

۱- آمینواسیدهای تحریکی، شامل گلوتامات و آسپاراتات که از طریق گیرنده‌های ((NMDA(N-methyl- D- aspartate)) و گیرنده‌های non-NMDA اثر خود را اعمال می‌کنند. این گیرنده‌ها در هیپوکامپ پراکنده‌اند و تحت شرایط فیزیولوژیک مختلفی فعال می‌شوند. گیرنده‌های گلوتاماتی NMDA در شکل‌پذیری سیناپسی هیپوکامپ که احتمالاً به پدیده انبار کردن حافظه در مغز مربوط می‌شوند، نقش دارند. مشخص‌ترین فرم شکل‌پذیری سیناپسی، پدیده LTP است که با افزایش پایدار و نسبتاً طولانی‌مدت اندازه پاسخ پس سیناپسی در مجموعه‌ای از فیبرهای آوران، بعد از تحریک کزازی آن-ها ایجاد می‌شود. با فعال شدن گیرنده‌های NMDA، کانال‌های کلسیمی متصل به آن‌ها باز می‌شود و نفوذپذیری غشای پس سیناپسی افزایش می‌یابد. با ورود کلسیم به داخل سلول پس سیناپسی، مکانیسم‌های سلولی دیگری که به‌نوبه خود باعث تغییرات نفوذپذیری غشا می‌شوند، فعال می‌شوند. احتمالاً LTP باعث تحریک تولید ارتباطات سیناپسی جدید می‌شود.

گلوتامات

عقیده بر این است که آمینواسیدها نیز می‌توانند به‌عنوان واسطه شیمیایی عصبی عمل کنند. گلوتامات از مهم‌ترین واسطه‌های شیمیایی تحریکی در سیستم اعصاب مرکزی مهره‌داران شناخته شده است. این آمینواسید در غالب سیناپس‌های تحریکی به‌عنوان یک پیک شیمیایی عمل می‌کند. گلوتامات در پدیده شکل‌پذیری سیناپسی و تشکیل حافظه ضروری است و با دپلاریزه شدن غشای پیش سیناپسی طی یک فرایند وابسته به کلسیم آزاد می‌شود و با فعال کردن گیرنده‌های خود روی سلول‌های عصبی و گلیالی، نقش خود را ایفا می‌کند (۱۱).

پژوهشگران در تحقیقی روی موش‌ها به این نتیجه رسیدند که بین تغییر در نوروترانسمیترهای مغز و اسیدهای آمینه تحریکی مثل گلوتامات و گاما آمینو بوتیریک اسید (gamma-aminobutyric acid(GABA)) و خستگی مرکزی ارتباط وجود دارد. نتایج نشان داد موش‌های تمرین کرده، توانستند زمان طولانی‌تری روی تردمیل بدونند. به‌طوری که بعد از فعالیت وامانده ساز، گروه تمرین کرده تا ۵۰ درصد بیشتر از گروه غیر فعال افزایش در سطوح آمونیاک مغز را

کرد که عبارت‌اند از CA1-CA4. تقسیم‌بندی دیگری توسط کاخال هیپوکامپ را به دو ناحیه فوقانی و تحتانی طبقه‌بندی می‌کند. شکنج دندان‌های، توده ریشه‌ای و قشر انتورینال را مجموعاً تشکیلات هیپوکامپ می‌نامند. نواحی CA3 و CA4 قسمت اعظم هیپوکامپ اصلی را تشکیل می‌دهند.

هیپوکامپ، داخلی‌ترین بخش کورتکس لوب گیجگاهی است که به سمت پایین مغز و سپس به سمت سطح زیرین بطن‌های طرفی امتداد می‌یابد. هنگامی که هر دو سیستم هیپوکامپ برای درمان صرع در بیماران مبتلا برداشته شد، این فرایند تأثیری بر حافظه ثبت شده قبل از جراحی نداشت، اما پس از جراحی، افراد فوق‌الذکر ظرفیت اندکی برای ثبت حافظه کلامی و انواع سمبولیک آن در حالات مزمن و حتی کوتاه‌مدت (برای گذشت زمانی طولانی‌تر از چند دقیقه) داشتند. این افراد قادر به تثبیت و تشکیل حافظه بلندمدت در خصوص انواعی از اطلاعات که بر پایه آگاهی و بینش است، نبودند که این حالت را فراموشی بعدی می‌گویند (۱۱).

آسیب به هیپوکامپ می‌تواند نتایج کلینیکی بارزی را به وجود آورد به‌عنوان مثال در بیماری آلزایمر تغییرات انحطاطی در نورون‌های هیپوکامپ به وجود می‌آید (۱۱). در منبعی دیگر ذکر شده است در بیماری آلزایمر، هیپوکامپ جزء اولین قسمت‌هایی است که آسیب می‌بیند. به نظر می‌رسد چروکیده شدن هیپوکامپ با کاهش قوای ذهنی به دنبال افزایش سن و بیماری آلزایمر اتفاق می‌افتد؛ تصور بر این است که فعالیت‌های مستمر فکری با تحریک زایش سلولی در هیپوکامپ می‌تواند جلوی این فرایند را بگیرد (۱۵).

تخریب در بخش‌های دیگر لوب گیجگاهی مجاور هیپوکامپ خصوصاً آمیگدال با کاهش قدرت و توانایی ذخیره خاطرات و حافظه همراه است. این موضوع، پیوستگی اجزای دیگر لوب گیجگاهی با هیپوکامپ را نشان می‌دهد (۱۱).

