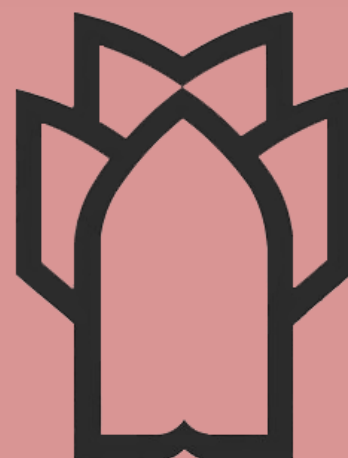


جلسه هشتم

قشر مغز، یادگیری و حافظه



گردآورنده: بشرا الفتی



دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

:(Association Areas)

۱- ناحیه ارتباطی جداری-پس سری-گیجگاهی

Parieto-Occipito-Temporal

*هماهنگی و تجسم فضایی (Spatial Coordination)

*مرکز درک تکلم (ناحیه ورنیکه) Wernicke Area

*شکنج زاویه ای Angular Gyrus

*ناحیه نام گذاری اشیا

۲- ناحیه تشخیص چهره

Facial Recognition Area

۳- ناحیه ارتباطی پیش پیشانی

Prefrontal Association Area

۴- ناحیه ارتباطی لیمبیک

Limbic Association Area

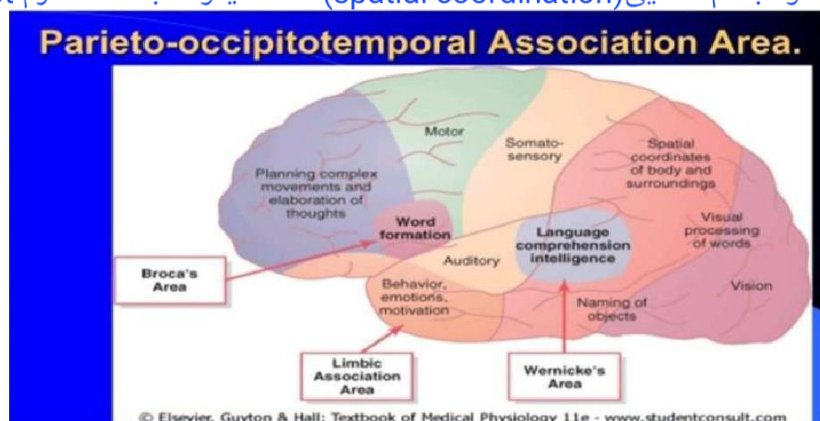
اما هنگامی که جریان خون را نشان دار میکنیم متوجه میشویم که بخش بزرگی از قشر مخ نه حرکتی است و نه حسی، نه اولیه و نه ثانویه بلکه **ناحیه ارتباطی یا association area** می باشد. این ناحیه جدیدترین قسمت کورتکس است که همانطور که در تصویر سمت راست پایین مشاهده میکنید بیشترین تفاوت با ارگانسیم های دیگر در همین قسمت است و این neocortex در بسیاری از فعالیت های انسان از جمله حافظه نقش مهمی بر عهده دارد.

این ناحیه ارتباطی، حالت U مانند دارد که قسمت قدامی prefrontal association area پس از آن limbic association area نامیده میشود و در شاخه سمت راست parietooccipitotemporal نامیده می شود.

اگرچه فعالیت های مغزی حالتی پیچیده و ترکیبی دارند و در یک فعالیت چندین ناحیه دخیل هستند اما این ناحیه ارتباطی امکان فعالیت های پیچیده را برای مغز ما فراهم میکند.

ابتدا به بررسی parietooccipitotemporal میپردازیم:

در این شکل این ناحیه را میبینیم که به نواحی کوچکتری تقسیم شده و یک ناحیه spatial coordination (هماهنگی و تجسم فضایی ارگانیسم) را انجام میدهد. راجع به این ناحیه قبلاً هم صحبت شده که اطلاعات بینایی و غیره از نواحی مختلفی در این ناحیه جمع میشود و برآورد این اطلاعات امکان تشکیل تصویر فضایی از اطراف فرد را ایجاد میکند که در صورت آسیب به این ناحیه علی رغم ارسال اطلاعات بینایی، فرد قادر به تجسم محیط نیست. **توجه و تجسم فضایی (spatial coordination) است میتواند باعث سندرم Neglect شود**

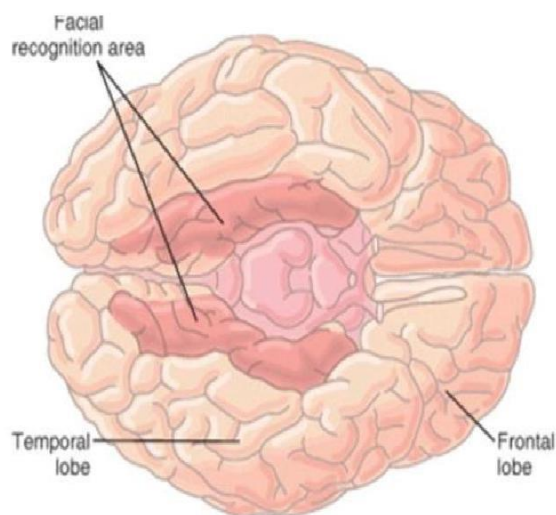


یک بخش مهم دیگر در این ناحیه مرکز تکلم است. بنابر اسم اولین نفری که این ناحیه را کشف کرد ما این ناحیه را به نام **Wernicke area** میشناسیم و از طریق این ناحیه است که فرد قادر به درک مفاهیم و کلمات میشود و نقش خیلی مهمی را بر عهده دارد.

