



نقش عوامل تروفيکی

در سازگاری های عصبی - عضلانی

به فعالیت بدنی

مؤلفان:

دکتر رضا فراخانلو

(عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس)

دکتر رسول اسلامی

(عضو هیئت علمی دانشگاه علامه طباطبائی)

سرشناسه	: قراخانو، رضا ۱۳۳۷ -
عنوان و نام پدید آورنده	: نقش عوامل تروفیکی در سازگاری های عصبی - عضلانی به فعالیت بدنی / مؤلف رضا قراخانو، رسول اسلامی.
وضعیت ویراست	: اول
مشخصات نشر	: تهران: پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، انتشارات، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	: ۲۷۴ ص؛ مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۸۵۸-۸۸-۳
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: عوامل نوروتروفیک
موضوع	: Neurotrophic functions
موضوع	: انعطاف پذیری عصبی
موضوع	: Neuroplasticity
موضوع	: ورزش - جنبه های فیزیولوژیکی
موضوع	: Sports-Physiological aspects
موضوع	: سازگاری (فیزیولوژی)
موضوع	: Adaptation (Physiology)
موضوع	: زیست شناسی تکوینی اعصاب
موضوع	: Developmental neurobiology
شناسه افزوده	: اسلامی، رسول، ۱۳۶۴ -
شناسه افزوده	: پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی
رده بندی کنگره	: ۷۷۳/۸۵ : ۱۳۹۵ (P/ق) ۳۶۳
رده بندی دیویی	: ۵۷۳/۸۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۲۶۷۷۳۶

پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی



نقش عوامل تروفیکی در سازگاری های عصبی - عضلانی، فعالیت بدنی

تألیف: دکتر رضا قراخانو، دکتر رسول اسلامی

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۸۵۸-۸۸-۳

ناشر: پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی

شمارگان: ۱۰۰۰ نوبت چاپ: تهران، اول ۱۳۹۵ قطع: وزیری

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: نگاران قیمت: ۲۹۰/۰۰۰ ریال

تهران: خیابان مطهری، خیابان میرعماد، کوچه پنجم، پلاک ۳- کد پستی: ۱۵۸۷۹۵۸۷۱۱

تلفن: ۸۸۷۴۷۸۸۴ (۰۲۱)؛ فکس: ۸۸۷۳۹۰۹۲؛ ایمیل: info@ssrc.ac.ir؛ وبسایت: ssrc.ac.ir

کلیه حقوق برای پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری محفوظ است.

پیشگفتار

تربیت بدنی، علوم ورزشی به عنوان یک حوزه علمی دانشگاهی در سال‌های اخیر روند رو به رشدی را در تمام زمینه‌های آموزشی، پژوهشی و اجرایی داشته است. یکی از مسایل مهم مورد توجه مسئولان و برنامه‌ریزان، شناسایی، فراهم‌سازی و تقویت زمینه‌های لازم برای تولید دانش علوم ورزشی و به‌کارگیری علوم ورزشی تولید یافته در عرصه‌های ورزش قهرمانی و میادین بین‌المللی، نیز بررسی همگانی و سلامت عمومی است. به همین جهت پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، در راستای سیاست‌های علمی، آموزشی و پژوهشی خود، برای انتقال آخرین یافته‌ها به منظور توسعه و افزایش دانش و فناوری در ایران اسلامی بنیان نهاده شده، در نظر دارد با فراهم کردن بستر مناسب برای پیشبرد فعالیت‌های پژوهشی و نیز ارتقاء سطح علمی، فرهنگی و کمک به تنفیق علمی، عملی، گامی مؤثر در رفع نیازهای علمی ورزش کشور بردارد. در این راستا، پژوهشگاه اقدام به انتشار کتاب‌های علمی- ورزشی - تخصصی برگرفته از تلاش‌های متخصصان، محققان و دانش‌آموختگان تربیت بدنی و علوم ورزشینموده است. امید است با انتشار این گونه کتب، به فضل خداوند متعال، گام‌های مؤثری در جهت تحقق اهداف عالیه نظام جمهوری اسلامی ایران برداشته شود.

پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

رضا قراخانیلو

امروزه علوم ورزشی نیز همگام با سایر علوم با شتاب فزاینده ای رو به گسترش و پیشرفت است. در این میان مطالعه و بررسی کمی و کیفی سازگاری های عصبی-عضلانی به فعالیت بدنی از زمینه هایی است که علاقه مندان و محققین فراوانی را مجذوب خود نموده و کتب و مقالات متعددی در این حوزه به زیور طبع آراسته می شود و مهمتر آنکه نتایج تحقیقات و دستاوردهای علمی حاصله برای بهبود عملکرد قهرمانان ورزشی، تسکین دردها و بیماری ها و مقابله با عوارض پیری بکار گرفته می شوند. در این کتاب سعی شده تا موضوعات جدید و روزآمدی به پژوهشگران علاقه مند عرضه شود که زمینه تقویت و توسعه این حوزه از دانش را در کشور فراهم آورد.

کتاب حاضر حاصل مطالعات، تجربیات و پژوهش هایی است که در طی چندین سال و بطور متمرکز در همین حوزه توسط همکاران اینجانب به انجام رسیده و بیش از ده رساله دکتری و پایان نامه کارشناسی ارشد در زمینه سازگاری های عصبی-عضلانی را شامل می شود که به چاپ بیش از ۲۰ مقاله در مجلات معتبر و تخصصی خارجی و داخلی منجر شده اند. در جهت رعایت حقوق این عزیزان نام آن در فهرست منابع ذکر شده است. در این میان مطالب فصل چهارم بطور کامل حاصل خدمات جناب آقای دکتر عبدالحسین پرنو می باشد که بدینوسیله از لطف ایشان تشکر می شود. این جانب که کمترین نقش را در خلق این اثر داشته ام برخود لازم میدانم به توانمندی های علمی و ماتبه والای شخصیتی تمامی این همکاران عزیز اشاره داشته و از آنان برای تلاش و مشارکت در هر یک بخشی به حوزه علمی "سازگاریهای عصبی-عضلانی در ورزش" تشکر نمایم و بطور مشخص از جناب آقای دکتر رسول اسلامی که علاوه بر تولید بخش مهمی از اطلاعات ارائه شده، نقش اصلی در گردآوری و تنظیم کل مطالب کتاب داشته اند قدردانی نموده و برای ایشان نیز آرزوی توفیق و سلامتی داشته باشم. بی تردید اعلام نظرات تکمیلی و اصلاحی خوانندگان عزیز رافع نقص ها و اشتباهات احتمالی بوده و پیشاپیش مورد تقدیر می باشد.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۱۵	
۱۷	خانواده های عوامل نوروتروفیک
۱۸	خانواده بزرگ عامل رشد عصبی (NGF)
۱۸	خانواده بزرگ عامل رشد انتقالی ($TGF-\beta$)
۱۸	خانواده بزرگ نوروکاین ها
۱۹	عوامل رشدی غیر عصبی
۲۰	منابع
۲۱	
۲۱	خانواده نوروتروفین ها
۲۱	تاریخچه و کشف نوروتروفین ها
۲۲	سیر تکامل خانواده نوروتروفین ها
۲۳	تولید و ساختار نوروتروفین ها
۲۶	گیرنده های نوروتروفین ها
۲۸	توزیع نوروتروفین ها در سیستم عصبی مرکزی (CNS)
۳۰	توزیع نوروتروفین ها در عضله اسکلتی
۳۰	عامل نوروتروفیک مشتق شده از مغز (BDNF)
۳۱	نوروتروفین-۴/۵ (NT-4/5)
۳۱	گیرنده TrkB
۳۲	گیرنده P75
۳۲	نوروتروفین ها و نوع تار عضلانی در حالت پایه
۳۴	مسیرهای سیگنالینگ نوروتروفین ها
۳۶	عملکرد فیزیولوژیک نوروتروفین ها
۳۷	تعدیل کوتاه و بلند مدت سیناپس توسط نوروتروفین ها

۳۷	 نوروتروفین ها به عنوان تنظیم کننده های سیناپسی
۴۱	 تاثیرات تحریک تروفیکی (تغذیه ای) بر تولید سیناپس
۴۳	 عملکرد NT-4/5 مشتق از عضله در سیستم عصبی عضلانی بالغ
۴۵	 نوروتروفین ها و فعالیت عصبی عضلانی
۴۷	 نوروتروفین ها و شکل پذیری وابسته به فعالیت در نخاع آسیب دیده
۴۹	 منابع:

۶۱	 فصل دوم: نوروتروفین ها و فعالیت بدنی
۶۱	 فعالیت بدنی و سازگاری های عصبی عضلانی
۶۲	 آیا بیان نوروتروفین متاثر از فعالیت عصبی عضلانی است؟
۶۸	 مطالعه موردی
۶۹	 تعدیل بیان نوروتروفین توسط فعالیت ورزشی
۶۹	 نوروتروفین-۵/۴ (NT-4/5)
۷۳	 دو نقش بالقوه برای نوروتروفین های مشتق از عضله
۷۶	 عامل نوروتروفیک مشتق از مغز (DNF)
۸۰	 گیرنده TrkB و TrkC
۸۱	 گیرنده p75
۸۵	 منابع

۹۳	 فصل سوم: هایپوکمپ، نوروتروفین ها و ورزش
۹۳	 هایپوکمپ
۹۴	 نامگذاری
۹۵	 عملکرد
۹۷	 نقش در حافظه
۹۸	 نقش حافظه فضائی و جهت یابی
۱۰۰	 آناتومی
۱۰۳	 سیر تکاملی هایپوکمپ
۱۰۵	 نقش ورزش و فعالیت بدنی
۱۰۵	 تمرین ورزشی اندازه هایپوکمپ را افزایش داده و حافظه را بهبود می بخشد

تأثیر ورزش بر پروتئین های مرتبط با شکل پذیری عصبی و متابولیسم انرژی در	
هایپوکمپ	۱۰۸
ورزش و نورونزایی در هایپوکمپ	۱۱۰
اثرات فعالیت بر یادگیری، حافظه و سطوح اپی نفرین در هایپوکمپ	۱۱۱
مکانیسم های رایج درگیر در شکل پذیری ناشی از ورزش، غنای رفتاری و یادگیری	۱۱۴
اثر فعالیت حاد و مزمن بر تعادل اکسیدانت-آنتی اکسیدانی در هایپوکمپ	۱۱۶
تأثیر فعالیت بدنی بر محافظت عصبی	۱۱۸
منابع	۱۲۲
فصل چهارم: مثالی از عامل تروفیکی: خانواده CGRP	۱۳۳
مقدمه	۱۳۳
پتید وابسته به ژن کلسیونین (CGRP)	۱۳۳
تاریخچه و کشف CGRP	۱۳۶
ایزوفرم های CGRP	۱۳۸
توزیع و اثرات بیولوژیکی CGRP	۱۴۰
توزیع CGRP در CNS	۱۴۰
CGRP و سیستم عصبی محیطی	۱۴۳
CGRP و سیستم عصبی - عضلانی	۱۴۳
CGRP و گیرنده های استیل کولین	۱۴۴
مکانیزم ارتباط CGRP و AChR	۱۴۶
CGRP و استیلکولین استراز	۱۴۶
مکانیزم عمل CGRP از طریق مسیر cAMP	۱۴۹
نقش CGRP در سیستم عصبی عضلانی بالغ	۱۵۰
توزیع CGRP در تارهای عضلانی بدن	۱۵۱
گیرنده های CGRP	۱۵۵
پروتئین های G و گیرنده های CGRP	۱۵۵
ویژگی های گیرنده های CGRP	۱۵۸
مروری بر تحقیقات مرتبط با گیرنده های CGRP	۱۷۷
CGRP و شرایط غیر طبیعی	۱۷۹

۱۸۴ منابع

۱۹۱ فصل پنجم : CGRP و فعالیت بدنی

۱۹۱ فعالیت بدنی و CGRP

۲۰۰ مقایسه تأثیرات نوع عضله و تمرینات متفاوت بر CGRP

۲۰۰ محتوای CGRP در عضلات کند و تند انقباض

۲۰۴ اثر تمرین استقامتی بر محتوای CGRP عضلانی

۲۰۶ اثر تمرین مقاومتی بر محتوای CGRP عضلانی

۲۰۷ اثر تمرین ترکیبی بر محتوای CGRP عضلانی

۲۰۸ مکانیزم های احتمالی درگیر در تغییرات محتوای CGRP

۲۰۸ نقش آسیب عضلانی ناشی از انقباضات عضلانی

۲۱۱ ارتباط تارهای عضلانی متفاوت با بخش آنها در رهایش CGRP

۲۱۳ شرایط غیر طبیعی و بیان CGRP

۲۱۴ ارتباط CGRP با سنتر ChRs و نقش تریپتیک آن

۲۱۶ ارتباط CGRP با AChE

۲۱۷ دیگر عوامل درگیر در مکانیزم عمل CGRP

۲۱۹ بیان mRNA پروتئین های RAMP1 و RCP

۲۲۵ منابع

۲۳۳ فصل ششم : عوامل تروفیکی، بیماری های عصبی-عضلانی و فعالیت بدنی

۲۳۳ بیماری ام اس (MS)