فعالیت بدنی و عملکرد حافظه:

نوروترانسمیترهای هیپوکامپ

انواع مختلف نوروترانسمیترها و نورو مدولاتورها در هیپوکامپ وجود دارند که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

می‌شود. سطوح نوراپی نفرین پلازما به‌طور مشخصی در فعالیت‌هایی با شدت بالای ۵۰ درصد VO2max افزایش می‌یابد؛ اما سطوح اپی-نفرین تا زمانی که شدت فعالیت به بیش از ۶۰ تا ۷۰ درصد VO2max نرسد، افزایش قابل توجهی نشان نمی‌دهد. پس از قطع تمرین نیز اپی‌نفرین در مقایسه با نوراپی نفرین سریع‌تر به حالت اولیه برمی‌گردد و نوراپی نفرین برای چندین ساعت در سطح بالا باقی می‌ماند (۹). از آنجایی که ورزش باعث افزایش سطوح نوراپی نفرین می‌گردد و همان‌طور که قبلاً اشاره کردیم نوراپی نفرین می‌تواند بر بهبود حافظه مؤثر باشد؛ به نظر می‌رسد ورزش بر بهبود عملکرد حافظه تأثیرگذار است.

۴- GABA مهم‌ترین نوروترانسمیتر مهارتی است که به‌وسیله نورون‌های آوران و واسطه‌ای مهارتی روی جسم سلولی و دندریته‌های نورون‌های هرمی رها می‌شود و اثر آن بستگی به نوع گیرنده پس‌سیناپسی دارد. علاوه بر GABA، نوروترانسمیترهای مهارتی دیگری شامل سوماتواستاتین، سروتونین و هیستامین نیز در هیپوکامپ وجود دارد که می‌توانند موجب بهبود عملکرد شوند (۱۱). در این راستا بکت و همکاران (۲۰۰۱) در آزمایشی روی موش‌ها گزارش کردند طی ۹۰ دقیقه فعالیت ورزشی، افزایش در سطوح سروتونین مشاهده شد. در دوره ریکاوری و ۳۰ دقیقه بعد از فعالیت نیز افزایش در سطوح سروتونین وجود داشت (۱۹). بنابراین یکی از مسیرهایی که به‌واسطه آن فعالیت ورزشی موجب بهبود عملکرد حافظه می‌شود، ممکن است مربوط به تأثیر ورزش بر سطوح سروتونین و افزایش آن باشد.

۵- نوروپپتیدها: در هیپوکامپ نوروپپتیدهای مختلفی وجود دارد که از میان آن‌ها، اکسی‌توسین، وازوپرسین، نوروپپتید وای ((Neuropeptide-Y (NPY)، هورمون آزادکننده تیروئید و هورمون آزادکننده کورتیزول بر سلول‌های هرمی اثر تحریکی دارند. تحقیقات نشان می‌دهند که وازوپرسین بر تقویت درازمدت در هیپوکامپ موش صحرایی اثر دارد. نوروپپتیدها عمدتاً به‌طور غیرمستقیم و با اثرهای نورومدولاتوری عمل می‌کنند (۱۱).

گفته می‌شود نورون‌های NPY به تغییرات گلوکز خون حساس‌اند و با کاهش قند خون فعال می‌شوند (۲۰). ریجک و همکاران به این نتیجه رسیدند که بیان NPY mRNA هم در موش‌های بی‌تحرك دارای محرومیت غذایی و هم در موش‌های دارای تحرك (تمرینات

نشان دادند. در گروه تمرین کرده، سطوح گلوتامات مغز (در قسمت-های کورتکس، جسم مخطط و مخچه) و همچنین سطوح GABA (فقط در جسم مخطط) کاهش یافت. به‌طور کلی سطوح آمونیاک مغز که طی تمرین افزایش می‌یابد سنتز گلوتامین را به‌عنوان مکانیسمی برای سم‌زدایی تحریک می‌کند (۱۶).

۲- استیل‌کولین، یکی دیگر از نوروترانسمیترهای تحریکی هیپوکامپ است که عمدتاً از فیبرهای سیتوهیبوکامپی آزاد می‌شود. ورودی کولینرژیک به هیپوکامپ، اساساً از سپتوم میانی و دسته مورب منشأ می‌گیرد. این مسیر، اهمیت و نقش مهمی در انواع یادگیری دارد، به همین دلیل تجویز مسدودکننده‌های گیرنده موسکارینی استیل‌کولین (اسکوپولامین و آتروپین) باعث اختلال در یادگیری و تثبیت حافظه اعمال مختلف می‌شود (۱۱). گزارش شده است روغن کنجد حاوی ۱٪ لسیترین می‌باشد. این ماده پیش‌ساز استیل‌کولین است و باعث کاهش کلسترول می‌شود. تجویز فسفاتیدیل کولین (لسیتین) غلظت استیل‌کولین مغز را افزایش داده و بدین ترتیب باعث بهبود عملکرد حافظه می‌شود (۱۷). همچنین، تمرین ورزشی عامل مهمی در افزایش گیرنده‌های استیل‌کولین عضله است. در همین راستا تحقیقات نشان دادند سه نوع تمرین استقامتی، مقاومتی و ترکیبی باعث افزایش میزان گیرنده‌های استیل‌کولین شد که این تأثیر می‌تواند به دلیل تسریع عوامل نروتروفیکی مانند CGRP که در ساخت و دسته‌بندی nAChR دخیل‌اند، باشد (۱۸). بنابراین، می‌توان احتمال داد فعالیت‌های ورزشی از طریق افزایش سطوح استیل‌کولین بتوانند عملکرد حافظه را بهبود بخشند.