بخش دیگری حد فاصل ناحیه بینایی و ناحیه Wernicke قرار دارد و ناحیه ۳ شماره گذاری میشود وظیفه انتقال اطلاعات بینایی به ناحیه تکلم را بر عهده دارد و به پردازش درک ما از کلمات و مفاهیم از طریق حس بینایی میپردازد چون ما مفاهیم را از طریق تجربه درک میکنیم. در طی آزمایشات مشاهده شده است که در صورت آسیب این ناحیه که **angularis gyrus** نامیده میشود حس بینایی فرد مختل نمیشود بلکه درک کلمات آسیب می بیند (از طریق بینایی) و اتفاق نمیافتد و در صورت مشاهده متن فهمی از آن حاصل نمیشود و به نوعی **کوری کلمات** تبدیل میشود.

خب ناحیه بعدی ناحیه ای است که مختص نامگذاری اشیا میباشد که در نزدیک ناحیه Wernicke واقع شده است. ناحیه parietooccipitotemporal، ناحیه وسیعی است و بعداً دوباره به این قسمت برمیگردیم. **ناحیه نام گذاری اشیا: در نزدیکی ناحیه ورنیکه بخشی وجود دارد که به طور اختصاصی در نام گذاری اشیا نقش دارد**

آسیب به این ناحیه باعث میشود فرد اشیا را بشناسد اما نتواند نام آنها را بیان کند.



© Elsevier. Guyton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.studentconsult.co

ناحیه دیگری که به ما در فهم محیط اطرافمان کمک میکند ناحیه facial recognition است که در قسمت شکمی لوب temporal تا occipital کشیده شده است که ناحیه وسیعی میباشد و به ما امکان شناسایی سایرین از طریق چهره را میدهد. و در صورت آسیب این ناحیه فرد نمیتواند دیگران را از طریق چهره شناسایی کند. از آنجایی که انسان موجودی اجتماعی است و افراد را از طریق چهره شناسایی میکند و روابطش را بر این پایه استوار میکند لزوم ایجاد چنین ناحیه وسیعی توجیه میشود. اما نکته جالب اینجاست که در صورت آسیب این ناحیه با وجود اینکه فرد توان شناخت افراد را از طریق چهره از دست میدهد اما همچنان از طریق حس شنوایی و سایر حواس این امکان وجود دارد و نکته جالبتر این است که اگر بر فرض مثال آشنایی مانند افراد خانواده در میدان دید فرد آسیب دیده قرار بگیرند، شخص واکنش های اتونومیک مانند افزایش فشار خون و ضربان قلب و از این دست را نشان میدهد، که این واکنش ها نشاندهنده این است که در مغز اتفاقاتی رخ داده اما فرد امکان دسترسی به آن اطلاعات را ندارد.

خب قسمت های دیگری که وجود دارد limbic association area و prefrontal association area هستند. در رابطه با بخش prefrontal اعتقاد بر این است که با همکاری با بخش های premotor و supplemental در طراحی حرکتی نقش دارد. همچنین قسمت های قدامی تر آن پردازش اطلاعات را به

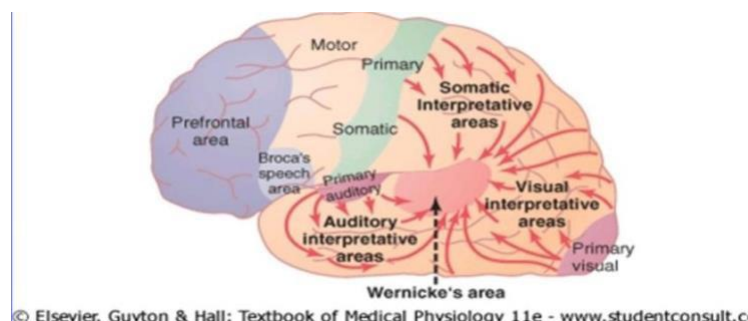
نحوی انجام میدهند که طرح های غیرحرکتی را هم میتواند شامل شود و به این صورت این بخش برای طراحی های پیچیده و برای پردازش پیشرفته افکار خیلی مهم است. و یکی از بزرگترین تفاوت های انسان با بقیه موجودات در همین ناحیه میباشد. در حقیقت یک ارگانسیم برای انجام حرکات پیچیده باید مراحل را طی کند که عبارتند از:

1- فراخوانی اطلاعات حسی زیاد از بخش های مختلف

2 - طراحی حرکت پیچیده

3- ابلاغ دستور به ناحیه حرکتی اولیه

همچنین اعتقاد بر این است که این ناحیه توانایی استفاده از اطلاعات مهمی برای طرح ریزی طرح های پیچیده غیر حرکتی را دارا میباشد که شامل ارزیابی شناختی، پردازش پیشرفته اطلاعات، محاسبات و تمرکز میباشد. Lymbic association area هم در حقیقت ناحیه ای است که در ارتباط با شبکه لیمبیک میباشد و در ارتباط با هیجانات فرد میباشد و به نوعی پردازش کورتکس برای اطلاعات هیجانی لیمبیک را فراهم میکند.



خب حالا دوباره برمیگردیم به همان ناحیه اول که راجبش بحث کردیم. ناحیه Wernicke بعضاً تحت عنوان ناحیه general interperative area هم شناخته میشود. این ناحیه به عنوان ناحیه ثالثیه عمل مینماید. شما ناحیه حسی پیکری اولیه را در نظر بگیرید اطلاعات از این ناحیه به ناحیه ثانویه که پشت ناحیه حسی پیکری اولیه قرار دارد منتقل میشود و پردازش بیشتری بر این اطلاعات صورت میگیرد.

