



نوروترانسسمیترها و شناخت: بخش اول

(سیستم‌های کولینرژیک، دوپامینرژیک، آدرنرژیک، سروتونرژیک و گابائترژیک)

دکتر محمدرضا زرین‌دست^۱

گروه فارماکولوژی، دانشکده پزشکی،
دانشگاه علوم پزشکی تهران، مرکز ملی مطالعات
اعتیاد، دانشگاه علوم پزشکی تهران

دکتر رضا رادگودرزی

گروه بهداشت روان مرکز ملی تحقیقات علوم
پزشکی کشور و مرکز ملی مطالعات اعتیاد،
دانشگاه علوم پزشکی تهران

هدف: در دو دهه گذشته، موضوع نوروترانسسمیترها و کارکردهای شناختی توجه بسیاری را به خود معطوف کرده است. در این مقاله، نقش سیستم‌های کولینرژیک، دوپامینرژیک، آدرنرژیک، سروتونرژیک و گابائترژیک در رفتار شناختی مرور می‌شود. **روش:** این مطالعه با روش مروری انجام شده است. **یافته‌ها و نتیجه‌گیری:** نقش فعالیت سیستم کولینرژیک در حافظه و دمانس، یافته‌ای تکرار شونده است، اگرچه نمی‌تواند کل فرآیند حافظه را تبیین کند. جهت بررسی اثر نوروترانسسمیترها بر یادگیری و حافظه نیز مطالعات آزمایشگاهی متعددی روی حیوانات انجام شده است. افزایش یا کاهش میزان نوروترانسسمیترها و یا فعال یا مسدود شدن گیرنده‌های مربوطه، آشکار نموده که مکانیسم‌های مختلفی در فرآیند یادگیری و حافظه دخالت دارند. وجود یک شبکه از سیستم‌های متفاوت نوروترانسسمیترها، می‌تواند نقش مهمی در یادگیری و پردازش حافظه داشته باشد.

مقدمه

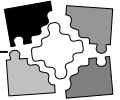
طی دو دهه گذشته، موضوع اختلالات شناختی توجه بسیاری را به خود معطوف کرده است. اختلال شدید فعالیت سیستم کولینرژیک، در دمانس و به خصوص در کاهش شناخت وابسته به سن و بیماری آلزایمر، نشان داده شده است. اگرچه ممکن است فقدان فعالیت کولینرژیک، در ایجاد علائم شناختی نقش اصلی را ایفا کند، ولی نمی‌تواند کل فرآیند را به وضوح توجیه نماید. افزایش استیل کولین یا تجویز آگونیست‌های کولینرژیک، هیچ‌یک قادر نیستند این نوع اختلالات شناختی را جبران کنند. در عین حال شاید تحریک فعالیت مونوآمینرژیک در کنار درمان‌های کولینرژیک درمان مؤثری برای بیماری آلزایمر

محسوب شود (درینگنبرگ^۲، ۲۰۰۰). همچنین به منظور بررسی اثرات سایر نوروترانسسمیترها از قبیل کاتکول‌آمین‌ها، سروتونین، گابا^۳ (GABA)، هیستامین، آدنوزین، اکسیدنیتریک و کوله‌سیستوکینین بر یادگیری و حافظه حیوانات، آزمایش‌هایی انجام شده است. افزایش یا کاهش میزان نوروترانسسمیترها و یا فعال یا مسدود کردن گیرنده‌های مربوطه، نشان داده است که مکانیسم‌های دیگری هم می‌توانند فرآیند یادگیری و حافظه را تغییر دهند. ممکن است وجود یک شبکه که از سیستم‌های متفاوت نوروترانسسمیتری تشکیل شده است، نقش مهمی در یادگیری و پردازش حافظه داشته باشد. بنابراین شاید تنها هدف این مقاله که در دو بخش ارائه می‌شود، نشان دادن دخالت سیستم‌های متفاوت نوروترانسسمیتری در رفتار شناختی^۴ باشد. در مقاله حاضر، به نقش

2- Dringenberg
4- cognitive behavior
۵۵

3- Gamma Amino Butyric Acid

۱ - نشانی تماس: تهران، دانشگاه تهران، دانشکده پزشکی، گروه فارماکولوژی.
E-mail: Zarinmr@ams.ac.ir



که مدارهای منطقه‌ای ایجاد می‌کند،^۴ ناحیه ساقه مغز که به تالاموس، ناحیه بازال مغز پیشین، مغز پسین و قشر مخچه عصب دهی می‌کند و^۵ نخاع که عصب دهی عضلات جمجمه‌ای و سوماتیک و نیز غدد ترشحی را بر عهده دارد. بین اجزای مختلف این سیستم ارتباطات وسیعی وجود دارد که موجب تحریک هماهنگ نورون‌ها و زیر مجموعه‌های متنوع کولینرژیک می‌شود (گوتی^۶، فورناساری^۷ و کلمنتی^۸، ۱۹۹۷؛ مزولام^۹، گولا^{۱۰}، باتول^{۱۱} و هرش^{۱۲}، ۱۹۸۹؛ مزولام و گولا، ۱۹۸۸).

تخریب ناحیه بازال مغز پیشین (CBF) می‌تواند به اختلال فراگیر شناخت منجر شود. مثلا آنوریسم شریان ارتباطی قدامی که به ناحیه بازال مغز پیشین آسیب می‌زند، به صورت فراموشی و اختلال عملکرد تظاهر می‌یابد (دامازیو^{۱۳}، گراف-ردفورد^{۱۴}، اسلینگر^{۱۵}، دامازیو و کاسل^{۱۶}، ۱۹۸۵؛ ابه^{۱۷}، اینوکاوا^{۱۸}، کاشی‌واگی^{۱۹} و یاماجی‌هارا^{۲۰}، ۱۹۹۸؛ دیاموند^{۲۱}، دلوکا^{۲۲} و کلی^{۲۳}، ۱۹۹۷).

آسیب اجزای کولینرژیک ناحیه بازال مغز پیشین (CBF) به وسیله آسیب الکتریکی، توکسین‌های محرک یا نوروتوکسین کولینرژیک AF64A، موجب بروز نقایصی در عملکرد شناختی می‌شود. این نقایص به طور مشخص در حافظه در حال کار/اپیزودیک یا توجه ایجاد می‌شوند (کروباک^{۲۴}، هانین^{۲۵}، اشمچل^{۲۶} و والش^{۲۷}، ۱۹۸۸؛ استاکمن^{۲۸} و والش^{۲۹}، ۱۹۹۵؛ مارکوسکا^{۳۰}،

سیستم‌های کولینرژیک، دوپامینرژیک، آدرنرژیک، سروتونرژیک و گابائرژیک در شناخت اشاره خواهد شد.

سیستم کولینرژیک و شناخت

مطالعات انجام شده روی انسان و حیوان نشان داده است که ممکن است سیستم کولینرژیک به خصوص گیرنده‌های استیل کولینی موسکاربینی، نقشی در حافظه داشته باشند (کوپلمان^۱، ۱۹۸۶؛ تری^۲، بوکافسکو^۳ و جکسون^۴، ۱۹۹۳؛ بیماستر^۵، هیت^۶، هندریکس^۷ و شانون^۸، ۱۹۹۳). مطالعات تصویری از فعالیت مغز، افزایش فعالیت کولینرژیک و کاهش فعالیت آنتی کولینرژیک در مناطق تحت قشری مغز (مانند تالاموس) را نشان می‌دهد. این مناطق مسئول ادامه هشیاری و توجه می‌باشند (فرو^۹، پیزولاتو^{۱۰}، دام^{۱۱}، اری^{۱۲} و باتیستین^{۱۳}، ۲۰۰۲). بین وضعیت نورون‌های کولینرژیک ناحیه بازال مغز پیشین و شدت اختلال شناخت وابسته به سن ارتباط مشخصی وجود دارد (راپ^{۱۴} و آمارال^{۱۵}، ۱۹۹۲؛ گالاگر^{۱۶}، ناگهارا^{۱۷} و بورول^{۱۸}، ۱۹۹۵) و همچنین شواهد زیادی نشان داده‌اند که با بالا رفتن سن، وجوه مختلف یادگیری و حافظه دچار نقصان می‌شوند (مویر^{۱۹}، ۱۹۹۷).

فعالیت کولینرژیک می‌تواند هم در نقایص شناختی و هم در دامانس نقش داشته باشد. گرچه استیل کولین نوروترانسمیتری است که در فرآیند یادگیری و پردازش حافظه دخالت زیادی دارد، عده‌ای از دانشمندان در صحت اطلاعات تجربی حاصل از مطالعات فارماکولوژیک و آسیب (که به عنوان مکانیسم‌های کولینرژیک تعبیر شده‌اند) به شدت تردید دارند (دونت^{۲۰}، اوریت^{۲۱} و رایبیز^{۲۲}، ۱۹۹۱؛ فیبیرگر^{۲۳}، ۱۹۹۱). امروزه پنج زیر گروه گیرنده موسکاربینی تعریف می‌شود (M1 تا M5) که از اعضای شناخته شده خانواده بزرگ گیرنده‌های جفتی پروتئین G^{۲۴} می‌باشند. شاید نقصان حافظه‌ای که به دنبال مصرف اسکوپولامین رخ می‌دهد، به علت مسدود شدن گیرنده M1 باشد (بیماستر و همکاران، ۱۹۹۳). عصب دهی کولینرژیک مغز از پنج هسته عمده منشأ می‌گیرد: (۱) ناحیه بازال مغز پیشین^{۲۵} (CBF) که به کورتکس و هیپوکامپ عصب می‌دهد، (۲) ناحیه دیانسفال با ایجاد مدارهای منطقه‌ای که به کورتکس عصب دهی می‌کند، (۳) ناحیه استریاتوم

1- Kopelman	2- Terry
3- Buccafusco	4- Jackson
5- Bymaster	6- Heath
7- Hendrix	8- Shannon
9- Freo	10- Pizzolato
11- Dam	12- Ori
13- Battistin	14- Rapp
15- Amaral	16- Gallagher
17- Nagahara	18- Burwell
19- Muir	20- Dunnett
21- Everitt	22- Robbins
23- Fibiger	24- G-protein coupled receptor
25- basal forebrain	26- Gotti
27- Fornasari	28- Clementi
29- Mesulam	30- Geula
31- Botwell	32- Hersch
33- Damasio	34- Graff-Radford
35- Eslinger	36- Kassell
37- Abe	38- Inokawa
39- Kashiwagi	40- Yamagihara
41- Diamond	42- Deluca
43- Kelley	44- Chrobak
45- Hanin	46- Schmechel
47- Walsh	48- Stackman
49- Markowska	



(زرین‌دست، شکارچی و رضایت، ۱۹۹۹) و بو کشیدن ناشی از آپومورفین (زرین‌دست، مدرس و رضوانی‌پور، ۲۰۰۰b) می‌شود و به وسیله گیرنده‌های مرکزی نیکوتینی، رفتار پریدن ناشی از نالوکسان را در موش‌های وابسته به مورفین کاهش می‌دهد (زرین‌دست و فرزین، ۱۹۹۶). نیکوتین همچنین اثر ضد درد مورفین را تقویت می‌کند (زرین‌دست، بابایی‌نامی و فرزین، ۱۹۹۶a) و از طریق مکانیسم‌های کولینرژیک و اپیویدی، موجب اثرات ضد درد می‌شود (زرین‌دست، پازوکی و نصیری‌راد، ۱۹۹۷) و با مکانیسم‌های کولینرژیک و نیکوتینیک، کاتالپسی ناشی از سولپیراید^{۱۲} را تقویت می‌کند (زرین‌دست، حائری‌زاده، زرعی و لاهیجی، ۱۹۹۸a). بین هیپوترمی ناشی از مورفین و نیکوتین در موش، تحمل متقاطع^{۱۳} وجود دارد (زرین‌دست، برقی‌لشکری و شفیع‌زاده، ۲۰۰۱a)، از این رو می‌توان انتظار داشت که نیکوتین از طریق واسطه‌های عصبی (نوروترانسمیتر) متفاوت، بر یادگیری و حافظه اثر کند.

