedian M. Synthesis of 1, 25-dihydroxyvitamin D3 by rat brain macrophages in vitro. *Journal of neuroscience research*. 1994; 38(2): 214-20.
87. Brown J, Bianco JI, McGrath JJ, Eyles DW. 1, 25-dihydroxyvitamin D3 induces nerve growth factor, promotes neurite outgrowth and inhibits mitosis in embryonic rat hippocampal neurons. *Neuroscience letters*. 2003; 343(2): 139-43.
88. Budni J, Belletini-Santos T, Mina F, Garcez ML, Zugno AI. The involvement of BDNF, NGF and GDNF in aging and Alzheimer's disease. *Aging and disease*. 2015; 6(5): 331.
89. Calissano P, Matrone C, Amadoro G. Nerve growth factor as a paradigm of neurotrophins related to Alzheimer's disease. *Developmental neurobiology*. 2010; 70(5): 372-83.
90. Khaledi S, Ahmadi S. Cellular and molecular mechanisms of vitamin D deficiency in aging and Alzheimer's disease. *The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam*. 2020; 8(3): 97-110.
91. La Fata G, Weber P, Mohajeri MH. Effects of vitamin E on cognitive performance during ageing and in Alzheimer's disease. *Nutrients*. 2014; 6(12): 5453-72.
92. Browne D, McGuinness B, Woodside JV, McKay GJ. Vitamin E and Alzheimer's disease: what do we know so far? *Clinical interventions in aging*. 2019; 14: 1303.
93. Gugliandolo A, Bramanti P, Mazzon E. Role of vitamin E in the treatment of Alzheimer's disease: Evidence from animal models. *International Journal of Molecular Sciences*. 2017; 18(12): 2504.
94. Bhatti AB, Usman M, Ali F, Satti SA. Vitamin supplementation as an adjuvant treatment for Alzheimer's disease. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*. 2016; 10(8): OE07.
95. Barichella M, Garri F, Caronni S, Bolliri C, Zocchi L, Macchione MC, et al. Vitamin D Status and Parkinson's Disease. *Brain Sciences*. 2022; 12(6): 790.
96. Vazifekkhah S, Karimzadeh F. Parkinson Disease: from Pathophysiology to the Animal Models. *The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam*. 2016; 4(3): 91-102.
97. Ahmadi M, Sharifi MS. Treatments of Parkinson's disease, Epilepsy and obsessive compulsive disorder with deep brain stimulation. *Shefaye Khatam*. 2014; 2(1): 95-100.
98. Zhang S, Hernan M, Chen H, Spiegelman D, Willett W, Ascherio A. Intakes of vitamins E and C, carotenoids, vitamin supplements, and PD risk. *Neurology*. 2002; 59(8): 1161-9.
99. Dias V, Junn E, Mouradian MM. The role of oxidative stress in Parkinson's disease. *Journal of Parkinson's disease*. 2013; 3(4): 461-91.
100. Al Tanoury Z, Piskunov A, Rochette-Egly C. Vitamin A and retinoid signaling: genomic and nongenomic effects: thematic review series: fat-soluble vitamins: vitamin A. *Journal of lipid research*. 2013; 54(7): 1761-75.
101. Janesick A, Wu SC, Blumberg B. Retinoic acid signaling and neuronal differentiation. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 2015; 72(8): 1559-76.
102. Moretti R, Caruso P. The controversial role of homocysteine in neurology: from labs to clinical practice. *International journal of molecular sciences*. 2019; 20(1): 231.
103. Saadat P, Ahmadi Ahangar A, Samaei SE, Firozjaie A, Abbaspour F, Khafri S, et al. Serum homocysteine level in parkinson's disease and its association with duration, cardinal manifestation, and severity of disease. *Parkinson's Disease*. 2018; 2018.
104. Rozycka A, Jagodzinski P, Kozubski W, Lianeri M, Dorszewska J. Homocysteine Level and Mechanisms of Injury in Parkinson's Disease as Related to MTHFR, MTR, and MTHFD1 Genes Polymorphisms and LDopa Treatment. *Current genomics*. 2013; 14(8): 534-42.
105. Markišić M, Pavlović AM, Pavlović DM. The impact of homocysteine, vitamin B12, and vitamin D levels on functional outcome after first-ever ischaemic