همینطور برای ناحیه شنوایی و سایر نواحی، حال همه این اطلاعات به ناحیه Wernicke منتقل میشود و به همین دلیل به آن ناحیه ثالثیه میگویند. استاد برای درک بهتر عمل این ناحیه مثالی زدند؛ شما فرض کنید که

خانه ای آتش گرفته است از طریق حس بینایی شعله های آتش و نور را مشاهده میکنید و از طریق حس پیکری حرارت را نیز درک میکنیم و همینطور اصوات را هم درک میکنیم اما در صورت تخریب ناحیه Wernicke قادر به انجام هیچ عملی در برابر این اتفاقات نمیباشیم و در حقیقت اعتقاد بر این است که این ناحیه در نهایت با تجمع این حواس در انجام پیچیده ترین پردازش های چند حسی شرکت میکند و تحریک این ناحیه تداعی های چند حسی را به دنبال دارد.

همانطور که قبلاً اشاره شد این ناحیه مرکز تکلم میباشد (تکلم: درک کلمات و دریافت مفاهیم، در برابر گفتار: ادای کلمات) و بنابراین این ناحیه کلید درک انسانی است، زیرا که گفته شده است تفکر، گفتگو انسان با خود است و بنابراین **تکلم** بسیار مهم است چراکه اساساً روند های فکری با مضامین تصویری و اطلاعات بینایی صورت نمیگیرد و به عبارتی مفاهیم با علائم کدگذاری میشوند. این منطقه مسئول این کدگذاری (همان زبان میباشد. این کدها (معادل کلمات) که برای ما زنجیره معانی را میسازند و با استفاده از آن ها امکان انتقال و فهم مشترک را پیدا میکنیم. حس بینایی و به طور عمده حس شنوایی به این ناحیه در این روند کمک میکنند همه جوامع انسانی در هر کجای کره زمین زبان دارند چرا که بدون زبان امکان تفکر موجود نیست و از طریق زبان مفاهیم به بند کشیده میشوند و در نتیجه این ناحیه بسیار مهم میباشد. **استاد در رابطه با اهمیت این ناحیه مطالعه زندگینامه هلن کلر را پیشنهاد کردند** یکی از بزرگترین تفاوت های انسان با سایر پرمیات ها در همین ناحیه و ژنوم مربوط به تکامل این ناحیه میباشد.

حالا میرسیم به ناحیه prefrontal association area. مشاهده شده است که در صورت آسیب و یا نبود این ناحیه شخص امکان حل مسائل پیچیده و انجام اعمال زنجیره وار و پشت سر هم را از دست میدهد به طور مثال وضعیتی که فرد قادر به سرهمبندی اجزا برای دستیابی به وسیله واحدی نمیباشد. اختلال در این ناحیه همچنین باعث عوض شدن خلق و کاهش تمرکز و تهاجمی شدن فرد میشود. همچنین اختلال در این ناحیه در ارتباط با از دست رفتن اهداف و انجام اعمال بی هدف، از دست رفتن زنجیره های طولانی فکری میباشد.

دانشمندان معتقدند که این ناحیه مرکز پردازش افکار و عالیتترین کارکرد با معانی و زنجیره های فکری میباشد و به این ترتیب فرد میتواند اطلاعات حسی مختلف و مفاهیم مختلف را فراخوانی کند و با تمرکز حاصل از فعالیت همین ناحیه و اطلاعات فراخوانده شده زنجیره افکار را سامان دهد و منجر به محصول شود مثل محاسبات طولانی و مسیر های طراحی شده برای دستیابی به اهداف خاص به معنای فراخوانی اطلاعات حین انجام فعالیت ذهنی مثل حل مسئله نیز از ویژگی های این ناحیه میباشد.

مورد بالینی فایناس گیج (Phineas Gage):

فایناس گیج کارگر راه آهنی بود که در اثر یک حادثه میله ای فلزی از بخش قدامی جمجمه او عبور کرد و باعث آسیب شدید به ناحیه ارتباطی پیش پیشانی شد (Prefrontal Association Area). با وجود اینکه فایناس گیج از نظر حرکتی و حسی زنده ماند، اما تغییرات بارزی در شخصیت و رفتار اجتماعی او ایجاد شد.

پس از آسیب:

قضاوت اجتماعی او مختل شد

کنترل هیجانات کاهش یافت

رفتارهای تکانشی و غیر قابل پیش بینی بروز کرد

توان برنامه ریزی و تصمیم گیری منطقی کاهش یافت .

همچنین اعتقاد بر این است که روابط اجتماعی ما بر اساس فعالیت Working memory های این ناحیه میباشد و توان حل این مسئله که در چه موقعیتی، چه کاری باید انجام پذیرد. در صورت آسیب به این ناحیه شخصیت اجتماعی فرد دچار تغییر میشود زیرا که دیگر توان محاسبه حالات مختلف وجود نخواهد داشت. این ناحیه همچنین در افراد شاغل در حوزه علوم بسیار کلیدی میباشد به طور مثال یک پزشک پس از دریافت اطلاعات بسیار حاصل از آزمایشات در نهایت باید به تشخیص برسد و درمان حاصل را تجویز کند که این ناحیه، ناحیه کلیدی در این روند میباشد.