۲۳۳ معرفی بیماری ام اس (MS)

۲۳۷ نوروتروفین ها و MS

۲۳۹ فعالیت ورزشی، نوروتروفین ها و بیماری ام اس (MS)

۲۴۲ نوروپاتی دیابت

۲۴۲ معرفی نوروپاتی دیابت

۲۴۵ سبب شناسی نوروپاتی دیابت

۲۴۵ نقش نوروتروفین ها در نوروپاتی دیابت

۲۴۶ اختلال در انتقال آکسونی نوروتروفین ها در نوروپاتی دیابت

۲۴۷	 مکانیسم های احتمالی اثر نوروتروفین ها در نوروپاتی دیابت
۲۴۹	 بیماری آلزایمر
۲۴۹	 معرفی بیماری آلزایمر
۲۵۰	 عوامل خطرزای بیماری آلزایمر
۲۵۱	 نقش نوروتروفین ها در بیماری آلزایمر
۲۵۴	 فعالیت بدنی و آلزایمر
۲۵۵	 تاثیرات بالقوه فعالیت های ورزشی در بیماران آلزایمری
۲۵۵	 فوائد متابولیک و نوروپاتولوژیک ورزش در بیماران آلزایمری
۲۵۶	 فوائد بالقوه ورزش در مورد عوارض مرتبط با آلزایمر
۲۵۷	 تاثیرات افزوده فعالیت ورزشی در افراد آلزایمری
۲۵۸	 منابع

عوامل نوروتروفیک^۱ (NTFs) پپتیدهای قابل انتشاری هستند که از نورون‌ها و سلول‌های تحت حمایت آنها ترشح می‌شوند. آنها برای رشد، حفظ، ترمیم، و یا بقای جمعیت‌های نرونی ویژه عمل می‌کنند. آنها این کار را از طریق سیگنالینگ روبه عقب و به واسطه مکانیسم‌های اتوکراین و پاراکراین انجام می‌دهند (۱). در طول رشد، عوامل نوروتروفیک بقاء نورون‌ها را ارتقاء داده، رشد آکسون را تسهیل می‌کنند و نقش مهمی را در ساخت شبکه سیناپسی طبیعی بازی می‌کنند (۱،۲). در بزرگسالی، آنها به حفظ عملکردهای عصبی و فنوتایپ‌های عصبی ویژه کمک می‌کنند (۳). مدارک مشخصی وجود دارد که خانواده‌های مختلف عوامل نوروتروفیک برای همزمان سازی و تاثیر بر یکدیگر عمل می‌کنند (۴). بنابراین، هر گونه تغییر در تولید، انتقال یا سیگنالینگ موضعی آنها می‌تواند به اختلال موضعی، جهش‌ها یا پیری منجر شود که به طور معکوس بقاء نورونی را تحت تاثیر قرار داده و موجب مرگ نورونی خواهد شد (۵،۶). بعلاوه، حجم زیادی از تحقیقات بیان می‌کنند که بعضی از عوامل نوروتروفیک شکل‌پذیری عصبی را در طول پیری و حالت‌های پاتولوژیک مانند تروما یا عصب‌زدایی تعدیل می‌کنند (۳). در حقیقت مطالعات نشان داده‌اند که کاهش ذاتی حمایت تروفیک از نورون‌ها که در اثر کاهش تولید عوامل نوروتروفیک در بافت‌های هدف اتفاق می‌افتد منجر به آسیب به پاتولوژی بیماری‌هایی با اساس عصب‌زدایی از جمله پارکینسون، آلزایمر، هانتینگتون، MS و نوروپاتی دیابت کمک کند (۷). از این رو، امروزه تحقیقات گسترده‌ای در مورد تاثیرات درمانی استفاده از عوامل نوروتروفیک در درمان بیماری‌های عصب‌زدایی در دست انجام است.