نشان داده شده است که نیکوتین بر حافظه و یادگیری حیوانات، هم اثر تسهیل‌کنندگی دارد و هم به آن آسیب وارد می‌کند. دوز مصرفی نیکوتین می‌تواند نقش بسیار مهمی در آثار آن داشته باشد. این دارو یادآوری انسان را بهبود می‌بخشد (پیکه^{۱۴} و پیکه، ۱۹۸۴) و در موش موجب نقص بازیابی می‌شود (گیلیام^{۱۵} و شلزینگر^{۱۶}، ۱۹۸۵). به نظر می‌رسد که کنش متقابل نیکوتین و گیرنده‌های پس‌سیناپسی نقش مهمی در بروز آثار آن داشته باشد. هرچند ثابت شده است که بسیاری از آثار مرکزی دارو وابسته به آزادسازی تعدادی واسطه شیمیایی (بالفور، ۱۹۸۲) شامل استیل کولین (چیو^{۱۷}، لانگ^{۱۸}، پترپکا^{۱۹} و اسپرات^{۲۰}، ۱۹۷۰) است، اما مکانیسم‌های جامع دخیل در پاسخ‌های آن هنوز مشخص نیست. گیلیام و شلزینگر (۱۹۸۵)، نقص بازیابی ناشی از نیکوتین را در موش مشخص کردند. این دارو در یک فرآیند یادگیری با اجتناب

اولتون^۱ و گیونز^۲، ۱۹۹۵؛ جارد^۳، اکایچی^۴، استوارد^۵ و گلدشمیت^۶، ۱۹۸۴). به علاوه، خصوصیات اصلی پاتولوژیک بیماری آلزایمر عبارتند از: دژنراسیون وسیع نورون‌های کولینرژیک در ناحیه CBF، کلافه‌های نوروفیبریلری و پلاک‌های آمیلوئید در ناحیه CBF از قبیل قشر مخ و هیپوکامپ (پروکتر^۷ و همکاران، ۱۹۸۸؛ کویل^۸، پرایس^۹ و دلونگ^{۱۰}، ۱۹۸۳).

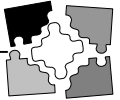
از آنجا که هسته‌های کولینرژیک مغز پیشین انتشار وسیعی پیدا کرده‌اند، استفاده از روش‌های قدیمی (توکسین‌های محرک، روش‌های الکترولیتیک و آسیب با امواج رادیویی) برای تخریب این نورون‌ها در حیوانات آزمایشگاهی، به تخریب نورون‌های غیرکولینرژیک و انهدام ناقص نورون‌های کولینرژیک منجر می‌شود، بنابراین برای اینکه بتوان نظریه کولینرژیک را در یک مدل حیوانی به درستی توضیح داد، نوروپاتولوژی اختصاصی تری مورد نیاز است (دونت و فییگر، ۱۹۹۳؛ دونت و همکاران، ۱۹۸۵).

مکانیسم گیرنده نیکوتینی استیل کولین و شناخت

نیکوتین تنها ماده شیمیایی موجود در توتون با کیفیت بیولوژیکی قابل توجه می‌باشد که معیار سوء مصرف دارویی را نشان داده است. مشخص شده است که بیشترین آثار نیکوتین از طریق ایجاد تغییر در رهاسازی تعدادی از واسطه‌های عصبی بروز می‌کند (بالفور^{۱۱}، ۱۹۸۲). این ماده به وسیله سیستم‌های مختلف واسطه عصبی، رفتارهای متفاوتی را ایجاد می‌کند.

نیکوتین از طریق مکانیسم‌های دوپامینرژیک یا نیکوتینیک در موش‌ها موجب جویدن بی‌هدف می‌شود (ثمینی، شایگان و زرین‌دست، ۱۹۹۵)، همچنین با فعال کردن مکانیسم‌های کولینرژیک و دوپامینرژیک باعث می‌شود آنها بدن خود را بلیسند و تمیز کنند (زرین‌دست، صداقتی و برزویه، ۱۹۹۸c)، از طریق مکانیسم دوپامینرژیک غیرمستقیم موجب ایجاد هیپوترمی می‌شود (زرین‌دست، لاهیجی، شفقی و صادق، ۱۹۹۸b) و از راه سیستم‌های آدرنرژیک و کولینرژیک فرآیند رگ‌سازی را در موش‌ها تحریک می‌کند (زرین‌دست، همایون، بابایی، اطمینانی و قریب، ۲۰۰۰a). این دارو در موش‌ها موجب افزایش رفتارهای لیسیدن

- | | |
|---------------------|------------------|
| 1- Olton | 2- Givens |
| 3- Jarrad | 4- Okaichi |
| 5- Steward | 6- Goldschmidt |
| 7- Procter | 8- Coyle |
| 9- Price | 10- Delong |
| 11- Balfour | 12- Sulpiride |
| 13- cross tolerance | 14- Peeke |
| 15- Gilliam | 16- Schlessinger |
| 17- Chiou | 18- Long |
| 19- Potrepka | 20- Spratt |



همچنین می‌تواند با میل ترکیبی بالا به گیرنده‌های 5-HT₂ مغز بچسبد (بیسشف^{۲۴}، هانیریش^{۲۵} سونتاگ^{۲۶} و کراس^{۲۷}، ۱۹۸۶) و بر فعالیت گیرنده‌های مرکزی و محیطی 5-HT₂ اثر آنتاگونیستی داشته باشد (بیجک^{۲۸} و سمیالوفسکی^{۲۹}، ۱۹۸۹؛ هیکس^{۳۰}، شوماکر^{۳۱} و لانژر^{۳۲}، ۱۹۸۴). با اینکه پیشنهاد شده است نیکوتین باعث رهاسازی کاته‌کولامین‌ها می‌شود (بالفور، ۱۹۸۲) و مکانیسم‌های آدرنژیک بر حافظه و یادگیری تأثیر دارند (کوآرتمین و دیگران، ۱۹۸۸)، فنوکسی بنزامین و آنتاگونیست α آدرنوسپتور در بهبود بازیابی ناشی از نیکوتین دخالتی ندارند. پروپرانولول، آنتاگونیست β آدرنوسپتور، پاسخ به نیکوتین را بالا می‌برد. خود آنتاگونیست به تنهایی بازیابی عمل آموخته شده را افزایش می‌دهد و با گزارش مک‌گاف^{۳۳} (۱۹۸۸) که نشان می‌دهد فعالیت β آدرنوسپتور حافظه را افزایش می‌دهد، مطابقت ندارد. بعید به نظر می‌رسد که پروپرانولول در عمل، اثر نیکوتین را تقویت کند. بنابراین لازم است تا برای روشن ساختن مکانیسم دقیق واکنش متقابل β آدرنوسپتور و نیکوتین در فرآیند یادگیری و حافظه، مطالعات بیشتری شود (زرین دست، صادق و شفقی، ۱۹۹۶b).

نقش واکنش متقابل سیستم‌های مختلف نوروترانسسمیتری و سیستم کولینرژیک در فرآیند شناخت

با اینکه مطالعات کلینیکی (بیتی^{۳۴}، باترز^{۳۵} و یانوفسکی^{۳۶}، ۱۹۸۶؛ ایگر^{۳۷}، لوی^{۳۸} و ساهاکیان^{۳۹}، ۱۹۹۱؛ جونز^{۴۰}، ساهاکیان،

غیرفعال^۱، عکس‌العمل‌های (تأخیرهای) کاهنده^۲ موش را زیاد کرد که نشان دهنده افزایش حافظه است (زرین دست، صادق و شفقی، ۱۹۹۶). فعالیت لوکوموتور یک مشکل عمده در آزمون آثار مواد مختلف بر یادگیری و حافظه است و برای ارزیابی حافظه و یادگیری، این روش از سایر روش‌ها قابل اعتمادتر شناخته شده است (ایشی‌هارا^۳، نابیچما^۴ و کایاما^۵، ۱۹۸۸). نیکوتین با دوز مصرفی ۰/۵ میلی‌گرم/کیلوگرم مؤثر است و حرکت را تغییر نمی‌دهد. به همین دلیل دارو می‌تواند باعث بهبود بازیابی حافظه شود (زرین دست، صادق و شفقی، ۱۹۹۶b). با اینکه نشان داده شده است که مکانیسم کولینرژیک در حافظه نقش دارد (هاراتونیان^۶، بارنز^۷ و دیویس^۸، ۱۹۸۵)، آتروپین در بهبود بازیابی ناشی از نیکوتین تأثیری ندارد. بنابراین، دخالت موسکارینی در پاسخ به نیکوتین بعید به نظر می‌رسد. ظاهراً در فرآیندهای یادگیری و حافظه هر دو مکانیسم محیطی و مرکزی دخالت دارند (کوآرتمین^۹، جاج^{۱۰} و لئو^{۱۱}، ۱۹۸۸؛ گوزانی^{۱۲} و ایزکیردو^{۱۳}، ۱۹۷۶).

بازیابی ناشی از نیکوتین، به وسیله آنتاگونیست گیرنده نیکوتینی «مکامیلامین^{۱۴}» کاهش یافت (مارتین^{۱۵}، انایوی^{۱۶} و مارتین، ۱۹۸۹)، ولی آنتاگونیست گیرنده‌های محیطی نیکوتینی (هگزامتونیوم) تأثیری بر آن نداشت. این نتایج می‌تواند دخالت گیرنده‌های نیکوتینی مرکزی را نشان دهد. شواهد مبتنی بر وجود گیرنده‌های نیکوتینی در نورون‌های دوپامینرژیک نشان می‌دهد که نیکوتین از طریق افزایش انگیزشی (شلیک) نورونی و عمل مستقیم بر انتهای پیش سیناپسی، رهاسازی دوپامین را زیاد می‌کند (کلارک^{۱۷}، ۱۹۹۰). مشخص شده است که مکانیسم‌های دوپامینرژیک بر یادگیری اثر دارند (زرین دست، حاجیان حیدری و حسینی‌نیا، ۱۹۹۲؛ براکس^{۱۸}، گرگوری^{۱۹} و جکسون^{۲۰}، ۱۹۸۰).