- stroke. *BioMed research international*. 2017; 2017.
106. Kumar A, Palfrey HA, Pathak R, Kadowitz PJ, Gettys TW, Murthy SN. The metabolism and significance of homocysteine in nutrition and health. *Nutrition & metabolism*. 2017; 14(1): 1-12.
107. Maruyama K, Eshak ES, Kinuta M, Nagao M, Cui R, Imano H, et al. Association between vitamin B group supplementation with changes in% flow-mediated dilatation and plasma homocysteine levels: a randomized controlled trial. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*. 2019; 64(3): 243-9.
108. Franco-Iborra S, Vila M, Perier C. Mitochondrial quality control in neurodegenerative diseases: focus on Parkinson's disease and Huntington's disease. *Front. Neurosci*. 12 (2018) 342. 2018.
109. Marashly ET, Bohlega SA. Riboflavin has neuroprotective potential: focus on Parkinson's disease and migraine. *Frontiers in neurology*. 2017; 8: 333.
110. Brito A, Grapov D, Fahrman J, Harvey D, Green R, Miller JW, et al. The human serum metabolome of vitamin B-12 deficiency and repletion, and associations with neurological function in elderly adults. *The Journal of Nutrition*. 2017; 147(10): 1839-49.
111. Shen L. Associations between B vitamins and Parkinson's disease. *Nutrients*. 2015; 7(9): 7197-208.
112. De Lau L, Koudstaal P, Wittman J, Hofman A, Breteler M. Dietary folate, vitamin B12, and vitamin B6 and the risk of Parkinson disease. *Neurology*. 2006; 67(2): 315-8.
113. Dietiker C, Kim S, Zhang Y, Christine CW, Investigators NN-P. Characterization of vitamin B12 supplementation and correlation with clinical outcomes in a large longitudinal study of early Parkinson's disease. *Journal of movement disorders*. 2019; 12(2): 91.
114. Kennedy DO, editor power foods for the brain. *Cerebrum: the Dana Forum on Brain Science*; 2015: Dana Foundation.
115. Luong Kv, Nguyễn LT. The beneficial role of thiamine in Parkinson disease. *CNS neuroscience & therapeutics*. 2013; 19(7): 461-8.
116. Costantini A, Fancellu R. An open-label pilot study with high-dose thiamine in Parkinson's disease. *Neural Regeneration Research*. 2016; 11(3): 406.
117. Håglin L, Johansson I, Forsgren L, Bäckman L. Intake of vitamin B before onset of Parkinson's disease and atypical parkinsonism and olfactory function at the time of diagnosis. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2017; 71(1): 97-102.
118. Grosso G, Bei R, Mištretta A, Marventano S, Calabrese G, Masuelli L, et al. Effects of vitamin C on health: a review of evidence. *Front Biosci (Landmark Ed)*. 2013; 18(3): 1017-29.
119. Park H-A, Ellis AC. Dietary antioxidants and Parkinson's disease. *Antioxidants*. 2020; 9(7): 570.
120. Shah SA, Yoon GH, Kim H-O, Kim MO. Vitamin C neuroprotection against dose-dependent glutamate-induced neurodegeneration in the postnatal brain. *Neurochem Res*. 2015; 40(5): 875-84.
121. Nagayama H, Hamamoto M, Ueda M, Nito C, Yamaguchi H, Katayama Y. The effect of ascorbic acid on the pharmacokinetics of levodopa in elderly patients with Parkinson disease. *Clinical neuropharmacology*. 2004; 27(6): 270-3.
122. Hughes KC, Gao X, Kim IY, Rimm EB, Wang M, Weisskopf MG, et al. Intake of antioxidant vitamins and risk of Parkinson's disease. *Movement Disorders*. 2016; 31(12): 1909-14.
123. Nguyễn LTH. Roles of vitamin D in amyotrophic lateral sclerosis: possible genetic and cellular signaling mechanisms. *Molecular Brain*. 2013; 6(1): 1-12.
124. Gold J, Shoaib A, Gorthy G, Grossberg GT. The role of vitamin D in cognitive disorders in older adults. *US Neurology*. 2018; 14(1): 41-6.
125. Shrestha S, Lutsey PL, Alonso A, Huang X, Mosley Jr TH, Chen H. Serum 25-hydroxyvitamin D concentrations in Mid-adulthood and Parkinson's disease risk. *Movement Disorders*. 2016; 31(7): 972-8.
126. Sleeman I, Aspray T, Lawson R, Coleman S, Duncan G, Khoo TK, et al. The role of vitamin D in disease progression in early Parkinson's disease. *Journal of Parkinson's disease*. 2017; 7(4): 669-75.
127. Brandi M. Indications on the use of vitamin D and vitamin D metabolites in clinical phenotypes. *Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism*. 2010; 7(3): 243.
128. Sunycz JA. The use of calcium and vitamin D in the management of osteoporosis. *Therapeutics and clinical risk management*. 2008; 4(4): 827.
129. Rimmelzwaan LM, van Schoor NM, Lips P, Berendse HW, Eekhoff EM. Systematic review of the relationship between vitamin D and Parkinson's disease. *Journal of Parkinson's disease*. 2016; 6(1): 29-37.
130. Anjum I, Jaffery SS, Fayyaz M, Samoo Z, Anjum S. The role of vitamin D in brain health: a mini literature review. *Cureus*. 2018; 10(7).
131. Fullard ME, Duda JE. A review of the