۳- نوراپی نفرین، مسیر نورآدرنرژیک به هیپوکامپ از لوکوس سِرولئوس منشأ می‌گیرد. نوراپی نفرین از طریق گیرنده‌های بتا ۱ - به‌طور مستقیم نورون‌های هرمی شکل CA1 را تحریک می‌کند و احتمالاً توسط گیرنده‌های آلفا ۱ - از طریق نورون‌های واسطه‌ای مهارتی، باعث کاهش مهار سلول‌های هرمی می‌شود. به همین جهت، مسدودکننده‌های گیرنده نورآدرنرژیک (پروپرانولول و فنوکسی بنزآمین) باعث اختلال در بعضی از انواع یادگیری و حافظه می‌شوند (۱۱).

در پاسخ به فعالیت ورزشی هورمون نوراپی نفرین، سریع‌تر افزایش می‌یابد در حالی که هورمون اپی‌نفرین در شدت‌های بالاتر وارد عمل

Archive of SID

گزارش شده است فعالیت بدنی منظم و طولانی مدت به ویژه تمرین هایی که با تحمل وزن بدن همراه هستند، می توانند در افزایش هورمون استروژن مؤثر باشند (۲۲)؛ بنابراین به نظر می رسد فعالیت ورزشی با تأثیر بر میزان استروژن در بهبود عملکرد حافظه مؤثر می باشد.

۳- ملاتونین: اخیراً عملکردهای ملاتونین، هورمون مترشحه از غده پینه آل در سیستم عصبی مرکزی بیش از پیش مورد توجه واقع شده است. گیرنده های این هورمون (MT1, MT2, MT3) در سراسر مغز پستانداران، به خصوص نواحی مربوط به حافظه و یادگیری مثل آمیگدال، قشر پره فرونتال و هیپوکامپ پراکنده شده اند. طبق تحقیقات، دانشمندان گزارش کردند ملاتونین بر حافظه، یادگیری و شکل پذیری سیناپسی مؤثر است. همچنین گزارش شد که ملاتونین باعث بهبود اختلالات یادگیری و حافظه فضایی در موش های صحرایی دیابتیک شد (۱۰).

در زمینه ارتباط فعالیت ورزشی و سطوح ملاتونین، به نظر می رسد تأثیرات آبی و تأخیری فعالیت ورزشی در سطوح ملاتونین پلازما ممکن است وابسته به زمان فعالیت (صبح و یا عصر) باشد. اثراتی همچون مدت تمرین، شدت و یا نوع تمرین نیز بر ترشح ملاتونین تأثیرگذار است. تمرین در اواخر عصر و شب هنگام، وقتی که ترشح ملاتونین آغاز و به اوج خود نزدیک می شود، می تواند نقش بازدارنده داشته باشد و ترشح ملاتونین را کُند کند. این در حالی است که تمرینات شدید در اواخر شب، هنگامی که ترشح ملاتونین قبلاً به اوج خود رسیده است می تواند نقش فزاینده در ترشح ملاتونین تا ۵۰ درصد بیشتر داشته باشد (۲۳). از این رو با توجه به اثر فعالیت ورزشی بر سطوح ملاتونین به نظر می رسد فعالیت ورزشی بر بهبود عملکرد حافظه مؤثر باشد.

۴- الکل: امروزه در جوامع بشری مصرف الکل به عنوان یک نوشیدنی رو به افزایش است. از عوارض مصرف الکل می توان به عقب ماندگی در رشد قبل و پس از تولد، اختلال در سیستم عصبی مرکزی، ناتوانایی های شناختی و مشکلات یادگیری اشاره کرد. تعدادی از مطالعات، هیپوکامپ را به عنوان محل هدف برای اعمال اثرات تراتوژن الکل معرفی کرده اند. بدین سان، وجود گزارش هایی مبتنی بر اختلالات

هورمونی و با محرومیت غذایی افزایش داشت؛ این افزایش بیان در موش های دارای تحرک به مراتب بیشتر بود. در این آزمایش سطوح NPY در هسته کمانی هیپوتالاموس اندازه گیری شد (۲۱). به نظر می رسد فعالیت ورزشی و به خصوص تمرینات هوازی، با تأثیر بر میزان NPY ممکن است در بهبود عملکرد حافظه نقش داشته باشد.

از سویی دیگر، تشکیل حافظه فضایی در هیپوکامپ می تواند به شدت تحت تأثیر هورمون ها، داروها و نحوه فعالیت گیرنده های سلولی و واسطه های مولکولی قرار گیرد. از جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد (۱۰):

۱- لپتین، هورمونی است که توسط آدیپوسیت ها ترشح شده و به واسطه عملکرد خود در هیپوتالاموس، میزان دریافت غذا، وزن بدن و هومئوستاز انرژی را کنترل می کند. گیرنده لپتین از خانواده سایتوکاین های کلاس ۱ می باشد و حضور آن در نواحی مختلف مغزی به اثبات رسیده است. نواحی CA1 و CA3 و شکنج دندانهای، در تشکیلات هیپوکامپ، مناطقی هستند که گیرنده لپتین در آن ها به وفور یافت شده است.

موش های صحرایی چاق که ژن گیرنده لپتین در هیپوکامپ آن ها بیان نمی شود، دچار اختلال در تشکیل LTP هستند. بهبود عملکرد موش ها در ماز T بعد از تزریق مستقیم لپتین در ناحیه CA1 هیپوکامپ نشان داده شده است (۱۰).