آنتاگونیست گیرنده D₁ SCH23390 (هیتل^{۲۱}، ۱۹۸۴)، پاسخ نیکوتین را در بازیابی حافظه افزایش داد، ولی آنتاگونیست گیرنده D₂ (سولپیراید) (استوف^{۲۲} و کبابیان^{۲۳}، ۱۹۸۴) اثری بر آن نداشت. این مطالعات نشان می‌دهند که مکانیسم گیرنده دوپامینی D₁ بر بهبود بازیابی به وسیله نیکوتین تأثیر منفی دارد. با وجود این، آنتاگونیست به تنهایی موجب بروز پاسخ نشد. SCH23390

1- possible avoidance learning	2- step down latencies
3- Ichihara	4- Nabeshima
5- Kameyama	6- Haratounian
7- Barnes	8- Davis
9- Quartermain	10- Jadge
11- Leo	12- Gozzani
13- Izquierdo	14- mecamlamine
15- Martin	16- Onaivi
17- Clarke	18- Bracs
19- Gregory	20- Jackson
21- Hyttel	22- Stoof
23- Kebabian	24- Bischoff
25- Heinrich	26- Sonntag
27- Krauss	28- Bijak
29- Smialowski	30- Hicks
31- Schoemaker	32- Langer
33- McGaugh	34- Beatty
35- Butters	36- Janowsky
37- Egger	38- Levy
39- Sahakian	40- Jones



حافظه دخالت دارند (پاکارد و وایت، ۱۹۸۹؛ ایشی‌هارا و همکاران، ۱۹۸۸؛ برنابون^{۲۷} و همکاران، ۱۹۹۷؛ ایزکیردو^{۲۸} و همکاران، ۱۹۹۸؛ ویلکرسون^{۲۹} و لوین^{۳۰}، ۱۹۹۹). مشخص شده است که گیرنده‌های دوپامینی D1 موجب افزایش شناخت غیر فعال (برنابون و همکاران، ۱۹۹۷) و بهبود کارآیی شناختی (هرسی^{۳۱}، رو^{۳۲}، گادرو^{۳۳} و کوریون^{۳۴}، ۱۹۹۵؛ استیل^{۳۵}، هاگر^{۳۶}، لوسک^{۳۷}، لاک^{۳۸} و سانداژ^{۳۹}، ۱۹۹۶) در موش‌ها می‌شوند و بر یادگیری تأثیری ندارند (پاکارد و وایت، ۱۹۸۹؛ ویلکرسون و لوین، ۱۹۹۹).

در یک آزمایش اجتنابی فعال، تحریک گیرنده‌های D1 که با آنتاگونیست D1 آنتاگونیزه شده بودند، بازیابی را بهبود بخشید (زرین‌دست، حاجیان حیدری و حسینی‌نیا، ۱۹۹۲). این نتایج نشان می‌دهد که گیرنده‌های دوپامینی D1 دست کم در یکی از انواع فرآیندهای شناختی دخالت دارند (ال گوندی^{۴۰} و همکاران، ۱۹۹۹).

در یک آزمایش اجتنابی فعال روی موش، دوز پایین آپومورفین که آگونیست مخلوط گیرنده‌های دوپامینی D1/D2 است (سیمن، ۱۹۸۰)، بازیابی را بهبود بخشید، ولی دوز بالا به آن آسیب زد (زرین‌دست و همکاران، ۱۹۹۲). در یک آزمایش یادگیری اجتنابی غیرفعال دیگر روی موش‌ها، آثار دوگانه دوزهای زیاد و کم آپومورفین به اثبات رسید (ایشی‌هارا و همکاران، ۱۹۸۸). این نتایج نشان می‌دهد که سیستم‌های دوپامینی مرکزی تنظیم فرآیندهای حافظه نقش مهمی دارند. از آنجا که آنتاگونیست D1 (SCH23390) (هیتل، ۱۹۸۴) و دوز بالای آنتاگونیست D2

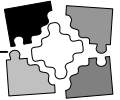
لوی، واربرتن^۱ و گری^۲، ۱۹۹۲) و تجربی (دونت و همکاران، ۱۹۸۵) هم نشان داده‌اند که سیستم کولینرژیک تا اندازه‌ای در شناخت اهمیت دارد، اما شواهد مبتنی بر وجود واکنش متقابل بین سیستم کولینرژیک و سایر سیستم‌های نوروترانسمیتری (نظیر آدرنرژیک، دوپامینرژیک، سروتونرژیک، GABA، آدنوزین، کوله‌سیستو کینین، نیتریک اکساید، اپیویدها و هیستامین) باید در فرآیندهای حافظه در نظر گرفته شوند.

مکانیسم گیرنده دوپامین و شناخت

دوپامین به عنوان یک سوبسترای بالقوه در شکل‌پذیری سیناپس و مکانیسم‌های حافظه معرفی شده است (جی^۳، ۲۰۰۳). در مورد نقش دوپامین در حافظه و یادگیری، شواهد فارماکولوژیکی وجود دارد (گرچش^۴ و ماتیز^۵، ۱۹۸۱؛ سارا^۶، ۱۹۷۹؛ ایشی‌هارا و همکاران، ۱۹۸۸؛ کوارترمین و همکاران، ۱۹۸۸؛ پاکارد^۷ و وایت^۸، ۱۹۸۹). جلوگیری از برداشت دوپامین، یادگیری اجتنابی بازداشتی را بهبود می‌بخشد و رهاسازی استیل کولین از هیپوکامپ را افزایش می‌دهد (نیل‌بوشری^۹، دورماپ^{۱۰}، جفرد^{۱۱} و کاستنتین^{۱۲}، ۱۹۹۸). با وجود این، مشخص نیست که آیا تحریک جایگاه‌های گیرنده دوپامین، حافظه و یادگیری را تسهیل می‌کند یا به آن آسیب می‌رساند. اختلال میان نتایج به دست آمده، می‌تواند به فعال شدن زیر گروه‌های متفاوت گیرنده‌ها و روش طراحی مطالعه تجربی مربوط باشد. تاکنون، پنج زیر گروه گیرنده دوپامین کلون شده است و با این معیار که به کدام خانواده گیرنده‌های D1 (D1 و D5) یا D2 (D2، D3 و D4) تعلق داشته باشند، از یکدیگر متمایز می‌شوند (شوارتز^{۱۳}، گیرس^{۱۴}، مارترس^{۱۵} و سوکولوف^{۱۶}، ۱۹۹۲؛ گینگریچ^{۱۷} و کارون^{۱۸}، ۱۹۹۳؛ سیمن^{۱۹} و ون‌تول^{۲۰}، ۱۹۹۴). تحریک گیرنده‌های دوپامینی D1 یا D2 به ترتیب ساخته شدن cAMP را افزایش یا کاهش می‌دهند (کبایان و کالن^{۲۱}، ۱۹۷۹). گیرنده دوپامینی D3 به آدنیلات سیکلاز وابسته نیست و تحت نفوذ GTP که تنظیم کننده اتصال گیرنده‌های D1 و D2 است، نمی‌باشد (اسنیدر^{۲۲}، ۱۹۹۲؛ سوکولوف^{۲۳}، گیرس^{۲۴}، مارترس^{۲۵}، بوتنت^{۲۶} و شوارتز، ۱۹۹۰).

هر دو گیرنده D1 و D2، در فرآیندهای مختلف یادگیری و

1- Warburton	2- Gray
3- Jay	4- Grecksch
5- Matties	6- Sara
10- Pakard	8- White
9- Nail-Boucherie	10- Dourmap
11- Jaffard	12- Costentin
13- Schwartz	14- Giros
15- Martres	16- Sokoloff
17- Gingrich	18- Caron
19- Seeman	20- Van Tol
21- Calne	22- Snyder
23- Sokoloff	24- Giros
25- Martres	26- Bouthenet
27- Bernabeun	28- Izquierdo
29- Wilkerson	30- Levin
31- Hersi	32- Rowe
33- Gaudreau	34- Quirion
35- Steele	36- Hodges
37- Levesque	38- Locke
39- Sandage	40- El-Ghundi



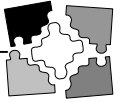
سیستم آدرنرژیک و شناخت

مسیرهای نور آدرنرژیک، نقش مهمی در تنظیم حافظه و یادگیری دارند (ابرزتین^{۱۶} و کاستوسکی^{۱۷}، ۱۹۸۳؛ اینتروینی کالیسون^{۱۸}، تو^{۱۹} و مک‌گاف، ۱۹۹۲؛ سیرویو^{۲۰} و مک‌دونالد^{۲۱}، ۱۹۹۹). نقش نورایی نفرین مغز در فرآیند حافظه، پس از آموزش، ابتدا از طریق استفاده داخلی مغزی رزپین و این واسطه عصبی ارزیابی شد (گولد^{۲۲} و زورنتزر^{۲۳}، ۱۹۸۳؛ اینتروینی کالیسون، ثقفی، نوواک^{۲۴} و مک‌گاف، ۱۹۹۲). بر پایه این مطالعات، لوکوس سرولتوس^{۲۵} (دواگر^{۲۶} و سارا^{۲۷}، ۱۹۹۱؛ چن^{۲۸}، چيو^{۲۹} و لی^{۳۰}، ۱۹۹۲)، آمیگدال (لیانگ^{۳۱}، جولر^{۳۲} و مک‌گاف، ۱۹۸۶؛ اینتروینی کالیسون، ناگاهارا^{۳۳} و مک‌گاف، ۱۹۹۸؛ کویرارت^{۳۴}، روزندال^{۳۵} و مک‌گاف، ۱۹۹۷) و هیپوکامپ (ایاگاری^{۳۶}، هارل^{۳۷} و پارسونز^{۳۸}، ۱۹۹۱؛ مونگه^{۳۹}، بلیر^{۴۰} و دومونتیگی^{۴۱}، ۱۹۹۷؛ واتابه^{۴۲}، زکی^{۴۳} و ادل^{۴۴}، ۲۰۰۰) به عنوان مکان‌های مهمی که در تنظیم آثار گیرنده‌های نور آدرنرژیک در فرآیند شناخت نقش دارند، معرفی شده‌اند.