از جمله بافت‌های هدفی که در تولید بعضی از خانواده‌های عوامل نوروتروفیک فعال هستند می‌توان به عضله اسکلتی اشاره کرد. عضله اسکلتی از طریق پیوندگاه عصبی عضلانی

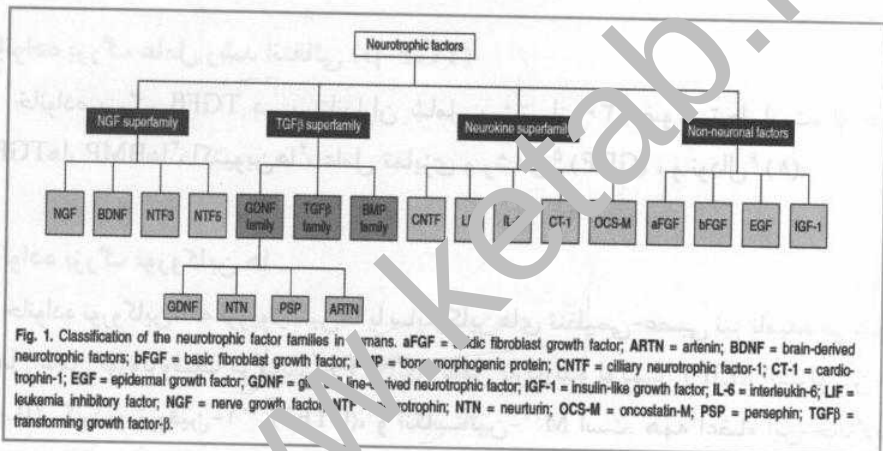
¹ -Neurotrophic factors (NTFs)

به طور دائم با سیستم عصبی در ارتباط می‌باشد و فرامین حرکتی را از آن دریافت کرده و به اجراء می‌گذارد. از این‌رو، ارتباط ناگسستنی و مادام‌العمری بین سیستم عصبی و عضله اسکلتی برقرار است که مستلزم داد و ستدهای بسیار گسترده‌ای مابین این دو بافت است. از جمله این ارتباطات می‌توان به ارتباط تروفیکی بین این دو اشاره کرد. مشخص شده است که عضله اسکلتی عوامل نوروتروفیک را در خود بیان کرده و از طریق انتقال روبه عقب آنها را به سمت نورون حرکتی انتقال می‌دهد. بنابراین، عضله اسکلتی نیز نقش بسیار عمده‌ای را در حفظ وضعیت تروفیکی نورون‌های عصبی بر عهده دارد. همان‌طور که پیش‌تر گفته شد کاهش این حمایت تروفیکی می‌تواند به بروز طیف گسترده‌ای از بیماری‌های عصبی منجر شود. از طرفی، اثر شبیه‌ای وجود داشته باشد که این حمایت تروفیک را به صورت طبیعی در بدن افزایش دهد می‌تواند به بروز این بیماری‌ها جلوگیری کرده یا تا حدودی به بهبود آنها کمک کند. فعالیت ورزشی به عنوان یکی از این روش‌ها از توان بالقوه‌ای برای افزایش این حمایت تروفیک برخوردار است. فعالیت ورزشی از طریق فعال‌سازی مداوم مسیرهای عصبی-عضلانی درگیر نیاز به این عوامل تروفیک را به صورت تدریجی بالا برده که در نهایت به بیان بیشتر این عوامل در بافت‌های هدف منجر خواهد شد. از این‌رو، فعالیت ورزشی می‌تواند به عنوان یک رویکرد فیزیولوژیک طبیعی برای افزایش حمایت تروفیک در بدن مورد توجه قرار گیرد، که در آینده می‌توان از تأثیرات بالقوه آن کمک به درمان بعضی از بیماری‌های ناشی از کاهش عوامل نوروتروفیک استفاده کرد. از این‌رو، صاحب‌نظر حاضر با معرفی عوامل نوروتروفیک و پاسخ‌ها و سازگاری‌های آنها به فعالیت‌های ورزشی افق تازه‌ای را در منظر محققانی باز کند که علاقه‌مند به تحقیق در این زمینه هستند. بنابراین، رویکرد کتاب حاضر بررسی عوامل نوروتروفیک در سیستم عصبی-عضلانی است که در زمان ورزش فعال می‌شوند یا تولید آنها در پی ورزش افزایش می‌یابد. لذا احتمال دارد که بخش‌های دیگری از بدن که بیان‌کننده این عوامل نوروتروفیک هستند در بحث این کتاب گنجانده نشده باشند. به‌علاوه، با توجه به اینکه مولفین پژوهش‌های متعددی را بر روی دو خانواده بزرگ عوامل نوروتروفیک یعنی نوروتروفین‌ها و خانواده CGRP انجام داده‌اند، در کتاب حاضر نیز سعی شده است تا بر روی این دو خانواده تأکید بیشتری شود. عوامل نوروتروفیک طیف بزرگی از عوامل را در بر می‌گیرند که پرداختن به تمام آنها در این کتاب مقدور نمی‌باشد، لذا برای آشنایی اولیه با

تمام عوامل نوروتروفیک در ادامه این بخش به معرفی مقدماتی خانواده‌های عوامل نوروتروفیک می‌پردازیم که ممکن است در متن اصلی به طور کامل مورد بررسی قرار نگرفته باشند.