relationship between vitamin D and Parkinson disease symptoms. *Frontiers in neurology*. 2020; 11: 454.

132. Chatterjee R, Chatterjee K, Sen C. Reversible parkinsonism due to vitamin D toxicity. *Journal of Neurosciences in Rural Practice*. 2017; 8(02): 305-6.

133. Luo X, Ou R, Dutta R, Tian Y, Xiong H, Shang H. Association between serum vitamin D levels and Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Neurology*. 2018; 9: 909.

134. Luthra NS, Kim S, Zhang Y, Christine CW. Characterization of vitamin D supplementation and clinical outcomes in a large cohort of early Parkinson's disease. *Journal of clinical movement disorders*. 2018; 5(1): 1-5.

135. Rizvi S, Raza ST, Ahmed F, Ahmad A, Abbas S, Mahdi F. The role of vitamin E in human health and some diseases. *Sultan Qaboos University Medical Journal*. 2014; 14(2): e157.

136. Schirinzi T, Martella G, Imbriani P, Di Lazzaro G, Franco D, Colona VL, et al. Dietary Vitamin E as a protective factor for Parkinson's disease: clinical and experimental evidence. *Frontiers in Neurology*. 2019; 10: 148.

137. Ricciarelli R, Argellati F, Pronzato MA, Domenicotti C. Vitamin E and neurodegenerative diseases. *Molecular aspects of medicine*. 2007; 28(5-6): 591-606.

138. Fahn S. A pilot trial of high-dose alpha-

tocopherol and ascorbate in early Parkinson's disease. *Annals of Neurology: Official Journal of the American Neurological Association and the Child Neurology Society*. 1992; 32(S1): S128-S32.

139. Vatassery GT, Fahn S, Kuskowski MA. Alpha tocopherol in CSF of subjects taking high-dose vitamin E in the DATATOP study. *Neurology*. 1998; 50(6): 1900-2.

140. Molina J, De Bustos F, Jiménez-Jiménez F, Benito-León J, Ortí-Pareja M, Gasallo T, et al. Cerebrospinal fluid levels of alpha-tocopherol (vitamin E) in Parkinson's disease. *Journal of neural transmission*. 1997; 104(11): 1287-93.

141. Conrad GD. Is Ginkgo biloba and/or a Multivitamin-multimineral Supplement a Therapeutic Option for Parkinson's Disease? A Case Report. *Global Advances in Health and Medicine*. 2014; 3(4): 43-4.

142. Yu Y-X, Yu X-D, Cheng Q-z, Tang L, Shen M-Q. The association of serum vitamin K2 levels with Parkinson's disease: from basic case-control study to big data mining analysis. *Aging (Albany NY)*. 2020; 12(16): 16410.

143. Di Somma C, Scarano E, Barrea L, Zhukouskaya VV, Savastano S, Mele C, et al. Vitamin D and neurological diseases: an endocrine view. *International journal of molecular sciences*. 2017; 18(11): 2482.