نور آدرنالین به وسیله چهار گیرنده مختلف عمل می‌کند: α_1 ، α_2 ، β_1 و β_2 که هر کدام زیر گروه‌های دیگری دارند (گلدمن-پاکیک^{۴۵}، لیدو^{۴۶} و گالاگر^{۴۷}، ۱۹۹۰). پیشنهاد شده است که هر دو گیرنده α_2 و β آدرنرژیک در مشکلات شناختی اسکیزوفرنیا، بیماری آلزایمر و اختلال بیش‌فعالی / کم‌توجهی دخالت دارند

(سولپیراید) (دی چیارا^۱، پرسدو^۲، وارجیو^۳، آرگیولاس^۴ و گسا^۵، ۱۹۷۶؛ استوف و کبایان، ۱۹۸۴) آسیب ناشی از دوز بالای آپومورفین را اصلاح می‌کنند، می‌توان نتیجه گرفت که گیرنده‌های D1 و D2 در کمبود بازیابی دخالت دارند. به هر حال، بعضی گزارش‌ها نشان می‌دهد که آپومورفین فراموشی را کاهش می‌دهد (کوآرترمین و همکاران، ۱۹۸۸). سایر مطالعات (ایشی‌هارا و همکاران، ۱۹۸۸) نیز به این نکته اشاره می‌کنند که دوز پایین آپومورفین با اثر بر گیرنده‌های پیش‌سیناپسی دوپامین، بازیابی حافظه را بهتر می‌کند، در حالی که دوز بالای آن با تحریک گیرنده‌های پس‌سیناپسی دوپامینی D2، به بازیابی حافظه آسیب می‌زند. همچنین، استفاده از دوز کم بروموکریپتین (آگونیست گیرنده D2) در موش حافظه را بهتر می‌کند و دوز زیاد به آن آسیب می‌رساند (کبایان و کالن^۶، ۱۹۷۹؛ جکسون^۷، راس^۸ و هاشیزومه^۹، ۱۹۸۸). در حالی که دوز پایین سولپیراید (۲۰ میلی‌گرم/کیلوگرم) بهبود بازیابی ناشی از دوز پایین بروموکریپتین را آنتاگونیزه می‌کند، دوز بالای آنتاگونیست، آسیب ناشی از دوزهای بالای درمانی بروموکریپتین را اصلاح می‌نماید. هنگامی که از کینیپول (آگونیست D2) (ارنت^{۱۰}، هیتل و مریر^{۱۱}، ۱۹۸۸) استفاده شد، نتیجه مشابهی به دست آمد، اما این تأثیر اندک بود و از نظر آماری معنی‌دار نبود. دوز پایین آگونیست‌های D2 و بروموکریپتین بر گیرنده‌های پیش‌سیناپسی و دوز بالای آنها بر گیرنده‌های پس‌سیناپسی اثر می‌کند؛ لذا می‌توان پیشنهاد کرد که فعالیت گیرنده‌های پیش‌سیناپسی D2 باعث بهبود بازیابی در موش‌های آموزش دیده می‌شود، ولی فعالیت گیرنده‌های پس‌سیناپسی به فرآیند بازیابی در آنها آسیب می‌رساند. پیشنهاد شده است که گیرنده‌های D2 هیپوکامپ شکمی در عملکرد حافظه دخالت دارند که ممکن است این کار را با تنظیم رهاسازی استیل‌کولین انجام دهند (امگاکی^{۱۲} و همکاران، ۲۰۰۱). سایر مطالعات نیز پیشنهاد می‌کنند که گیرنده‌های D3 به وسیله گیرنده‌های دوپامینی مزوآمیگدالوئید در تنظیم یادگیری محرک - پاسخ دخالت دارند (هیچکات^{۱۳}، بناردی^{۱۴} و فیلیپز^{۱۵}، ۱۹۹۷).

1- Di Chiara	2- Porceddu
3- Vargiu	4- Argiolas
5- Gessa	6- Calne
7- Jackson	8- Ross
9- Hashizume	10- Arnt
11- Meier	12- Umegaki
13- Hitchcott	14- Bonardi
15- Phillips	16- Obserztyn
17- Kostowski	18- Introini-Collison
19- To	20- Sirivio
21- McDonald	22- Gold
23- Zornetzer	24- Novack
25- locus coeruleus	26- Devauges
27- Sara	28- Chen
29- Chiu	30- Lee
31- Liang	32- Juler
33- Nagahara	34- Quirarte
35- Roozendaal	36- Ayyagari
37- Harrel	38- Parsons
39- Mongeau	40- Blier
41- DeMontigny	42- Watabe
43- Zaki	44- O'Dell
45- Goldman-Pakic	46- Lidow
47- Gallager	



نیست، زیرا مطالعات مورفولوژیک یا بافت‌شناسی معمولاً دقیق نیستند و فقط امکان یک مسئله را مشخص می‌کنند (کسل و جلتش، ۱۹۹۵).

آثار سروتونین در CNS به وسیلهٔ گیرنده‌های متفاوت 5-HT تنظیم می‌شود. این گیرنده‌ها در چهار گروه اصلی به نام‌های 5-HT₁، 5-HT₂، 5-HT₃ و 5-HT₄ طبقه‌بندی می‌شوند (هویر^۱ و همکاران، ۱۹۹۴؛ مارتین^۲ و هامفری^۳، ۱۹۹۴). گیرنده‌های 5-HT₅، 5-HT₆ و 5-HT₇ نیز کلاون شده، ولی هنوز کاملاً توصیف نشده‌اند. همچنین از گیرندهٔ 5-HT_{1A}، چهار زیر گروه 5-HT_{1A}، 5-HT_{1B/1D} و 5-HT_{1F} معرفی شده‌اند.

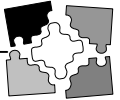
بعضی از مطالعات رفتاری و نورولوژیک نشان داده‌اند که بین شناخت و زیر گروه‌های مختلف 5-HT ارتباطی وجود ندارد (بوهوت^۴، ۱۹۹۷). بر عکس، شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد زیر گروه‌های متفاوت گیرنده‌ها، بالقوه برای شرکت در یک فعالیت ویژه بالقوه کنش متقابل دارند. نشان داده شد که آگونیست‌های گیرندهٔ 5-HT_{1A}، در کشت اولیهٔ نورون‌های سپتال جنینی موجب رشد می‌شوند و در اعصاب سلول‌های کولینرژیک انشعاب ایجاد می‌کنند (ریاد^۵، امریت^۶ و هامون^۷، ۱۹۹۴). با توجه به نقش گیرندهٔ 5-HT در کنترل رهاسازی استیل کولین، پیشنهاد شده است که در کورتکس انتورینال^۸، 5-HT گیرنده‌های 5-HT₃ را که روی نورون‌های گابائریژیک قرار دارند فعال می‌کند و از فعالیت کولینرژیک جلوگیری می‌کند (رامیرز^۹، سناروایتیا^{۱۰}، لاشراس^{۱۱} و دل‌ریو^{۱۲}، ۱۹۹۶). مطالعات تجربی روی حیوانات نشان داده است که کاهش فعالیت کولینرژیک و سروتونرژیک موجب کاهش هماهنگی یادگیری در دمانس از نوع

(فریدمن^۱، آدلر^۲ و دیویس^۳، ۱۹۹۹). همچنین مشخص شده است که برای درمان بیماری پارکینسون می‌توان از آنتاگونیست‌های α₂ استفاده کرد (هاپالینا^۴، سیرویو، مک‌دونالد، ویرتانن^۵ و هینونن^۶، ۲۰۰۰). علاوه بر این، مصرف بعضی از داروها مثل ایمپی‌پرامین (زرین دست و همکاران، ۲۰۰۳)، دگزامتازون (زرین دست، عیدی، عیدی و عریان، ۲۰۰۲c)، آگونیست گیرندهٔ GABA_B (باکلوفن) (زرین دست، خجسته‌فر، عریان و ترکمان بوترابی، ۲۰۰۱b) و هیستامین (زرین دست و همکاران، ۲۰۰۲b) از طریق α آدرنوسپتورها، موجب اختلال حافظه می‌شوند. β آدرنوسپتورها هم ممکن است در کاهش حافظهٔ فراگیری ناشی از مصرف توفیلین دخالت داشته باشند (زرین دست، جمالی‌رئوفی و شفق، ۱۹۹۵). در نتیجه با اینکه فعال شدن هر دو آدرنوسپتور α و β می‌تواند به حافظه آسیب برساند، ممکن است آنتاگونیست‌های α₂ آدرنرژیک در بعضی اختلالات نوروفیزیولوژیک حافظه را بهبود بخشند.

سروتونین و شناخت

سروتونین^۶ (۵-هیدروکسی تریپتامین، 5-HT) یک آمین بیوترژیک است که در محدودهٔ وسیعی از فعالیت‌های فیزیولوژیک شامل خواب، اشتها، احساس درد، فعالیت‌های جنسی، حافظه و کنترل خلق دخالت دارد (ویلیکینسون^۷ و دوریش^۸، ۱۹۹۱). مطالعات عصبی-شیمیایی، فقدان هر دو مکانیسم کولینرژیک (دیویس^۹ و مالونی^{۱۰}، ۱۹۷۶؛ پری^{۱۱}، گیسون^{۱۲}، بلسد^{۱۳}، پری و تاملینسون^{۱۴}، ۱۹۷۷) و سروتونرژیک را در مغز بیماران آلزایمری نشان داده است (مان^{۱۵} و یاتز^{۱۶}، ۱۹۸۳؛ یاماموتو^{۱۷} و هیرانو^{۱۸}، ۱۹۸۵). کنش متقابل کولینرژیک و سروتونرژیک نقش مهمی در یادگیری و حافظه دارد (کسل^{۱۹} و جلتش^{۲۰}، ۱۹۹۵). همچنین ساختارهایی در مغز پستانداران وجود دارد که در آنها می‌توان سوبستراهای نوروآناتومیکی کولینرژیک و سروتونرژیک را شناسایی کرد. این ساختارها شامل هستهٔ مغز قدامی (نوار مورب بروک، ناحیهٔ سپتال، هستهٔ بالیس)، هستهٔ تگمنتال پشتی جانبی و پدانکولوپونتین، هیپوکامپ، استریاتوم و دست کم تعدادی ناحیهٔ قشری است. با وجود این، تصویر کلی از دقت زیادی برخوردار

- | | |
|--------------|-------------------------|
| 1- Freidman | 2- Adler |
| 3- Haapalinn | 4- Virtanen |
| 5- Heinonen | 6- 5-Hydroxy Tryptamine |
| 7- Wilkinson | 8- Dourish |
| 9- Davies | 10- Maloney |
| 11- Perry | 12- Gibson |
| 13- Blessed | 14- Tomlinson |
| 15- Mann | 16- Yates |
| 17- Yamamoto | 18- Hirano |
| 19- Cassel | 20- Jeltsch |
| 21- Hoyer | 22- Martin |
| 23- Humphrey | 24- Buhot |
| 25- Riad | 26- Emerit |
| 27- Hamon | 28- enthorhinal |
| 29- Ramirez | 30- Cenarruzabeitia |
| 31- Lasheras | 32- Del Rio |



نشان داده‌اند که تحریک گیرنده‌های 5-HT_{1A} به حافظه آسیب وارد می‌کند و نیز ممکن است انتقال عصبی 5-HT در برخی فرآیندهای یادگیری (استقرار حافظه و تنظیم آن) مورد نیاز باشد (اولورا-کورتس^۱، باراجاز-پرز^۲، مورالز-ویلاگران^۳ و گونزالز-بورگوز^۴، ۲۰۰۱). به نظر می‌رسد سروتونین همراه با سایر سیستم‌های انتقال عصبی می‌تواند در فرآیندهای حافظه دخالت کند.