خانواده‌های عوامل نوروتروفیک

عوامل نوروتروفیک (NTFs) به چندین خانواده بزرگ از ملکول‌هایی اطلاق می‌شود که به لحاظ ساختاری و عملکردی به یکدیگر مرتبط هستند: (۱) خانواده بزرگ عامل رشد عصبی^۱ (NGF)؛ (۲) خانواده بزرگ $TGF-\beta^2$ ؛ (۳) خانواده بزرگ نروکاین‌ها^۳ یا نروپوئیتین^۴؛ و (۴) عوامل رشد غیر عصبی^۵ (شکل ۱) (۸).



شکل ۱: عوامل نوروتروفیک و خانواده‌های زیرمجموعه‌های آنها

اگرچه عوامل نوروتروفیک طیف گسترده‌ای از ملکول‌ها را شامل می‌شود، اما در کتاب حاضر سعی شده است تا به آن دسته از عواملی پرداخته شود که به طور گسترده در مطالعات ورزشی

- 1 - nerve growth factor
- 2 - transforming growth factor (TGF)-β
- 3 - neurokinine
- 4 - neuropoietin
- 5 - non-neuronal growth factors

مورد بررسی قرار گرفته‌اند. با این حال در این بخش سعی شده است تا اطلاعات مختصری در مورد تمام این عوامل نوروتروفیک ارائه شود.

خانواده بزرگ عامل رشد عصبی (NGF)

خانواده بزرگ NGF در پستانداران، که اساساً نوروتروفین‌ها^۱ نامیده می‌شوند، شامل NGF، عامل نوروتروفیک مشتق از مغز^۲ (BDNF)، نوروتروفین-۳ (NT-3)، و نوروتروفین-۴/۵ (NT-۴/۵) است.^۳ دو نوروتروفین دیگر، یعنی نوروتروفین-۶ (NT-6) و نوروتروفین-۷ (NT-7)، تنها در ماهی شناسایی شده‌اند (۱۰).

خانواده بزرگ عامل رشد انتقالی (TGF-β)

خانواده بزرگ TGFβ در پستانداران شامل بیشتر از ۳۰ عضو مرتبط است، از جمله TGFβها، BMPها^۴، اکتیوین،^۵ عامل سبزی و رشدی^۵ (GDF)، و نودال^۶ (۸).

خانواده بزرگ نوروکاین‌ها

خانواده نوروکاین، که نوروپوئنتین‌ها یا سایتوکاین‌های تنظیمی-عصبی نیز نامیده می‌شوند، شامل عامل نوروتروفیک مژک‌دار^۷ (CNTF)، عامل بازآرند^۸ (LIF)، اینترلوکین-۶^۹ (IL-6)، کاردین تروفین-۱^{۱۰} (CTF1)، و آنکاستاتین-۱^{۱۱} (M^{۱۱}) است. همه اعضاء این خانواده با سایتوکاین‌ها در ارتباط هستند (۸).

¹ -neurotrophins

² -brain-derived neurotrophic factor

³ - bone morphogenic protein

⁴ - activins

⁵ - growth and differentiation factor

⁶ - Nodal

⁷ - includes ciliary neurotrophic factor

⁸ - leukemia inhibitory factor

⁹ - interleukin

¹⁰ - cardio trophin-1

¹¹ - oncostatin-M

عوامل رشدی غیر عصبی

عوامل رشدی غیر عصبی با غلظت‌های بالایی در سیستم عصبی حضور دارند و شامل عامل رشد فیبروبلاست اسیدی^۱ (aFGF) که FGF-1 نیز نامیده می‌شود، عامل رشد فیبروبلاست پایه^۲ (bFGF) که FGF-2 نیز نامیده می‌شود، عامل رشد اپی درمال^۳ (EGF)، و عوامل رشد شبه انسولین^۴ (IGFs) هستند. (۸)

^۱ - acidic fibroblast growth factor (aFGF)

^۲ - basic fibroblast growth factor (bFGF)

^۳ - epidermal growth factor (EGF)

^۴ -insulin-like growth factors (IGFs)