۲- هورمون های جنسی زنانه: امروزه نقش هورمون های استروژن و پروژسترون در فرایندهای حافظه، یادگیری و شکل پذیری سیناپسی شناخته شده است. گیرنده های این دو هورمون، در نواحی مربوط به عملکردهای شناختی، مثل قشر پره فرونتال، هیپوکامپ و آمیگدال حضور دارند. نتایج اولین تحقیقات آزمایشگاهی نشان می دهد که استروژن تراپی باعث بهبود یادگیری در موش های اوریکتومی شده در ماز آبی، ماز شعاعی و ماز T می شود. مارکوسکا و ساوونکو نیز بیان می دارند که استروژن برون زاد باعث بهبود یادگیری در موش های ماده ۱۳ ماهه می شود. همچنین مطالعات الکتروفیزیولوژی نشان داده اند که استروژن از طریق افزایش فعالیت گیرنده های AMPA و NMDA باعث تقویت LTP در ناحیه CA1 هیپوکامپ می شود (۱۱).

ترشح آدرنالین را سبب می‌شود. استرس می‌تواند موجب تقویت یادگیری گردد (۱۵). در تحقیقی اثر استرس ناشی از فعالیت ورزشی حاد بعد از اکتساب، یعنی در زمان تحکیم حافظه‌ای مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت فرآیند تحکیم حافظه حرکتی بهبود یافت (۲۴). از طرفی، اگر استرس خیلی شدید باشد یادگیری مهار می‌شود. ظاهراً استرس مزمن با واسطه مولکولی به نام اینترلوکین -۱ بتا که در شرایط التهاب و استرس ترشح می‌شود، باعث مرگ نورون‌ها و پیشگیری از زایش نورون‌های جدید در هیپوکامپ می‌گردد (۱۵). در مطالعه‌ای گزارش شد که استرس مزمن ملایم، سبب افزایش میزان بیان ژن هپسیدین در هیپوکامپ و سطح سرمی اینترلوکین -۶ در موش صحرایی بالغ می‌شود. در طول التهاب میزان بیان هپسیدین زیاد و میزان آزادسازی آهن از سیستم رتیکواندوتلیال کم می‌شود؛ در نتیجه آهن سرم و هموگلوبین کاهش می‌یابد (۲۵).

گزارش شده است فعالیت ورزشی بر سطوح کورتیزول تأثیرگذار است. به طور کل افزایش ترشح کورتیزول پاسخ عمومی به فشار جسمانی می‌باشد. در فعالیت‌های ورزشی متوسط یا سبک، تغییری در سطوح کورتیزول مشاهده نمی‌شود. زمانی که شدت فعالیت بیش‌تر از ۷۰ درصد VO_{2max} باشد، افزایش پایداری در کورتیزول مشاهده می‌گردد (۹). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت تمرینات بدنی با شدت تعیین شده‌ای که منجر به افزایش سطوح کورتیزول می‌گردد، احتمالاً در بهبود حافظه نقش بسزایی دارند. همچنین، گفته می‌شود فعالیت ورزشی نظام‌مند و اصولی بیشتر از فعالیت ورزشی داوطلبانه می‌تواند در کاهش اضطراب و افسردگی مؤثر باشد (۲۶). هیپوکامپ در افراد افسرده کوچک‌تر از افراد غیرافسرده می‌باشد (۱۵). همچنین در افراد مسنی که به دلیل اضطراب از سطوح بالای کورتیزول برخوردار بودند، اندازه کوچک‌تر هیپوکامپ و مشکلات حافظه‌ای گزارش شده است. در این راستا اریکسون و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که حجم هیپوکامپ سالمندان شرکت‌کننده در یک برنامه ورزشی منظم (تمرینات هوازی) نسبت به گروه کنترل همتای آنان، افزایش پیدا کرد. همچنین گروه تجربی در تکالیف مربوط به حافظه فضایی نسبت به گروه کنترل عملکرد بهتری داشتند (۲۷).

از سویی دیگر، تمرینات ورزشی باعث افزایش سطوح پروتئینی به نام (brain-derived neurotrophic factor (BDNF)) در هیپوکامپ

یادگیری و حافظه فضایی می‌تواند بر پایه اثرات تراژونیک الکل روی ناحیه هیپوکامپ باشد (۱۰).

۵- وازوپرسین یا هورمون روزه‌داری توسط سلول‌های درشت هسته سوپرااپتیک و پاراونتریکولر هیپوتالاموس ساخته شده، سپس از طریق اکسون همان نورون‌ها وارد هیپوفیز پشتی می‌شود. در نهایت با ورود به جریان خون به انجام اعمال شناخته شده خود - تنظیم دفع آب از کلیه‌ها، تنظیم قطر عروق، تنظیم دریافت آب و تشنگی - می‌پردازد. حضور دو گیرنده این هورمون، یعنی Avpr1a و Avpr1b در مغز نشان داده شده است، ولی هنوز شاهدهی مبنی بر حضور Avpr 2 در مغز وجود ندارد. مطالعات اتورادیوگرافی بیان می‌دارد که Avpr1a و Avpr1b در هیپوکامپ پراکنده شده‌اند. آثار این هورمون بر فرآیند یادگیری در حیوانات آزمایشگاهی بارها مورد بررسی قرار گرفته است؛ اگر چه اهمیت این هورمون در تثبیت حافظه‌های تشکیل شده مؤثر می‌باشد اما نقش آن در فراخوانی حافظه‌ها به مراتب مهم و اساسی‌تر است (۱۰).