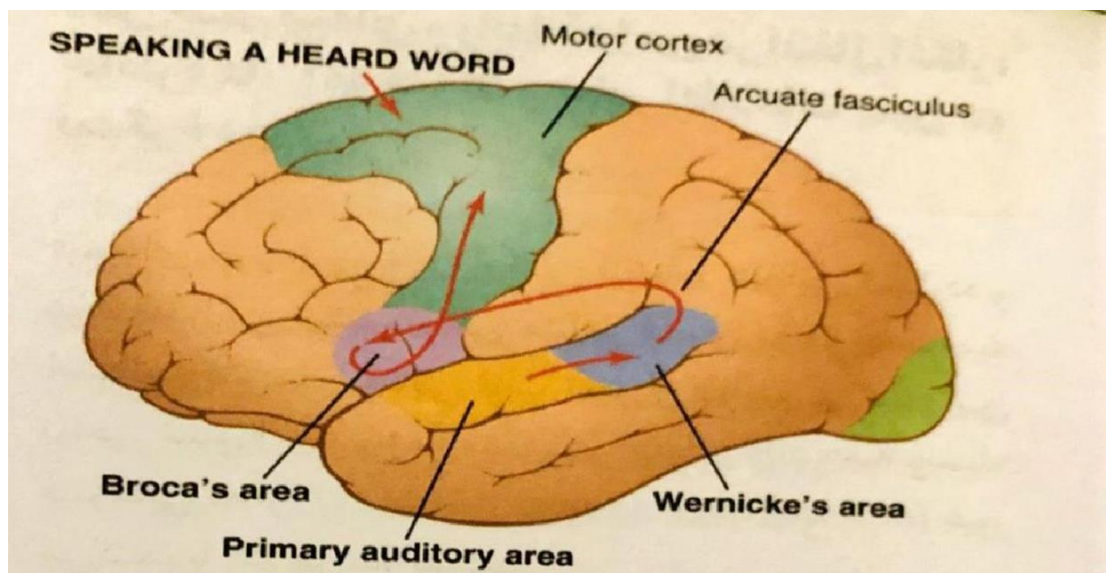
• و اما حالا میرسیم به بحث تفاوت کارکرد قشر مغز

خوب میدانیم که هر نیمکره به صورت عمده فعالیت های مربوط به خودش را انجام میدهد. در ۹۵ درصد افراد ناحیه Wernicke نیمکره سمت چپ فعال تر میباشد و همین دلیل به آن نیمکره غالب میگویند. همینطور در ۹۰ درصد افراد ناحیه مربوط به اعمال ظریف دست در نیمکره سمت چپ فعال تر میباشد بنابراین راست دست میباشند. امروزه افراد را براساس به اطلاعات به دست آمده به سه گروه تقسیم میکنند: عده ای که کاملاً راست دست میباشند، عده ای که بینابینی هستند، و عده ای که بسیار نادرند و چپ دست خالص میباشند.

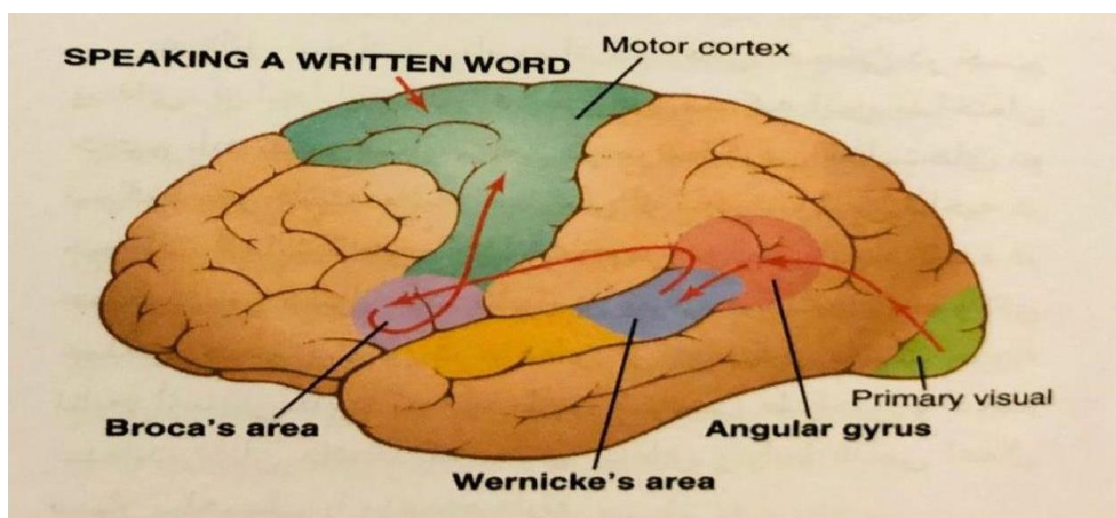
در طی یک دسته بندی خاص ما نیمکره چپ را از نظر اعمال ناحیه Wernicke نیمکره غالب نامگذاری میکنیم و اعمال مربوط به ریاضیات و منطق و همچنین تکلم مربوط به نیمکره چپ میباشند اما اعمال مربوط به نیمکره راست در زمینه هایی مثل درک موسیقی و ارتباط غیر کلامی و تشخیص لحن (نحوه بیان و گویش)، غالب می باشد. کشف شده است که ۵۰ درصد کودکان متولد شده، ناحیه Wernicke نیمکره چپ برزگتر از حالت عادی است و از این طریق میتوانیم به تاثیر مسائل ژنتیکی در این زمینه پی می بریم.