سیستم گابائوژیک و شناخت

گاما آمینوبوتیریک اسید (GABA) مهم‌ترین نوروترانسمیتر مهاری در مغز است. GABA از طریق گیرنده‌های مجزای فارماکولوژیک متعدد، شامل GABA_A، GABA_B و GABA_C عمل می‌کند (هیل^۵ و بووری^۶، ۱۹۸۱؛ ماتسوموتو^۷، ۱۹۸۹؛ مالکانجیو^۸ و بووری، ۱۹۹۶).

بسیاری از شواهد نشان می‌دهد که استفاده از مواد گابائوژیک می‌تواند بر نگه‌داری حافظه و یادگیری تأثیر داشته باشد (کاستلانو^۹ و مک‌گاف، ۱۹۹۰؛ بریونی^{۱۰}، ناگاهارا^{۱۱} و مک‌گاف، ۱۹۸۹؛ ناکاگاوا^{۱۲}، ایشی‌باشی^{۱۳}، یوشی^{۱۴} و تاگاشیرا^{۱۵}، ۱۹۹۵). به طور کلی آگونیست‌های گیرنده گابا به حافظه آسیب می‌رساند، در حالی که آنتاگونیست آن را تسهیل می‌کند (بریونی و مک‌گاف، ۱۹۸۸؛ کاستلانو، بریونی، ناگاهارا و مک‌گاف، ۱۹۸۹؛ کاستلانو و مک‌گاف، ۱۹۸۹).

اشمیت^{۱۶} و هایمکه^{۱۷} (۲۰۰۲) اظهار کردند که تیآگابین^{۱۸}، مهار

آلزایمر می‌شود (ریکاتورت^۱ و همکاران، ۱۹۹۳). گیرنده‌های 5-HT_{1A} می‌توانند در کنش‌های متقابل کولینرژیک و سروتونرژیک نقش کلیدی داشته باشند و اهداف قابل حصول و بالقوه درمان دارویی بیماری آلزایمر باشند (کیا^۲ و همکاران، ۱۹۹۶). شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد آگونیست‌های 5-HT_{1A} و یا 5-HT_{1C} می‌توانند رویکرد جدیدی را در درمان اختلالات یادگیری ناشی از افزایش سن یا بیماری آلزایمر ایجاد کنند (هاروی، ۱۹۹۶). مسدود کردن گیرنده‌های 5-HT احتمالاً می‌تواند از طریق همراهی با فعالیت سایر ترانسمیترهای تحریکی، فقدان ورودی تحریکی کولینرژیک را در سلول‌های پیرامیدال جبران کند (کارلی^۳، لوشی^۴ و سامانین^۵، ۱۹۹۵). تحریک گیرنده‌های 5-HT_{1B} (بوهوت پاترا و نایلی^۶، ۱۹۹۵) و 5-HT ناحیه CA₁ واقع در هیپوکامپ خلفی موش‌ها به تشخیص فضایی (و نه تشخیص بینایی) آنها آسیب می‌رساند (کارلی، لوشی، گاروفالو^۷ و سامانین، ۱۹۹۵b). برش فورنیکس بر حافظه یادگیری فرآیندهای تشخیص مقیاسی و بینایی در بوزینه آمریکایی تأثیر قابل توجهی گذاشت که این فقدان شناختی به کمک یک آنتاگونیست 5-HT_{1A} بهبود یافت (هاردر^۸، مک‌لین^۹، آلدرد^{۱۰}، درانسیس^{۱۱} و رایدلی^{۱۲}، ۱۹۹۶). ثابت شده است که سروتونین نقش مهمی در فرآیندهای شناختی دارد، زیرا رها شدن مقدار زیاد سروتونین (و نه کاهش آن)، به حافظه موش‌ها آسیب می‌رساند (سانتوچی^{۱۳}، نات^{۱۴} و هاروتونیان^{۱۵}، ۱۹۹۶). استانکامپیانو^{۱۶} و همکاران پیشنهاد کردند که استیل کولین هیپوکامپ ممکن است در فعالیت‌های شناختی و نیازمند دقت (شامل فرآیندهای انگیزشی) دخالت کند، در حالی که سروتونین ممکن است در فرآیندهای غیرشناختی (مثلاً کنترل رفتار حرکتی و تغذیه‌ای) دخیل باشد (استانکامپیانو، کوکو^{۱۷}، کوجوسی^{۱۸}، سارایس^{۱۹} و فادا^{۲۰}، ۱۹۹۹). از آنجا که انتقال عصبی سروتونین و استیل کولین در فرآیند حافظه فضایی به صورت تحریکی فعال می‌شود، این موضوع پیشنهاد می‌کند که این سیستم‌های انتقال دهنده عصبی، فعالیت‌های شناختی و رفتاری را تنظیم می‌کنند. نویسندگان پیشنهاد کرده‌اند که دژنراسیون توأم سیستم‌های استیل کولین و سروتونین با اختلالات رفتاری و شناختی (مانند بیماری آلزایمر) ارتباط دارند. با این حال، اکثر مطالعات

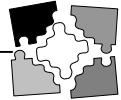
1- Ricaturte	2- Kia
3- Carli	4- Luschi
5- Samanin	6- Patra Naili
7- Garofalo	8- Harder
9- Maclean	10- Alder
11- Drancis	12- Ridley
13- Santucci	14- Knott
15- Haroutunian	16- Stancampiano
17- Cocco	18- Cugusi
19- Sarais	20- Fadda
21- Olvera-Cortes	22- Barjas – Perez
23- Morales-Villagran	24- Gonzalez-Burgos
25- Hill	26- Bowery
27- Matsumoto	28- Malcangio
29- Castellano	30- Brioni
31- Nagahara	32- Nakagawa
33- Ishibashi	34- Yoshii
35- Tagashira	36- Schmitt
37- Hiemke	38- tiagabine



(۲۰۰۱). بسیاری از پژوهشگران، تعامل میان سیستم‌های کولینرژیک و گابائریژیک را در حافظه و یادگیری نشان داده‌اند (دکر^{۲۰} و مک‌گاف، ۱۹۹۱؛ دودچنکو^{۲۱} و سارتر^{۲۲}، ۱۹۹۱؛ کونوپاکی^{۲۳} و گولیوسکی^{۲۴}، ۱۹۹۳؛ استاک من^{۲۵} و والش، ۱۹۹۵؛ ناکاگاوا^{۲۶}، ایشی‌باشی^{۲۷}، یوشی^{۲۸} و تاگاشی‌را^{۲۹}، ۱۹۹۵). هیپوکامپ، آمیگدال و سیتوم در تحکیم حافظه در تکالیف اجتنابی، به صورت موازی عمل می‌کنند. در آمیگدال، گیرنده‌های موسکارینی کولینرژیک حافظه را افزایش می‌دهند و گیرنده‌های GABA از تحکیم حافظه جلوگیری می‌کنند (ایزکیدرو و همکاران، ۱۹۹۲). هیپوکامپ- ناحیه‌الگو در مطالعه یادگیری و فرآیندهای حافظه (مارکام^{۳۰} و سگال^{۳۱}، ۱۹۹۰) - سیناپس‌های کولینرژیک فراوانی دارد که در کنترل مهارتی سیستم گابائریژیک هستند (ایزکیدرو و مدینا^{۳۲}، ۱۹۹۱). تزریق داروهای گابائریژیک به هیپوکامپ پس از آموزش، به ذخیره حافظه در یادگیری اجتنابی غیرفعال موش‌ها صدمه می‌زند. مطالعات نشان داده‌اند که تحریک هر دو گیرنده GABA_A و GABA_B می‌تواند به ذخیره حافظه آسیب برساند (زرین دست، بخشا، رستمی و شفقی، ۲۰۰۲a). آگونست‌های هر دو گیرنده GABA_A و GABA_B به بهبود فراگیری حافظه به وسیله آنتی‌کولین استراز (نئوستیگمین) در موش صدمه زدند (زرین دست و همکاران، ۱۹۹۸b). در یک مطالعه، استفاده از تزریق داخل بطن مغزی آگونست گیرنده GABA و آنتاگونست آن در موش‌ها بررسی و مشخص شد که آگونست‌های گیرنده GABA_B، به خودی خود حافظه را افزایش می‌دهند و حتی گیرنده‌های GABA_B هم ممکن است در آسیب‌رسانی به حافظه بر اثر ایمی‌پرامین دخالت داشته باشند.

کننده ناقل GABA، یادگیری فضایی را در موش‌هایی که در ماز^۱ موریس واتر قرار دارند، خراب می‌کند. نشان داده شده است که باکلون (آگونست انتخابی گیرنده GABA_B) به یادگیری فضایی موش‌ها آسیب می‌رساند (مک‌نامارا^۲ و اسکلتون^۳، ۱۹۹۶). نقش گیرنده‌های GABA_B در انتقال عصبی و تنظیم مهارتی ممکن است با فرآیندهای یادگیری، ذخیره اطلاعات و حافظه ارتباط معنی‌داری داشته باشد. دست‌کاری فارماکولوژیک گیرنده‌های GABA_B ممکن است انتقال نورونی و شکل‌پذیری سیناپسی را در هیپوکامپ مقتدرانه دگرگون کند (براکاتو^۴، مات^۵، لویس^۶ و شوارتزولدر^۷، ۱۹۹۵). به علاوه براکاتو و همکاران اظهار کردند که مسدود کردن گیرنده GABA_B، القای تقویت طولانی مدت^۸ (LTP) در ژيروس دندانه‌دار^۹ را در محیط طبیعی^{۱۰} سرکوب می‌کند. همچنین آنها این مسئله را مطرح کردند که فرآیند رفتاری به فعالیت گیرنده GABA_B وابسته است. در حالی که مسدود کردن گیرنده GABA_B، تغییری در میزان کارایی روی ماز رادیال نداشت، در فراگیری حافظه فضایی در ماز واتر نقص مشاهده شد. پژوهشگران مطرح کردند که در ژيروس دندانه‌ای گیرنده‌های GABA_B در القای LTP اهمیت دارند. به علاوه، آنها پیشنهاد کردند که GABA_B ممکن است در فعالیت‌های یادگیری فضایی نقش حساسی داشته باشد؛ از جمله در مواردی که استرس، کارایی آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. محل ذخیره اطلاعات در فرآیند یادگیری نقش‌پذیری، مغز پیشین یا هایپراستریاتوم میانی و مدیال در جوجه خانگی است (مک‌کابه^{۱۱}، هورن^{۱۲} و کندریک^{۱۳}، ۲۰۰۱). اظهار داشتند که شکل‌پذیری نورون‌های گابائریژیک این ناحیه در مکانیسم‌های یادگیری و حافظه دخالت می‌کند و تورین^{۱۴} هم به این مکانیسم‌ها وابسته است (مک‌کابه و دیگران (۲۰۰۱)). شواهد نشان می‌دهد که گابای آندوژن از طریق گیرنده‌های GABA_A سیتال و به میزان کمتر از طریق گیرنده‌های GABA_B در دیواره مدیال و هیپوکامپ موجب مهار تونیک آزادسازی استیل‌کولین در هیپوکامپ و نترال می‌شود (مور و دی بوتر^{۱۵} و وستریک^{۱۶}، ۱۹۹۸). علاوه بر این فعالیت زیاد گیرنده‌های جداری GABA ممکن است از طریق تنظیم منفی^{۱۷} مقدار استیل‌کولین ناحیه هیپوکامپ، به حافظه آسیب‌بزند (دگروت^{۱۸} و پرنست^{۱۹}،

1- maze	2- McNamara
3- Skelton	4- Brucato
5- Mott	6- Lewis
7- Swartzwelder	8- long term potentiation
9- dentate gyrus	10- in vivo
11- McCabe	12- Horn
13- Kendrick	14- taurine
15- De Boer	16- Westerink
17- down regulation	18- Degroot
19- Parent	20- Decker
21- Dudchenko	19- Sarter
23- Konopaki	24- Golebiewski
25- Stackman	26- Nakagawa
27- Ishibashi	28- Yoshii
29- Tagashia	30- Markam
31- Segal	32- Medina

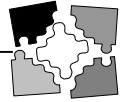


بخشند. اثر GABA را می‌توان از طریق تعامل با رهاسازی استیل کولین یا تعامل با گیرنده‌های موسکارینی توضیح داد. آمیگدال ممکن است مکان مهمی برای پاسخ GABA باشد. با این حال، برای روشن ساختن نقش GABA در مکان‌های مربوط به حافظه به مطالعات بیشتری نیاز است.