۶- کورتیکواستروئیدها: به دلیل افزایش روزافزون انواع استرس در زندگی بشر متمدن، بررسی نقش کورتیکواستروئیدها (کورتیزول) بر حافظه و یادگیری از اهمیت خاصی برخوردار است. بیشترین تراکم حضور گیرنده‌های کورتیکواستروئیدی در مغز پستانداران در تشکیلات هیپوکامپ نشان داده شده است. تغییرات سطوح پلاسمایی این هورمون‌ها می‌تواند بر حافظه و یادگیری مؤثر واقع شود. همچنین تجویز کورتیکواستروئید (دگزامتازون) برای موش‌های باردار، باعث کاهش واضح یادگیری فضایی و عدم توانایی تشکیل LTP در هیپوکامپ فرزندان آن‌ها می‌شود. گزارش دیگر حاکی از این مطلب است که مواجه شدن موش‌های صحرایی با محیط استرس‌زا و به دنبال آن، بالا رفتن کورتیکواسترون پلاسمایی آن‌ها، موجب اختلال در یادگیری آن‌ها می‌شود (۱۰).

معمولاً شرایط استرس‌زا از شکل‌گیری کامل یادگیری ممانعت می‌کند؛ همچنین در زمان یادآوری مطالب از حافظه نیز استرس و اضطراب به‌عنوان عامل مداخله‌گر مانع بازیابی مطالب یاد گرفته می‌شود (همان چیزی که سر جلسه امتحان اتفاق می‌افتد). در شرایط استرس‌زا، ترشح آدرنالین می‌تواند اثرات متفاوتی روی یادگیری داشته باشد. به طوری که در یک حد معینی از استرس - که حد معینی از

Archive of SID

همچنین گزارش شده است سطوح پایین عملکرد قلبی - عروقی با حجم‌های کوچک‌تر هیپوکامپ و عقده‌های پایه (Basal ganglia) مرتبط می‌باشد. دویدن روی پاشنه پا (wheel running) ارتباطی مثبت با ساختار هیپوکامپ و عملکرد آن دارد (۷). به‌طور کلی تصور بر این است که به خاطر افزایش جریان خون هیپوکامپ به دنبال ورزش، شرایط برای زایش سلولی بیشتر در این منطقه فراهم می‌شود (۱۵).

آمادگی هوازی و موفقیت تحصیلی

مطالعاتی نشان داد زمان ثبت‌شده در تست یک مایل دویدن و نمرات درس ریاضی ارتباط منفی با یکدیگر داشتند؛ به‌طوری که در گروه دختران ارتباط معکوس بین زمان یک مایل دویدن و نمرات دروس روخوانی و ریاضی مشاهده شد. همچنین بین آمادگی عضلانی و نمرات درس ریاضی ارتباطی مثبت گزارش شد (۳۱). در همین راستا نشان داده شده است فعالیت بدنی به‌طور غیرمستقیم و از طریق افزایش آمادگی هوازی تأثیر مثبت روی نمرات درس ریاضی داشته است، این در حالی است که بین نمرات دروس روخوانی و املاء (spelling) و آمادگی هوازی ارتباطی مشاهده نشد (۸).

هانسن و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که آمادگی هوازی و نه فعالیت بدنی، ارتباطی مثبت با نمرات دروس ریاضی و املاء داشت (۳۲). همچنین، ریچارد و همکاران (۲۰۱۲) کودکان را از لحاظ آمادگی هوازی به دو دسته تقسیم کردند؛ کودکانی که در منطقه آمادگی قرار داشتند و کودکانی که در منطقه نیاز به آمادگی بودند. نتایج نشان داد کودکان در منطقه آمادگی، نمرات بیشتری در دروس ریاضی، علوم، مطالعات اجتماعی و روخوانی کسب کردند. در طی دو سال تحقیق، کودکانی که از لحاظ آمادگی به منطقه آمادگی نزدیک شدند و یا کودکانی که به لحاظ آمادگی، به‌تازگی از منطقه آمادگی خارج شده بودند، نمرات کمتری نسبت به گروه قرار گرفته در منطقه آمادگی و از طرفی نمرات بیشتری نسبت به گروه قرار گرفته در منطقه نیاز به آمادگی کسب کردند. محققین بیان کردند به نظر می‌رسد کسب نمرات بالا و موفقیت تحصیلی به‌واسطه افزایش آمادگی در طول زمان نیز حفظ خواهد شد به‌خصوص اگر دانش‌آموزان در منطقه آمادگی بمانند (۳۳). در مطالعه دیگری، اثر فعالیت بدنی متوسط و شدید بر موفقیت تحصیلی در کودکان مورد بررسی قرار