علی رغم این واقعیت که دو نیمکره اعمال تخصصی و کارکردهای اختصاصی خودشان را بروز میدهند ولی واقعیت این است که هر دو نیمکره باید با هماهنگی یکدیگر کار کنند و این عمل از طریق جسم پینه ای (corpus callosum) عملی میشود و اگر این بخش فاقد عملکرد شود در صورت یادگیری مهارت یا هر کلمه یا ... در یک لوب توانایی بازخوانی و درک معانی آن کلمه یا مهارت در لوب دیگر مخ ممکن نیست و به بیان دیگر دو نیمکره از هم جدا شده و در واقع انگار 2 عدد مغز جدا از هم در حال کار هستند.

✳ ورنیکه برای عملکرد مناسب در نیمکره غالب حتما باید از کورتکس نیمکره مقابل هم اطلاعات دریافت کند تا بتواند عملکرد خود را به ظهور برساند تا فرایندهای مغزی صورت گرفته به ثمر برسد.

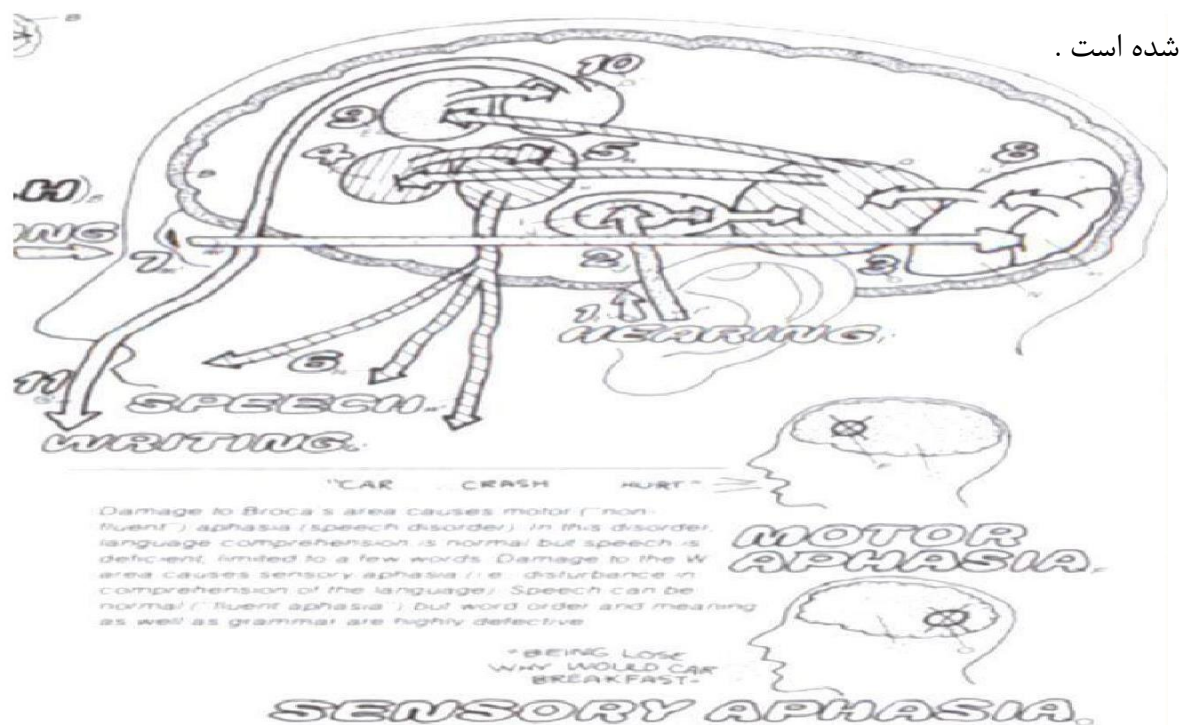


در شکل بالا ابتدا ایمپالس شنوایی به فرد رسیده و سپس به ناحیه ورنیکه آن را مفهوم میسازد و سپس از طریق دسته قوسی به ناحیه بروکا (Broca's area) منتقل شده و با کمک motor cortex شنیده خود را بیان میکند به گفتار میرساند.



در این تصویر فرد مورد نظر تصویر کلمه ای را دیده و از طریق angular gyrus آن را پردازش میکند و دوباره به ورنیکه منتقل میشود تا کلمه مورد نظر مفهوم سازی شود و نهایتاً به Broca's area ابلاغ شده تا در آخر توسط primary cortex کلمه مورد نظر ادا و بیان شود.

جمع بندی این دو مسیر در شکل بعد که مثلاً اگر فردی کلمه ای را ببیند مسیر دوم طی شده و اگر کلمه ای را بشنود مسیر اول طی میشود. در نهایت مهارت hand skill یا همان مهارت نوشتن نیز در ادامه مسیر آورده



• اختلال آفازی حرکتی یا motor aphasia

حال اگر فردی را در نظر بگیریم که در ناحیه بروکا یا ورنیکه دچار آسیب شده است فرد دچار اختلال ارتباطی میشود. مثلا اگر بروکا دچار اختلال بشود فرد قادر به درک مفاهیم کلماتی که چه دیده شده چه شنیده شده باشد میباشد ولی قدرت بیان ندارد در واقع شخص میتواند راجع به آنچه که میخواهد بگوید تصمیم بگیرد اما تنها قادر به تولید اصوات نامفهوم (لالی مرکزی) است که این موضوع ناشی از آسیب ناحیه ی تکلمی بروکا واقع در ناحیه پره فرونتال و پیش حرکتی مربوط به صورت میباشد که در حدود 95 درصد موارد در نیمکره چپ قرار دارد و به این اختلال آفازی حرکتی میگویند.