سایر پژوهشگران همچنین نشان داده‌اند که آنتاگونیست‌های انتخابی گیرنده‌های GABA_B می‌توانند در الگوهای متعدد یادگیری به بهبود شناخت منجر شوند (گتوا و باوری، ۱۹۹۸). نتیجه این که هر دو گیرنده GABA_A و GABA_B ممکن است به فرآیندهای حافظه آسیب وارد کنند، در حالی که آنتاگونیست‌های گیرنده GABA_B ممکن است حافظه را بهبود

منابع

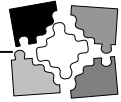
- Abe, K., Inokawa, M., Kashiwagi, A., & Yamagihara, T. (1998). Amnesia after a discrete basal forebrain lesion. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 65, 126-130.
- Ayyagari, V., Harrell, L.E., & Parsons, D.S. (1991). Interaction of neurotransmitter systems in the hippocampus: A study of behavioral effects of hippocampus systematic ingrowth. *Journal of Neuroscience*, 11, 2848-2854.
- Balfour, D.J. (1982). The effects of nicotine on brain neurotransmitter systems. *Pharmacology and Therapeutics*, 16, 269-282.
- Beatty, W.W., Butters, N., & Janowsky, D. (1986). Memory failure after scopolamine treatment: Implications for cholinergic hypothesis of dementia. *Behavioural Neurology and Biology*, 45, 196-211.
- Bernabeun, R., Bevilacqua, L., Ardenghi, P., Bromberg, E., Schmitz, P., Bianchin, M., Izquierdo, I., & Medina, J.H. (1997). Involvement of hippocampal cAMP/cAMP-dependent protein kinase signaling pathways in a late memory consolidation phase of aversively motivated learning in rats. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94, 7041-7046, 1997.
- Bijak, M., & Smialowski, A. (1989). Serotonin receptor blocking effect of SCH 23390. *Neuropharmacology*, 23, 1395-401, 1989.
- Bischoff, S., Heinrich, M., Sonntag, J.M., & Krauss J. (1986). The D-1 dopamine receptor antagonist SCH 23390 also interacts potently with brain serotonin (5-HT₂) receptors. *European Journal of Pharmacology*, 129, 367-70.
- Bracs, P.U., Gregory, P., & Jackson, D.M. (1980). Passive avoidance in rats: Disruption by dopamine applied to the nucleus accumbens. *Psychopharmacology*, 83, 70-75.
- Brioni, J.D., Nagahara, A.H., & McGaugh, J.L. (1989). Involvement of the amygdala GABAergic system in the modulation of memory storage. *Brain Research*, 487, 105-112.
- Brucato, F.H., Mott, D.D., Lewis, D.V., & Swartzwelder, H.S. (1995). GABA_B receptors modulate synaptically-evoked responses in the rat dentate gyrus, in vivo. *Brain Research*, 677, 326-332.
- Buhot, M.C. (1997). Serotonin receptors in cognitive behaviors. *Current Opinion in Neurobiology*, 7, 243-254.
- Buhot, M.C., Patra, S.K., & Naili, S. (1995). Spatial memory deficits following stimulation of hippocampal 5-HT_{1B} receptors in the rat. *European Journal of Pharmacology*, 285, 221-228.
- Bymaster, F.P., Heath, I., Hendrix, J.C., & Shannon, H.E. (1993). Coparative behavioral and neurochemical activities of cholinergic antagonists in rats. *Journal of Pharmacol. Experimentellen Therapie*, 267, 16-24.
- Carli, M., Luschi, R., & Samanin, R. (1995a). (S)-WAY 100135, a 5-HT_{1A} receptor antagonist, prevents the impairment of spatial learning caused by intrahippocampal scopolamine. *European Journal of Pharmacology*, 283, 133-139.
- Carli, M., Luschi, R., Garofalo, P., & Samanin, R. (1995b). 8-OH-DPAT impairs spatial but not visual learning in a water maze by stimulating 5-HT_{1A} receptors in the hippocampus. *Behavioral Brain Research*, 67, 67-74.
- Cassel, J.C., & Jeltsch, H. (1995). Serotonergic modulation of cholinergic function in the central nervous system: Cognitive implications. *Neuroscience*, 69, 1-41.
- Castellano, C., & McGaugh, G.H. (1989). Retention enhancement with post-training picrotoxin: Lack of state dependency. *Behavioral and Neural Biology*, 51, 165-164.
- Castellano, C., & McGaugh, G.H. (1990). Effects of post-training bicuculline and muscimol on retention: Lack of state dependency. *Behavioral and Neural Biology*, 54, 156-164.
- Chen, M.F., Chiu, T.H., & Lee, E.H.Y. (1992). Noradrenergic mediation of the memory-enhancing effect of corticotropin-releasing factor in the locus coeruleus of rats. *Psychopharmacology*, 17, 113-124.
- Chiou, C.Y., Long, J.P., Potrepka, R., & Spratt, J.L. (1970). The ability of various nicotinic agents to release acetylcholine from synaptic vesicles. *Archives Internationales de Pharmacodynamie et the Therapie*, 187, 88-96.
- Chrobak, J.J., Hanin, I., Schmechel, D.E., & Walsh, T.J. (1988). AF64 A-induced working memory impairment behavioral



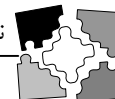
- neurochemical and histological correlates. *Brain Research*, 463, 107-117.
- Clarke, P.B. (1990). Dopaminergic mechanisms in the locomotor stimulant effects of nicotine. *Biochemistry and Pharmacology*, 40, 1427-1432.
- Coyle, J.T., Price, D.L., & DeLong, M.R. (1983). Alzheimer's disease: A disorder of cortical cholinergic innervation. *Science*, 219, 1184-1190, 1983.
- Damasio, A.R., Graff-Radford, N.R., Eslinger, P.J., Damasio, H., & Kassel, N. (1985). Amnesia following ba forebrain lesions. *Archives of Neurology*, 42, 263-271.
- Davies, P., & Maloney, A.J. (1976). Selective loss of central cholinergic neurons in Alzheimer's disease. *Lancet II*, 1043.
- Decker, M.W., & McGaugh, J.L. (1991). The role of interactions between the cholinergic and other neuromodulatory systems in learning and memory. *Synapse*, 7, 151-168.
- Degroot, A., & Parent, M.B. (2001). Infusion of physostigmine into the hippocampus or the entorhinal cortex attenuate avoidance retention deficits produced by intra-septal infusions of the GABA agonist muscimol. *Brain Research*, 920, 10-18.
- Di Chiara, G., Porceddu, M.L., Vargiu, L., Argiolas, A., & Gessa, G.L. (1976). Evidence for dopamine receptors mediating sedation in the mouse brain. *Nature*, 264, 564-567.
- Diamond, B.J., Deluca, J., & Kelley, S.M. (1997). Memory and executive functions in amnesic and non-amnesic patients with aneurysms of the anterior communicating artery. *Brain*, 120, 1015-1025.
- Dringenberg, H.C. (2000). Alzheimer's disease: More than a 'cholinergic disorder' - evidence that cholinergic=monoaminergic interactions contribute to EEG slowing and dementia. *Behavioral Brain Research*, 115, 235-249.
- Dudchenko, P., & Sarter, M. (1991). GABAergic control of basal forebrain cholinergic neurons and memory. *Behavioral Brain Research*, 42, 33-41.
- Dunnett, S.B., & Fibiger, H.C. (1993). Role of forbrain cholinergic systems in learning and memory relevance to the cognitive deficits of aging and Alzheimer's dementia. In A.C. Cuellar (Eds.), *Cholinergic function and dysfunction* (pp.413-420). Program Brain Research, 98, Amsterdam: Elsevier.
- Dunnett, S.B., Everitt, B.J., & Robbins, T.W. (1991). The basal forebrain-cortical cholinergic system: Interpreting the functional consequences of excitotoxic lesions. *Trends Neuroscience*, 14, 494-501.
- Dunnett, S.B., Toniolo, G., Fine, A., Ryan, C.N., Björklund, A., & Iversen, S.D. (1985). Transplantation of embryonic ventral forebrain neurons to the nucleus basalis magnocellularis-II. Sensorimotor and learning impairments. *Neuroscience*, 16, 787-797.
- Egger, S.A., Levy, R., & Sahakian, B.J. (1991). Tacrine in Alzheimer's disease. *Lancet*, 337, 989-992.
- El-Ghundi, M., Fletcher, P.J., Drago, J., Silbey, D.R., O'Dowd, B.F., & George, S.R. (1999). Spatial learning deficit in dopamine D1 receptor Knockout mice. *European Journal of Pharmacology*, 383, 95-106.
- El-Ghundi, M., Fletcher, P.J., Drago, J., Silbey, D.R., O'Dowd, B.F., & George, S.R. (1999). Spatial learning deficit in dopamine D1 receptor Knockout mice. *European Journal of Pharmacology*, 383, 95-106.
- Fibiger, H.C. (1991). Cholinergic mechanisms in learning, memory and dementia: A review of evidence. *Trends of Neuroscience*, 14, 220-223.
- Freo, U., Pizzolato, G., Dam, M., Ori, C., & Battistin, L. (2002). Art review of cognitive and functional neuroimaging studies of cholinergic drugs: Implications for therapeutic potentials. *Journal of Neural Transplantation*, 109, 857-870.
- Friedman, P.I., Adler, D.N., & Davis, K.L. (1999). The role of norepinephrine in the pathophysiology of cognitive disorders: Potential applications to the treatment of cognitive dysfunction in schizophrenia and alzheimer's disease. *Biological Psychiatric*, 46, 1243-1252.
- Gallagher, M., Nagahara, A.H., & Burwell, R.D. (1995). Cognition and hippocampal systems in aging: Animal models. In J.L. McGaugh N. Weinberger & G. Lynch (Eds.), *In brain and memory; Modulation and mediation of neuroplasticity* (pp. 103-126). New York: Oxford University Press, 103-126, 1995.
- Getova, D., & Bowery, N.G. (1998). The modulatory effects of high affinity GABA_B receptor antagonists in an active avoidance learning paradigm in rats. *Psychopharmacology*, 137, 369-373.
- Gilliam, D.M., & Schlessinger, K. (1985). Nicotine-produced relearning deficit in C57BL/6J and DBA/2J mice. *Psychopharmacology*, 86, 291-295.
- Gingrich, J.A., & Caron, M.G. (1993). Recent advances in the molecular biology of dopamine receptors. *Annual Review of Neuroscience*, 16, 299-321.
- Gold, P.E., & Zornetzer, S.F. (1983). The mnemon and its juices: Neuromodulation of memory processes. *Behavioral Neurology and Biology*, 38, 151-189.
- Goldman-Pakic, P.S., Lidow, M.S., & Gallager, D.W. (1990). Overlap of dopaminergic, adrenergic and serotonergic receptors and complementarity of their subtypes in primate prefrontal cortex. *Journal of Neuroscience*, 10, 2125-2138.
- Gotti, C., Fornasari, D., & Clementi, F. (1997). Human neuronal nicotinic receptors. *Progress in Neurobiology*, 53, 199-237.
- Gozzani, J.L., & Izquierdo, I. (1976). Possible peripheral adrenergic and central dopaminergic influences in memory consolidation. *Psychopharmacology*, 49, 109-111.