شد. سطوح بالاتر BDNF با عملکرد بهتر حافظه و افزایش حجم هیپوکامپ همراه می‌باشد. تصور می‌شود BDNF باعث تکثیر سلولی در ناحیه شکنج دندانه‌ای هیپوکامپ و در نهایت افزایش حجم آن می‌شود. BDNF یک پروتئین پنهان از خانواده عوامل رشد نوروتروفین است که در نورون زایی نقش دارد و در انسان به‌وسیله ژن BDNF کُدگذاری می‌شود (۲۷). در مطالعه‌ای دیگر، اختلال در یادگیری و حافظه ناشی از درد پالسی دندان در موش‌های صحرایی، در ارتباط با کاهش بیان ژن و پروتئین BDNF و فعال شدن مسیرهای آپوپتوتیک در هیپوکامپ بیان شد (۲۸). بابایی و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند که هر دو فعالیت هوازی و بی‌هوازی شدید، باعث افزایش میزان BDNF سرم و پلاکت‌های خونی در گروه ورزشکار و گروه بی‌تحرك نسبت به حالت استراحت گردید. آن‌ها بیان داشتند به نظر می‌رسد ورزش‌های عاداتی طولانی‌مدت با BDNF محیطی پایین‌تر و حافظه واسطه‌ای بهتر مرتبط باشد و به دنبال فعالیت شدید هوازی و یا بی‌هوازی در هر دو گروه ورزشکار و بی‌تحرك، سطوح BDNF سرمی افزایش پیدا کند. این محققان میزان BDNF سرم را در گروه ورزشکار نسبت به گروه کنترل کمتر گزارش کردند. میزان BDNF سرم به‌طور معکوس با VO2max و به‌طور مثبت با شاخص توده بدن (Body Mass Index (BMI)) ارتباط داشت و فراخوانی حافظه در گروه ورزشکار بهتر بود (۲۹).

مطالعات نشان داده‌اند اسیدهای چرب غیراشباع لینولئیک و لینولنیک بر میزان یادگیری موش‌های سفید آزمایشگاهی مؤثر می‌باشد. گزارش شده است افزایش کلسترول در هیپوکامپ یادگیری را کاهش می‌دهد. این در حالی است که اسید لینولنیک باعث کاهش کلسترول می‌شود. به نظر می‌رسد تغییر در ترکیب غشاء به‌ویژه در میزان کلسترول از طریق تغییر در سیالیت غشا، ممکن است هورمون‌ها و انتقال‌دهنده‌های شیمیایی عصبی و پیک‌های ثانویه را تحت تأثیر قرار دهد (۱۷). در مطالعه‌ای، اثر فعالیت ورزشی بر سطوح کلسترول مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت گزارش شد تمرینات هوازی منجر به کاهش کلسترول بد و افزایش کلسترول خوب گردید (۳۰)؛ بنابراین به نظر می‌رسد ورزش ممکن است از طریق کاهش کلسترول بد در بهبود حافظه مؤثر باشد.

بیشتری در دروس ریاضی، علوم، مطالعات اجتماعی و روحوانی، نسبت به همتایان خود که آمادگی هوازی پایین تری داشتند، کسب کردند. اگر چه نتایج تحقیقات در مورد تأثیر ورزش بر نوع واحد درسی با یکدیگر متفاوت بود، اما تمامی مطالعات گزارش کردند که ارتباط معنی داری بین VO2max بالاتر و نمره درس ریاضی وجود داشت. همچنین محققین اعلام کردند که فعالیت‌های بدنی متوسط، تأثیری بر نمرات دانش آموزان نداشت. با این وجود از جمله محدودیت‌های این مطالعه مروری می‌توان به مواردی همچون ضریب هوشی و سطح اقتصادی و شرایط روحی نمونه‌ها اشاره کرد؛ اگرچه در بعضی از مطالعات، سعی بر کنترل موارد ذکر شده تا حد امکان می‌شد، با این حال بایستی اشاره کرد که مدت اجرای اکثر این تحقیقات بیشتر از دو سال بوده که کنترل بعضی مداخلات مانند شرایط اقتصادی و روحی تا حدودی مشکل بود. علاوه بر آن تحقیقی یافت نشد که در آن، وضعیت دانش‌آموزانی که در مدارسشان واحد تربیت‌بدنی ارائه نمی‌شود، بررسی و مقایسه گردد.

متأسفانه در الگوی زندگی امروزی، اهمیت فعالیت بدنی نادیده گرفته می‌شود. تلویزیون، کامپیوتر و بازی‌های ویدئویی جایگزین بازی‌های کودکان و فعالیت بدنی آن‌ها شده است. بی‌تحرکی در کودکان سبب اضافه‌وزن یا چاقی می‌شود و در نهایت خطر ابتلا به بیماری‌هایی نظیر بیماری‌های قلبی و عروقی، دیابت، فشار خون بالا، افزایش چربی‌های مضر خون، بیماری‌های کبدی و بیماری‌های تنفسی افزایش پیدا می‌کند. علاوه بر آن، داشتن اضافه‌وزن در کودکان باعث کاهش اعتماد به نفس و گوشه‌گیری و افسردگی می‌شود.

نتایج تحقیقات در این مطالعه نشان می‌دهد که آمادگی هوازی به دنبال فعالیت‌های منظم بدنی نه تنها موجب سلامتی و کاهش عوامل خطرزا و بیماری‌ها می‌شود، بلکه با تأثیر بر ساختار مغز باعث بهبود عملکرد حافظه و در نهایت موفقیت تحصیلی می‌گردد. لذا با توجه به فواید بی‌نظیر ورزش و فعالیت‌های بدنی منظم، انتظار می‌رود به جایگاه آن در الگوی زندگی امروزی بیشتر توجه کنیم.