• آفازی حسی یا sensory aphasia یا global aphasia

اما اگر ناحیه ورنیکه یا اطرافش که مربوط به دریافت حواس است دچار اختلال شود فرد دچار آفازی حسی میشود یعنی آسیب به این ناحیه منجر میشود که فرد دچار نقصان در کلمه فهمی یا تکلم بشود و دارای قدرت تفسیر یا معنی دهی به کلمات یا هر اطلاعات شنیده شده یا خوانده شده نمیشود.

هر چند که فرد هم میبیند و هم میشنود و حتی اگر شما کلمات را به صورت توخالی برایش بنویسید قادر به

رنگ کردن داخل کلمات است ولی توانایی تفسیر معانی این کلمات را ندارد.

اختلال مرکزی در ارتباط ، قبل از سکنه صحبت روان بوده است اما بعد از آن متوجه گفتار شخص نمی شویم. زیرا بخش گفتار سالم است و کلمات را ادا می کند اما زنجیره معنایی پشت آن مختل است و اساسا کلمات بیان شده مفهومی ندارند و درک معنایی مختل شده است.

• افکار و هوشیاری و حافظه thoughts, consciousness, memory

فکر و اندیشه چیزی نیست جز چرخش سیگنال ها در مراکز متعدد که با الگوهای خاصی میتوانند مفاهیم را در فرد تداعی کنند پس پردازش مجموعه این سیگنال ها در بخش های مختلف لیمبیک و مغز میانی و قشر مغز و ... در فرد منجر به تداعی یک اندیشه میشود. هوشیاری پایش اطلاعات حسی به طور مداوم است و در واقع آگاهی فرد از اطلاعات حسی و افکار خودش این امکان را فراهم میکند که فرد امکان بهره برداری از این امکانات را داشته باشد و هوشیاری خوبی برای کارکرد های بعدی نیز داشته باشد.

یادگیری تغییر رفتار بر اساس تجربه است مثلا شرطی شدن ارگانیسم در طی آزمایشی که ما میدانیم بوی غذا موجب ترشح بزاق میشود حال اگر به محرک دیگر مثل زنگ را همزمان با بوی غذا اضافه کنیم بعد از مدتی حتی بدون بوی غذا نیس ارگانیسم با شنیدن صدای زنگ بزاق ترشح خواهد کرد. اعتقاد دارند که این مسیر از طریق شکل گیری سیناپس های تسهیلی است که موجب شکل گیری حافظه در فرد میشود یعنی در دفعات بعدی با سیگنال های درون زا آن سیناپس میتواند دوباره فعال شده و آن رفتار و اندیشه و آن مدار جدید تشکیل یافته با تسهیل به راحتی بازیابی شوند و به این صورت بدون محرک اولیه آن رفتار (ترشح بزاق) را ما مشاهده می کنیم. یا مثلا فردی که شکل مولکول گلوکز را در دفعات اول با دیدن از روی کتاب میکشید بعد از چند مرتبه بدون نگاه کردن به کتاب و صرفا از طریق حافظه خود و سیناپس های تسهیل کننده مسیر بکشد.

مثلا در شرطی شدن کلاسیک

• حافظه مثبت و منفی - حساس شدن و عادت کردن

اگرچه اغلب به حافظه به عنوان خاطرات مثبت افکار یا تجارب گذشته نگاه میکنیم اما احتمالا بخش اعظم حافظه مارا خاطرات منفی تشکیل میدهند نه خاطرات مثبت.

مثلا اگر صدای زنگ بعد از مدتی بدون پاداش باشد آن واکنش حذف میشود و یا مثلا اگر از بین چند اهرم فقط با فشردن یکی از آنها ارگانیسم به غذا دست می یابد ارگانیسم آن اهرم خاص را یادمیگیرد و حتی اگر چند روز در آن مکان نباشد بعد از اینکه دوباره به آنجا بازگردد به سراغ همان اهرم خاص خواهد رفت و به این صورت

بسیاری از سیگنال های محیطی که برای ما ارزش خاصی ندارند با واکنش بی تفاوتی ما روبرو خواهند شد و این حافظه منفی ماست که کمک به نادیده گرفتن اطلاعاتی میکند که هیچ سودی برای ما ندارد که این حالت برعکس آنچیزی است که ما در ترشح بزاق به دنبال شنیدن زنگ دیدیم. (حساس شدن - حافظه مثبت)

✚ حافظه بر اساس نوع اطلاعات ذخیره شده به دو بخش تقسیم میشود:

1. **حافظه قابل بیان یا اخباری** : اطلاعات مربوط به حوادث رخ داده در محیط ما و روابط بین اشیا و تجارب ما و... جزء این حافظه اند. خاطره ارتباطات زمانی - خاطره علل تجارب ما - خاطره معانی تجارب ما - خاطره قضاوت های یک فرد که در ذهن شخص باقی مانده اند.
2. **حافظه مهارتی (skill memory)**: به طور شایعی با فعالیت های حرکتی بدن فرد مرتبط است از قبیل مثلا تمام مهارت هایی که جهت پرتاب یک توپ تنیس شکل گرفته است مانور های حرکتی مختلف در انجام آن مهارت.