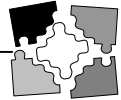
- Grecksch, G., & Matties, H. (1981). The role of dopaminergic mechanisms in the rat hippocampus for the consolidation in a brightness discrimination. *Psychopharmacology*, 75, 165-168.
- Haapalinna, A., Sirviö, J., MacDonald, E., Virtanen, R., & Heinonen, E. (2000). The effects of a specific α_2 -adrenoceptor antagonist, atipamezole, on cognitive performance and brain neurochemistry in aged Fisher 344 rats. *European Journal of Pharmacology*, 387, 141-150.
- Haratounian, V., Barnes, E., & Davis, K.L. (1985). Cholinergic modulation of memory in rats. *Psychopharmacology*, 87, 266-271.
- Harder, J.A., Maclean, C.J., Alder, J.T., Drancis, P.T., & Ridley, R.M. (1996). The 5-HT_{1A} antagonist, WAY 100635 ameliorates the cognitive impairment induced by fornix transection in the marmoset. *Psychopharmacology*, 127, 245-254.
- Harvey, J.A. (1996). Serotonergic regulation of associative learning. *Behavioral Brain Research*, 73, 47-50.
- Hersi, A., Rowe, W., Gaudreau, P., & Quirion, R. (1995). Dopamine D1 receptor ligands modulate cognitive and hippocampal acetylcholine release in memory-impaired aged rats. *Neuroscience*, 69, 1067-1074.
- Hicks, P.E., Schoemaker, H., & Langer, S.Z. (1984). 5HT-receptor antagonist properties of SCH 23390 in vascular smooth muscle and brain. *European Journal of Pharmacology*, 105, 339-342.
- Hill, D.R., & Bowery, N.G. (1981). 3H-baclofen and 3H-GABA bind to bicuculline-insensitive GABA_B sites in rat brain. *Nature*, 290, 149-152.
- Hitchcott, P.K., Bonardi, C.M.T., & Phillips, G.D. (1997). Enhanced stimulus-reward learning by intra-amygdala administration of a D3 dopamine receptor agonist. *Psychopharmacology*, 133, 240-248.
- Hoyer, D., Clarke, D.E., Fozard, J.R., Hartig, P.R., Martin, G.R., Mylecharane, E.J., Saxena, P.R., & Humphrey, P.P.A. (1994). VII. International union of pharmacology classification of receptors for 5-hydroxytryptamine (serotonin). *Pharmacology Review*, 46, 157-203.
- Hyttel J. (1984). Functional evidence for selective dopamine D-1 receptor blockade by SCH 23390. *Neuropharmacology*, 23, 1395-401.
- Ichihara, K., Nabeshima, T., & Kameyama, T. (1988). Effects of haloperidol, sulpiride and SCH 23390 on passive avoidance learning in mice. *European Journal of Pharmacology*, 151, 435-442.
- Intorini-Collison, I.B., Saghafi, D., Novack, G.D., & McGaugh, G.L. (1992). Memory-enhancing effects of post-training dipivefrin and epinephrine: Involvement of peripheral and central adrenergic receptors. *Brain Research*, 572, 81-86.
- Izquierdo, I., Da Cunha, C., Rosat, R., Jerusalinsky, D., Ferreira, M.B.C., & Medina, J.H. (1992). Neurotransmitter receptors involved in post-training memory processing by the amygdala, medial septum, and hippocampus of the rat. *Behavioral Neural Biology*, 58, 16-26.
- Izquierdo, I., & Medina, J.H. (1991). GABA_A receptors modulation of memory: The role of endogenous benzodiazepines. *Trends Pharmacological Science*, 12, 260-265.
- Izquierdo, I., Medina, J.H., Izquierdo, L.A., Barros, D.M., de Souza, M.M., & Mello e Souza, T. (1998). Short- and long-term memory are differentially regulated by monoaminergic systems in the rat brain. *Neurobiology of Learning and Memory*, 69, 219-224.
- Jackson, D.M., Ross, S.B., & Hashizume, M. (1988). Dopamine-mediated behaviours produced in naive mice by bromocriptine plus SKF 38393. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 40, 221-223.
- Jarrard, L.E., Okaichi, H., Steward, O., & Goldschmidt, R.B. (1984). On the role of hippocampal connections in the performance of place cue tasks: Comparisons with damage to hippocampus. *Behavioral Neuroscience*, 98, 946-954.
- Jay, T.M. (2003). Dopamine: A potential substrate for synaptic plasticity and memory mechanisms. *Progress in Neurobiology*, 69, 375-390.
- Jones, G.M.M., Sahakian, B.J., Levy, R., Warburton, D.M., & Gray, J.A. (1992). Effects of acute subcutaneous nicotine on attention, information processing and short-term memory in Alzheimer's disease. *Psychopharmacology*, 108, 485-494.
- Kebabian, J.W., & Calne, D.B. (1979). Multiple receptors for dopamine. *Nature*, 277, 93-96.
- Kia, H.K., Brisorgueil, M.J., Daval, G., Langlois, X., Hamon, M., & Vergé, D. (1996). Serotonin_{1A} receptors are expressed by a subpopulation of cholinergic neurons in the rat medial septum and diagonal band of broca-A double immunocytochemical study. *Neuroscience*, 74, 143-154.
- Konopaki, J., & Golebiewski, H. (1993). Theta-like activity in hippocampal formation slices: Cholinergic-GABAergic interaction. *Neuroreport*, 4, 963-966.
- Kopelman, M.D. (1986). The cholinergic neurotransmitter system in human memory and dementia: A review. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 38, 535-573.
- Liang, K.C., & McGaugh, J.X. (1990). Involvement of amygdala pathway in the influences of post-training intra-amygdala norepinephrine and peripheral epinephrine on memory storage. *Brain Research*, 508, 225-233.
- Mann, D.M.A., & Yates, P.O. (1983). Serotonin nerve cells in Alzheimer's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 46, 96-98.
- Markam, H., & Segal, M. (1990). Long-lasting facilitation of excitatory postsynaptic potentials in the rat hippocampus by acetylcholine. *Journal of Physiology*, 427, 381-393.



- Markowska, A.L., Olton, D.S., & Givens, B. (1995). Cholinergic manipulations in the medial septal area: Age-related effects on the working memory and hippocampal electrophysiology. *Journal of Neuroscience*, 15, 2063-2073.
- Martin, B.R., Onaivi, E.S., & Martin, T.J. (1989). What is the nature of mecamylamine's antagonism of the central effects of nicotine. *Biochemistry and Pharmacology*, 38, 3391-3397.
- Martin, G.R., & Humphrey, P.P.A. (1994). Receptors for 5-hydroxytryptamine: Current perspectives on classification and nomenclature. *Neuropharmacology*, 33, 261-273.
- Matsumoto, R.R. (1989). GABA receptors: Are cellular differences reflected in function? *Brain Research Review*, 14, 203-225.
- Mccabe, B.J., Horn, G., & Kendrick, K.M. (2001). GABA, taurine and learning: Release of amino acids from slices of chick brain following filial imprinting. *Neuroscience*, 105, 317-324.
- McGaugh, J.L. (1988). Modulation of memory storage processes. In Salomon P.R. Goethals, P.R.G.R. Kelley & C.M. Stephenes (Eds.), *Perspectives of memory research* (pp.33-64). New York.
- McNamara, R.K. and Skelton, R.W., Baclofen, a selective GABA_B receptor agonist, dose-dependently impairs spatial learning in rats. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 53, 303-308, 1996.
- Mesulam, M.M., & Geula, C. (1988). Nucleus basalis and cortical cholinergic innervation in the human brain: Observation based on the distribution of AchE and ChAT. *The Journal of Comparative Neurology*, 275, 216-240.
- Mesulam, M.M., Geula, C., Botwell, M.A., & Hersch, I. (1989). Human reticular formation; Cholinergic neurons of the peduncolopontine and lateral tegmental nuclei and some cytochemical comparison to forbrain cholinergic neurons. *The Journal of Comparative Neurology*, 281, 611-633.
- Mongeau, R., Blier, P., & de Montigny, C. (1997). The serotonergic and noradrenergic systems of the hippocampus their interactions and the effects of antidepressant treatments. *Brain Research Review*, 23, 145-195.
- Moor, E., DeBoer, P., & Westerink, B.H.C. (1998). GABA receptors and benzodiazepine binding sites modulate hippocampal acetylcholine release in vivo. *European Journal of Pharmacology*, 359, 119-126.
- Muir, J.C. (1997). Acetylcholine, Aging, and Alzheimer's Disease. *Pharmacology, Biochemistry and Behavioral*, 56, 687-696.
- Nail-Boucherie, K., Dourmap, N., Jaffard, R., & Costentin, J. (1998). The specific dopamine uptake inhibitor GBR 12783 improves learning of inhibitory avoidance and increases hippocampal acetylcholine release. *Cognitive Brain Research*, 7, 203-205.
- Nakagawa, Y., Ishibashi, Y., Yoshii, T., & Tagashira, E. (1995). Involvement of cholinergic systems in the deficit of place learning in morris water maze task induced by baclofen in rats. *Brain Research*, 683, 209-214.
- Olvera-Cortés, E., Barajas-Pérez, M., Morales-Villagrán, A., & González-Burgos, I. (2001). Central serotonin depletion induces egocentric learning improvement in developing rats. *Neuroscience Letters*, 313, 29-32.
- Pakard, M.G., & White, N.M. (1989). Memory facilitation produced by dopamine agonists: Role of receptor subtypes and mnemonic requirements. *Pharmacology, Biochemistry and Behavioral*, 33, 511-518.
- Pakard, M.G., & White, N.M. (1989). Memory facilitation produced by dopamine agonists: Role of receptor subtypes and mnemonic requirements. *Pharmacology, Biochemistry and Behavioral*. 33, 511-518.
- Peeke S.C., & Peeke H.V. (1984). Attention, memory, and cigarette smoking. *Psychopharmacology*, 84, 205-216, 1984.
- Perry, E.K., Gibson, P.H., Blessed, G., Perry, R.H., & Tomlinson, B.E. (1977). Neurotransmitter enzyme abnormalities in senile dementia. *Journal of the Neurological Sciences*, 34, 247-265.
- Procter, A.W., Lowe, S., Palmer, A.M., Francis, P.T., Esiri, M.M., Stratmann, G.C., Najlerahim, A., Patel, A.J., Hunt, A., & Bowen, D.M. (1988). Topographical distribution of neurochemical changes in Alzheimer's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 84, 125-140.
- Quartermain, D., Judge, M.E. and Leo, P., Attenuation of forgetting by pharmacological stimulation of aminergic neurotransmitter systems. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 30, 77-81, 1988.
- Quirarte, G.L., Roozendaal, B., & McGaugh, J.L. (1997). Glucocorticoid enhancement of memory storage involves noradrenergic activation in the basolateral amygdala. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94, 14048-14053.
- Ramirez, M.J., Cenarruzabeitia, E., Lasheras, B., & Del Rio, J. (1996). Involvement of GABA systems in acetylcholine release induced by 5-HT₃ receptor blockade in slices from rat entorhinal cortex. *Brain Research*, 712, 274-280.
- Rapp, P.R., & Amaral, D.G. (1992). Individual differences in the behavioral and neurological consequences of normal aging. *Trends Neuroscience*, 16, 104-110.
- Riad, M., Emerit, M.B., & Hamon, M. (1994). Neurotrophic effects of ipsapirone and other 5-HT_{1A} receptor agonists on septal cholinergic neurons in culture. *Developmental Brain Research*, 82, 245-258.
- Ricaturte, G.A., Markowska, A.L., Wenk, G.L., Hatzidimitriou, G., Wlos, J., & Olton, D.S. (1993). 3,4-Methylenedioxyamphetamine, serotonin and memory. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapie*, 266, 1097-1105.