گرفت. کودکانی که فعالیت بدنی شدید انجام می‌دادند نمرات بالاتری داشتند؛ محققین چنین نتیجه گرفتند که فعالیت‌های بدنی متوسط، تأثیری بر نمرات دانش آموزان ندارد (۳۴). همچنین در مطالعه‌ای ارتباط بین آمادگی قلبی - تنفسی، حافظه، دقت انتخابی و تمرکز فکری در گروهی از دانش آموزان دبیرستانی مورد بررسی قرار گرفت. پسران، دارای ارزش‌های VO2max بالاتری نسبت به دختران بودند و توانستند نمرات بالاتری در آزمون عملکرد حافظه به دست بیاورند. در نهایت ارتباط معنی‌داری بین آمادگی قلبی - تنفسی و آزمون عملکرد حافظه در پسران مشاهده شد. دختران فقط در یکی از پارامترهای آزمون توجه نسبت به پسران عملکرد بهتری داشتند. با این وجود ارتباط معنی‌داری بین آزمون توجه و آمادگی قلبی - تنفسی تنها در دانش آموزان پسر مشاهده شد. بنابراین می‌توان گفت افزایش میزان زمان اختصاص داده شده به واحد تربیت‌بدنی در برنامه آموزشی مدارس می‌تواند باعث بهبود عملکرد تحصیلی شود (۳۵).

بحث و نتیجه‌گیری

هیپوکامپ بخشی از قشر پره فرونتال در مغز پستانداران است که نقش مهمی در تثبیت اطلاعات حافظه کوتاه‌مدت در حافظه بلندمدت و مکان‌یابی فضایی دارد. از نقش‌های دیگر آن در روند حافظه، تمرین، تثبیت و طبقه‌بندی خاطرات می‌باشد. تشکیل حافظه فضایی در هیپوکامپ می‌تواند به شدت تحت تأثیر هورمون‌ها، نوروترانسمیترها، نورو مدولاتورها، اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب غیراشباع، اضطراب، افسردگی و سطوح بالای کورتیزول و همچنین داروها قرار گیرد. مطالعات حاکی از آن بود که فعالیت بدنی به تنهایی، قادر به تنظیم و تعدیل موارد ذکر شده می‌باشد و میزان آن‌ها را به حد نرمال نزدیک می‌سازد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت فعالیت بدنی عاملی مهم و تأثیرگذار در عملکرد حافظه از طریق تنظیم و تعدیل هورمون‌ها، نوروترانسمیترها و غیره می‌باشد. در ادامه گزارش شد کودکانی که فعالیت‌های بدنی منظم و یا فعالیت‌های با شدت بالاتر از شدت متوسط اجرا می‌کردند و دارای VO2max بالاتر بودند، نمرات

1. Salmalian Z, Kazemnezhad LE. Correlation between self-concept and academic achievement of students. *Holistic Nursing and Midwifery Journal*. 2013;24(71):40-47. [persian]
2. http://en.wikipedia.org/wiki/Academic_achievement.
3. Khodai E. Factors affecting the MA exam acceptance. *Quarterly journal of Research and Planning in Higher Education*. 2009;(54):19-34. [persian]
4. Jamali M, Noroozi A, Tahmasebi R. Factors affecting academic self-efficacy and its association with academic achievement among students of Bushehr university of medical sciences 2012-13. *Iranian Journal of Medical Education*. 2013;13(8):629-641. [persian]
5. Gaeini AA, Dabidy Roshan V. (In translation) *Fundamental principles of exercise physiology: for fitness, performance and health*. Robergs R, Keteyian S. 8rd Ed. Tehran: Samt; 2011.
6. Grissom JB. Physical fitness and academic achievement. *Journal of Exercise Physiology Online*. 2005;8(1):11-25.
7. Chaddock L, Pontifex MB, Hillman CH, Kramer AF. A review of the relation of aerobic fitness and physical activity to brain structure and function in children. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 2011;17(06):975-985.
8. Lambourne K, Hansen D, Szabo A, Lee J, Herrmann S, Donnelly J. Indirect and direct relations between aerobic fitness, physical activity, and academic achievement in elementary school students. *Mental Health and Physical Activity*. 2013;6(3):165-171.
9. Parno A.H, Tophighi A, Anoooshe L. *Physiology and sport nutrition for the students of physical education and sport sciences*. Tehran: Asre Entezar; 2010. [persian]
10. Talaei Zavareh A, Hamidi G, Salami M. Long term potentiation as a mechanism for learning and memory. *Yakhteh Medical Journal*. 2009;11(2):88-105. [persian]
11. Khalphi A.R. Hippocampus, Learning and Memory. *Roshd Biological Education Journal*. 2013; (4):42-4. [persian]
12. Lømo T. The discovery of long-term potentiation. *Philosophical transactions of the royal society of london series B: Biological Sciences*. 2003;358(1432):617-620.
13. Squire LR. Memory and the hippocampus: a synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychological Review*. 1992;99(2):195.
14. Teng E, Squire LR. Memory for places learned long ago is intact after hippocampal damage. *Nature*. 1999;400(6745):675-677.
15. Salehi S. What is the hippocampus? <http://www.ham-shahrionline.ir/details/52061>. 2008. [persian]
16. Guezennec C, Abdelmalki A, Seirurier B, Merino D, Bigard X, Berthelot M, et al. Effects of prolonged exercise on brain ammonia and amino acids. *International Journal of Sports Medicine*. 1998;19(05):323-327.
17. Hoveida R, Moazedi A.A, Rasekh A.R. Effects of peripheral and intra-hippocampal injection of sesame oil on spatial learning and memory in adult rats. *Quarterly Journal of Science, Shahid Chamran University*. 2007;(17):84-93. [persian]
18. Gorgin Z, Gharakhanloo R, Effect of resistance, endurance and combined training on the fast-twitch muscle acetylcholine receptors in male Wistar rats. *Metabolism and Physical Activity*. 1390:1-10. [persian]
19. Bequet F, Gomez-Merino D, Berthelot M, Guezennec C. Exercise-induced changes in brain glucose and serotonin revealed by microdialysis in rat hippocampus: effect of glucose supplementation. *Acta Physiologica Scandinavica*. 2001;173(2):223-230.
20. Williams G, Cai XJ, Elliott JC, Harrold JA. Anabolic neuropeptides. *Physiology & Behavior*. 2004;81(2):211-222.
21. De Rijke C, Hillebrand J, Verhagen L, Roeling T, Adan R. Hypothalamic neuropeptide expression following chronic food restriction in sedentary and wheel-running rats. *Journal of Molecular Endocrinology*. 2005;35(2):381-390.
22. Ebrahim K, Ramezanpoor M, Rezaee Sahraee A. Effect of eight weeks of aerobic and progressive exercises on changes of estrogen hormone and effective factors on bone mass in menopausal sedentary women. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2010;12(4):402-408. [persian]
23. Buxton OM, L'Hermite-Balériaux M, Hirschfeld U, Van Cauter E. Acute and delayed effects of exercise on human melatonin secretion. *Journal of Biological Rhythms*. 1997;12(6):568-574.
24. Ghadiri F, Rashidy-Pour A, Bahram A, Zahediasl S. Effects of stress related acute exercise on consolidation of implicit motor memory. *Koomesh*. 2013;14(2):223-231. [persian]
25. Farajdokht F, Soleimani M, Mehrpouya S, Barati M, A. N. Effect of chronic mild stress on the expression of hepcidin gene in hippocampus of male rats. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*. 2013;15(2):42-46. [persian]
26. Greenwood BN, Spence KG, Crevling DM, Clark PJ, Craig WC, Fleshner M. Exercise-induced stress resistance is independent of exercise controllability and the medial prefrontal cortex. *European Journal of Neuroscience*. 2013;37(3):469-478.
27. Erickson KI, Voss MW, Prakash RS, Basak C, Szabo A, Chaddock L, et al. Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2011;108(7):3017-22.