✚ تقسیم بندی دیگری از حافظه داریم که شامل سه بخش است:

1- حافظه کوتاه مدت یا short term memory

در حد چند ثانیه تا چند دقیقه دوام می آورد (مثلا وقتی شماره تلفنی را برای چند ثانیه حفظ میکنیم تا از آن سریعاً استفاده کنیم) مدارهای نوسانی کار میکنند (در فصل اول بحث شده است) یا تسهیل های سیناپسی کوتاه مدت و گذرا.

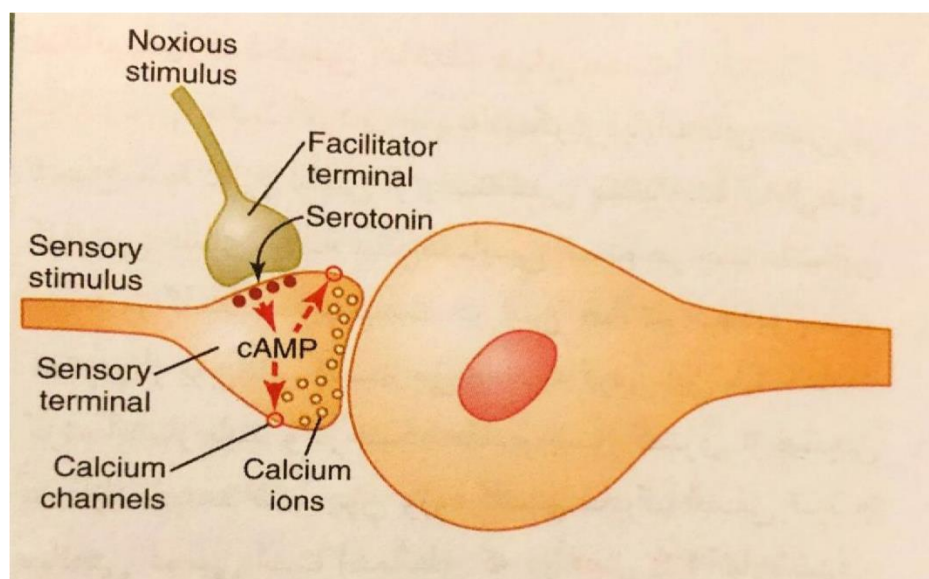
2- حافظه میان مدت یا intermediate long term memory

در حد چند روز تا چند هفته دوام می آورد. تغییرات سیناپسی رخ میدهد (تسهیل سیناپسی قوی تر رخ میدهد) اگر سیگنال به شکل پایانه پیش سیناپسی بیاید و به یک پیام پس سیناپسی تبدیل شود و اگر این پیام فاقد ارزش باشد به مرور انتقال محو شده و واکنش فرد بی تفاوتی است. اما اگر این پیام ارزشمند باشد سیستم ارزش گذار (لیمبیک) به شکل آکسون - آکسونیک روی ترمینال سیناپسی اثرگذار باشد موجب تسهیل این فرایند و تقویت سیناپس میشود.

شکل زیر مکانیسم مربوط به حافظه هایی است که در حلزون بزرگ آپلیسا از چند دقیقه تا 3 هفته باقی میماند. (حافظه مبتنی بر تغییرات شیمیایی در پایانه پیش سیناپسی یا غشا نورو سیناپسی)

در این شکل 2 نوع پایانه سیناپسی هست یکی مربوط به نورو حسی که مستقیماً به سطح نورو حسی که قرار است تحریک شود ختم می شود (پایانه حسی) پایانه دیگر انتهای پیش سیناپسی است که بر سطح پایانه حسی قرار گرفته و **پایانه تسهیل کننده** نام دارد. اگر پایانه سیناپسی به طور مکرر تحریک شود ولی پایانه تسهیل کننده تحریک نشود در ابتدا هدایت پیام زیاد است اما با تحریک مکرر به تدریج شدت آن کمتر و کمتر میشود تا اینکه در نهایت متوقف میشود. (این پدیده عادت کردن است که نوعی حافظه منفی است)

در این شکل سروتونین توسط ارگانیسم مد نظر ترشح میشود ← در پایانه سیناپسی وقتی سیستم ارزش گذار با اتصال آکسون آکسونیک در این محل سروتونین را آزاد میکند، به رسپتور خود می چسبد ← افزایش cAMP داخل سلولی (ترمینال پیش سیناپسی) ← موجب فعال شدن پروتئین کیناز شده ← پروتئین کیناز موجب از کار انداختن کانال پتاسیم با فسفریله کردن میشود (بعضاً می گویند این فسفریله کردن توسط پروتئین کیناز تا چند هفته میتواند ادامه یابد) و در واقع در پایانه پیش سیناپسی است و به ریپلاریزه شدن کمک میکند ← کند شدن ریپلاریزه موجب طولانی شدن پتانسیل عمل شده ← دیپلاریزیشن طولانی منجر به فعال ماندن طولانی مدت کانال های کلسیمی وابسته به ولتاژ میشود ← نفوذ کلسیم را افزایش داده ← موجب افزایش آزادسازی نوروترانسمیتر ها ← در نتیجه تقویت و تسهیل این سیناپس میشود که باعث تداعی و بازیابی اطلاعات در فرد میشود و به این ترتیب حافظه میان مدت شکل میگیرد.



از طرف دیگر اگر یک محرک درد زا پایانه تسهیل کننده را همزمان با پایانه حسنی تحریک کند به جای تضعیف پیشرونده ی سیگنال انتقال یافته به نورون پس سیناپسی هدایت سیناپسی بسیار آسانتر میشود و حتی بدون تحریک بیشتر پایانه تسهیل کننده تا چندین دقیقه و ساعت و حتی با تمرین شدیدتر تا سه هفته همچنان قوی می ماند. بنابراین محرک دردزا مسیر حافظه از طریق پایانه حلی را برای چندین روز تا چند هفته تسهیل میکند.