- Samini, M., Shayegan, Y., & Zarrindast, M.R., Nicotine-induced purposeless chewing in rats: Possible dopamine receptor mediation. *Journal of Psychopharmacology*, 9, 16-19.
- Sanberg, P.R., & Fibiger, H.C. (1979). Impaired acquisition and retention of a passive avoidance response after chronic ingestion of taurine. *Psychopharmacology*, 62, 97-99.
- Santucci, A.C., Knott, P.J. & Haroutunian, V. (1996). Excessive serotonin release, not depletion, leads to memory impairments in rats. *European Journal of Pharmacology*, 295, 7-17.
- Sara, S.J. (1979). Haloperidol facilitates memory retrieval in the rat. *Psychopharmacology*, 89, 307-310.
- Schmitt, U., & Hiemke, C. (2002). Tiagabine, a γ -amino-butyric acid transporter inhibitor impairs spatial learning of rats in the Morris water-maze. *Behavioral Brain Research*, 133, 391-394.
- Schwartz, J.C., Giros, B., Martres, M.P., & Sokoloff, P. (1992). The dopamine receptor family: Molecular biology and pharmacology. *Seminars in Neurosciences*, 4, 99-108.
- Seeman, P. (1980). Brain dopamine receptors. *Pharmacological Review*, 32, 229-313.
- Seeman, P., & Van Tol, H.H.M. (1994). Dopamine-receptor pharmacology. *Trends of Pharmacology Science*, 15, 264-270.
- Sirviö, J., & MacDonald, E. (1999). Central α_1 -adrenoceptors: Their role in the modulation of attention and memory formation. *Pharmacology and Therapeutics*, 83, 51-63.
- Snyder, S.H. (1992). Nitric oxide and neurons. *Current Opinion Neurobiology*, 2, 323-327.
- Sokoloff, P., Giros, B., Martres, M.P., Bouthenet, M.L., & Schwartz, J.C., Molecular cloning and characterization of a novel dopamine receptor (D3) as a target for neuroleptics. *Nature*, 347, 146-151.
- Stackman, R.W., & Walsh, T.J. (1995). Distinct profile of working memory errors following acute of chronic disruption of the cholinergic septohippocampal pathway. *Neurobiology of Learning and Memory*, 64, 226-236.
- Stackman, R.W., & Walsh, T.J. (1995). Distinct profile of working memory errors following acute of chronic disruption of the cholinergic septohippocampal pathway. *Neurobiological Learning Memory*, 64, 226-236.
- Stancampiano, R., Cocco, S., Cugusi, C., Sarais, L., & Fadda, F. (1999). Serotonin and acetylcholine release response in the rat hippocampus during a spatial memory task. *Neuroscience*, 89, 1135-1143.
- Steele, T.D., Hodges, D.B.-Jr., Levesque, T.R., Locke, K.W., & Sandage, B.W.-Jr. (1996). The D1 agonist dihydrexidine releases acetylcholine and improves cognition in rats. *Annual New York Academy of Science*, 777, 427-430.
- Stoof, J.C., & Kebabian, J.W. (1984). Two dopamine receptors: Biochemistry, physiology and pharmacology. *Life Science*, 35, 2281-2296.
- Terry, A.V., Buccafusco, J.J., & Jackson, W.J. (1993). Scopolamine reversal of nicotine enhanced delayed matching-to-sample performance in mokeys. *Pharmacology, Biochemistry and Behavioral*, 45, 925-929.
- Watabe, A.M., Zaki, P.A., & O'Dell, T.J. (2000). Coactivation of beta-adrenergic and cholinergic receptors enhances the induction of long-term potentiation and synergistically activates mitogen-activated protein kinase in the hippocampal CA1 region. *Journal of Neuroscience*, 20, 5924-5931.
- Wilkerson, A., & Levin, E.D. (1999). Ventral hippocampal dopamine D1 and D2 systems and spatial working memory in rats. *Neuroscience*, 89, 743-749.
- Wilkinson, L.O., & Dourish, C.T. (1991). Serotonin and animal behavior. In Peroutka, S. (Ed.), *Serotonin receptor subtypes, basic and clinical aspects* (pp. 147-210). New York: Wiley & Sons.
- Yamamoto, T. and Hirano, A., Nucleus raphe dorsalis in Alzheimer's disease: Neurofibrillary tangles and loss of large neurons. *Annual Neurology*, 17, 573-577, 1985.
- Zarrindast, M.R., Babaei-Nami, A., & Farzin, D. (1996a). Nicotine potentiates morphine antinociception: A possible cholinergic mechanism. *European Neuropsychopharmacology*, 6, 127-133.
- Zarrindast, M.R., Bakhsha, A., Rostami, P., & Shafaghi, B. (2002a). Effects of intrahippocampal injection of GABAergic drugs on memory retention of passive avoidance learning in rats. *Journal of Psychopharmacology*, 16, 313-319.
- Zarrindast, M.R., Bakhsha, A., Rostami, P., & Shafaghi, B. (2002b). Effects of intrahippocampal injection of GABAergic drugs on memory retention of passive avoidance learning in rats. *Journal of Psychopharmacology*, 16, 313-319.
- Zarrindast, M.R., Barghi-Lashkari, S., & Shafizadeh, M. (2001). The possible cross-tolerance between morphine- and nicotine-induced hypothermia in mice. *Pharmacology, Biochemistry and Behavioral*, 68, 283-289.
- Zarrindast, M.R., Eidi, M., Eidi, A., & Oryan, Sh. (2002c). Effects of histamine and opioid systems on memory retention of passive avoidance learning in rats. *European Journal of Pharmacology*, 452, 193-197.
- Zarrindast, M.R., & Farzin, D. (1996). Nicotine attenuates naloxone-induced jumping behaviour in morphine-dependent mice. *European Journal of Pharmacology*, 298, 1-6.
- Zarrindast, M.R., Ghiasvand, M., Homayoun, H., Rostami, P., Shafaghi, B., & Khavandgar, S. (2003). Adrenoceptor mechanisms underlying imipramine-induced memory deficits in rats. *Journal of Psychopharmacology*, 17, 83-88.
- Zarrindast, M.R., Haeri-Zadeh, F., Zarghi, A., & Lahiji, P. (1998a). Nicotine potentiates sulpiride-induced catalepsy in mice. *Journal of Psychopharmacology*, 12, 279-282.



- Zarrindast, M.R., Hajian-Heydari, A., & Hoseini-Nia, T. (1992). Characterization of dopamine receptors involved in apomorphine-induced pecking in pigeons. *General Pharmacology*, 23, 427-430.
- Zarrindast, M.R., Homayoun, H., Babaie, A., Etmiani, A., & Gharib, B. (2000a). Involvement of adrenergic and cholinergic system in nicotine-induced anxiogenesis in mice. *European journal of Pharmacology*, 407, 145-158.
- Zarrindast, M.R., Jamali-Raeufy, N., & Shafaghi, B. (1995). Effects of high doses of theophylline on memory acquisition. *Psychopharmacology*, 122, 307-311.
- Zarrindast, M.R., Khodjastefar, E., Oryan, Sh., & Torkaman-Boutorabi, A. (2001b). Baclofen-impairment of memory retention in rats: possible interaction with adrenoceptor mechanisms. *European Journal of Pharmacology*, 411, 283-288.
- Zarrindast, M.R., Lahiji, P., Shafaghi, B., & Sadegh, M. (1998b). Effects of GABAergic drugs on physostigmine-induced improvement in memory acquisition of passive avoidance learning in mice. *General Pharmacology*, 31, 81-86.
- Zarrindast, M.R., Modares, & Rezvani-pour, M. (2000b). Effect of nicotine on sniffing induced by dopaminergic receptor stimulation. *European Neuropsychopharmacology*, 10, 397-400.
- Zarrindast, M.R., Pazouki, M., & Nassiri-Rad, Sh. (1997). Involvement of cholinergic and opioid receptor mechanisms in nicotine-induced antinociception. *Pharmacology and Toxicology*, 81, 209-213.
- Zarrindast, M.R., Sadegh, M., & Shafaghi, B. (1996b). Effects of nicotine on memory retrieval in mice. *European Journal of Pharmacology*, 295, 1-6.
- Zarrindast, M.R., Sedaghati, F., & Borzouyeh, M. (1998c). Nicotine-induced grooming: A possible dopaminergic and/or cholinergic mechanism. *Journal of Psychopharmacology*, 12, 407-411.
- Zarrindast, M.R., Shekarchi, M., & Rezayat, M. (1999). Effect of nicotine on apomorphine-induced licking behaviour in rats. *European Neuropsychopharmacology*, 9, 235-238.