28. Nourzadeh M. Evaluation of the mechanisms responsible for memory and learning reduction induced by tooth inflammatory palpal pain with emphasis on brain-driven neurotrophic factor(BDNF) expression and apoptotic factors in the hippocampus of adult male rats [MSc thesis]. Gorgan University of Medical Sciences; 2012. [persian]
29. Babaei P, Damirchi A, Mehdipoor M, Tehrani BS. Long term habitual exercise is associated with lower resting level of serum BDNF. *Neuroscience Letters*. 2014;566:304-308.
30. Leon AS, Sanchez OA. Response of blood lipids to exercise training alone or combined with dietary intervention. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2001;33(6 Suppl):S502-15; discussion S28-29.
31. Eveland-Sayers BM, Farley RS, Fuller DK, Morgan DW, Caputo JL. Physical fitness and academic achievement in elementary school children. *Journal of Physical Activity & Health*. 2009;6(1):99.
32. Hansen DM, Herrmann SD, Lambourne K, Lee J, Donnelly JE. Linear/nonlinear relations of activity and fitness with children's academic achievement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2014.
33. Wittberg RA, Northrup KL, Cottrell LA. Children's aerobic fitness and academic achievement: a longitudinal examination of students during their fifth and seventh grade years. *American Journal of Public Health*. 2012;102(12):2303-2307.
34. Coe DP, Pivarnik JM, Womack CJ, Reeves MJ, Malina RM. Effect of physical education and activity levels on academic achievement in children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2006;38(8):1515.
35. Ayán C, Cancela J. Relationship between cardiorespiratory fitness and cognitive function in a group of spanish high school students. *Inted 2014 Proceedings*. 2014:6903-6907.

Aerobic fitness and its relationship to memory function and academic achievement: A review of evidence

Nahid Bijeh¹, Malihe Saeedy², Gholam Rasul Mohammad Rahimi³

Received: 13/5/2015

Accepted: 23/8/2015

Abstract

Introduction: Academic achievement is one of the main objectives of educational programs and the most important concern of education administrators and families. The education administrators' emphasis on courses other than physical education as a means for the students to get better overall scores results in a general neglect toward physical education or its elimination from curricula due to reasons such as shortage of funds. Physical activity is claimed to affect the structure of the brain and improve memory function and ultimately lead to academic achievement. The purpose of the present review study is to examine the current evidence on the relationship between aerobic fitness and academic achievement.

Materials and Methods: Different articles and papers were accessed through databases and search engines such as Google Scholar, PubMed and Elsevier and using keywords such as "academic achievement", "aerobic fitness" and "memory". The articles used were published between 1998 and 2014.

Findings: The hippocampus function is an important factor in the consolidation of short-term and long-term memory and is severely affected by neurotransmitters and hormones. Physical activities at an intensity higher than average have a strong effect on the release and regulation of hormones and neurotransmitters and thus improve the memory function indirectly. Studies have shown that physical activity has a positive effect on scores obtained in different courses, particularly in mathematics, through increasing the aerobic capacity.

Conclusion: The aerobic fitness following regular physical activity not only leads to general health and reduces the risk factors of health and the incidence of diseases, but also improves the memory function and ultimately leads to academic achievement through affecting the brain structure; physical education courses should therefore be more emphasized at schools.

Keywords: Academic achievement, Aerobic fitness, Memory, Hormones, Neurotransmitters.

1. Associate Professor in Sports Physiology Department, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2. ***(Corresponding Author)** M.Sc. Student in Sports Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. Email: molly.saeedy@yahoo.com
3. PhD Student in Sports Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.