نکته جالب این است که حتی بعد از عادت کردن مسیر تنها با چند محرک درد زا میتوان آنرا به مسیری تسهیل شده تبدیل کرد.

3- حافظه درازمدت یا long term memory

مثلا اسم خودمان یا اقوامان جزو این اطلاعات است که تا آخر عمر در یادمان خواهد ماند.

معتقدند اتفاقاتی که در اینجا رخ میدهد اتفاقات ساختاری است نه صرفا تغییرات شیمیایی (بنابراین تشکیل حافظه بلندمدت به بازسازی فیزیکی خود سیناپس ها بستگی دارد چراکه تصاویر میکروسکوپی الکترونیکی از بی مهرگان نشان دهنده تغییرات متعدد فیزیکی در ساختمان سیناپس هاست. اگر دارویی به حیوان داده شود که مانع ساخت pro در نورون پیش سیناپسی شود این تغییرات ساختاری روی نخواهد داد و حافظه پایدار شکل نخواهد گرفت.

✚ مهمترین تغییرات ساختاری فیزیکی که روی می دهد:

- 1- افزایش تعداد مکان های آزادسازی وزیکول جهت ترشح میانجی عصبی
- 2- افزایش تعداد وزیکول های ترشح شده
- 3- افزایش تعداد پایانه های پیش سیناپسی
- 4- تغییر در ساختمان دندریتی که انتقال سیگنال های قوی تر را امکان پذیر می سازد.
- 5- افزایش محل آزاد سازی نوروترانسمیتر ها

! قانون سلول ها و مسیر های عصبی : هر چه بیشتر فعال باشند بیشتر زنده می مانند و رشد می کنند ! پیام های دریافتی از سلول هدف باعث رشد می شود و جلوی مرگ را می گیرد.

• تثبیت حافظه یا consolidation of memory

یک فرآیند فعال مغزی که بعد از ورود اطلاعات دائماً کارکرد دارد و گردش اطلاعات وجود دارد تا این تسهیل صورت بگیرد و اطلاعات تثبیت شود و موجب تبدیل حافظه کوتاه به بلندمدت می شود.

فرض کنید یک صفحه از کتابی را به فردی می دهیم تا مطالعه کند بعد از مطالعه اگر بلافاصله بیهوش شود بعد از به هوش آمدن چیزی یادش نمی آید ولی مثلاً اگر ده دقیقه بعد از خواندن بیهوش شود بعد از به هوش آمدن یکسری مطالب از آن صفحه یادش مانده است و اگر یک ساعت بعد بیهوش شود بعد از به هوش آمدن تمام مطالب یادش می آید پس فرآیند تثبیت یک فرآیند زمان بر است ولی اگر جلوی این عمل گرفته شود و فرآیند بازگردش اطلاعات متوقف شود اختلال پیش میاید.

علاوه بر ای ها این عمل موجب دسته بندی اطلاعات مشابه در مغز می شود که این دسته بندی ها در بازیافت و بازخوانی ها هم بسیار کاربرد دارد.

!! اعتقاد : سیناپس ها بعد از تولد وصل به یک قانون اند که هر چه کار کنند بیشتر دوام می آورند (در حین کار)!

قانون >>> Use it or lose it

- هایپوکامپ سیناپس ها بعد از تولد بر اساس فعالیت و استفاده دوام می آورند اطلاعاتی که بارها استفاده شوند تقویت و پایدار می شوند اطلاعات غیر استفاده شده از بین میروند

بخشی از سیستم لیمبیک که نقش مهمی در حافظه و تثبیت آن دارد. جز مهمی از مراکزی که عواطف و پاداش و تنبیه ما را می سازد.

معتقدند ارزش گذاری های مغزی نهایتاً از طریق هایپوکامپ میتوانند دستور تثبیت حافظه را صادر کنند و در صورت اختلال در هایپوکامپ تاثیر جدی بر حافظه فرد در مورد اطلاعات قبل اختلال به وجود نمی آید ولی بعد از اختلال در هایپوکامپ افراد توانایی ذخیره حافظه کلامی و حافظه قابل بیان این اختلال راجع به بخش مهارتی حافظه نیست و فقط مربوط به بخش دانش و حافظه اخباری است به صورت بلندمدت و حتی بعد از چند دقیقه را ندارند که به این اختلال فراموشی پیشگرا یا **anterograde amnesia** میگویند (یعنی شخصی با آسیب هایپوکامپ می تواند مهارت جدیدی مثل دوچرخه سواری را یاد بگیرد ولی دانش تنوری جدید نه)

آمیگدال نقش هیجانی و ارزش گذاری دارد، و با هایپوکامپ (نقش تثبیت حافظه بلندمدت) در ارتباط است.

همچنان که در اثر آسیب به تالاموس مشاهده شده که فرد در به یاد آوردن اطلاعات گذشته دچار مشکل میشود که به آن فراموشی پسگرا یا **retrograde amnesia** می گویند. (امروزه می گویند دستیابی به اطلاعات گذشته از طریق دسته بند های موجود و کارکرد تالاموس امکان پذیر است)

- ضایعات هایپوکامپ میتوانند گاهی هر دو نوع فراموشی را به وجود آورند ولی آسیب اختصاصی برخی نواحی در تالاموس می تواند منجر به فراموشی پسگرا بدون هر گونه فراموشی پیش گرا شود.