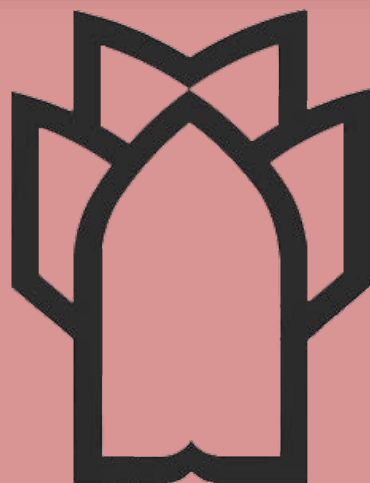


جلسه دوازدهم

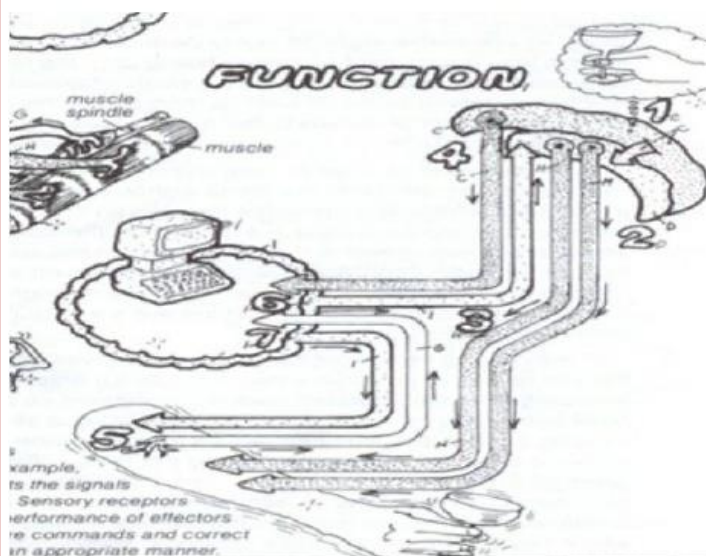
همکاری مخچه و عقده های قاعده ای در کنترل کلی حرکات



گردآورنده: بشرا الفتی



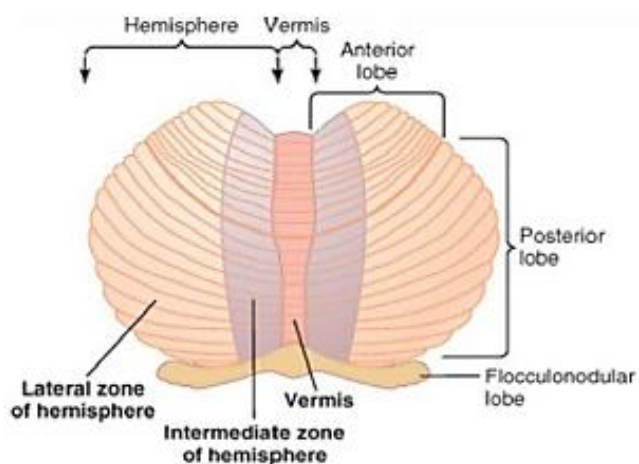
دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه



مخچه و عقده‌های قاعده‌ای از اجزای مهم سیستم حرکتی هستند که اگر چه ممکن است به طور مستقیم در سیستم حرکتی تأثیر نگذارند؛ سال‌ها فکر می‌کردند نبودشان فلجی ایجاد نمی‌کند تا در نهایت دیدند آسیب به مخچه اختلالات حرکتی بسیار عمده‌ای ایجاد می‌کند و این منطقه ساکت مغز نقش ویژه‌ای در نوروفیزیولوژی حرکتی دارد. مخچه اگرچه به طور مستقیم بر فرامین حرکتی نقش ندارد ولی یک رونوشت از همه دستورات به ویژه فرامین ارادی مربوط به کورتکس دارد حتی فرامین حرکتی که از ساقه مغز خارج می‌شود.

مخچه برای اینکه کارها را انجام بدهد به چه صورت عمل می‌کند؟

در تصویر مخچه را برای بررسی نوروفیزیولوژی مشاهده می‌کنید. هر نیمکره مخچه (Hemisphere) یک قسمت intermediate Zone و یک قسمت Lateral zone دارد که دو نیمکره مخچه توسط کر مینه (vermis) به هم متصل شده‌اند.



وضعیت اندام‌ها را به مخچه spinocerebellar tract گزارش می‌دهد.

قسمت‌های intermediate zone و vermis فرامین حرکتی مربوط عضلات اعم از عضلات محوری که در ناحیه Vermis هست و عضلات اندام‌ها و انتهاها که در Intermediate Zone هست، مجموعاً در اینجا اصلاحات صورت می‌گیرد برای همین به این دو ناحیه با هم spinocerebellum (مخچه نخاعی) گفته می‌شود.

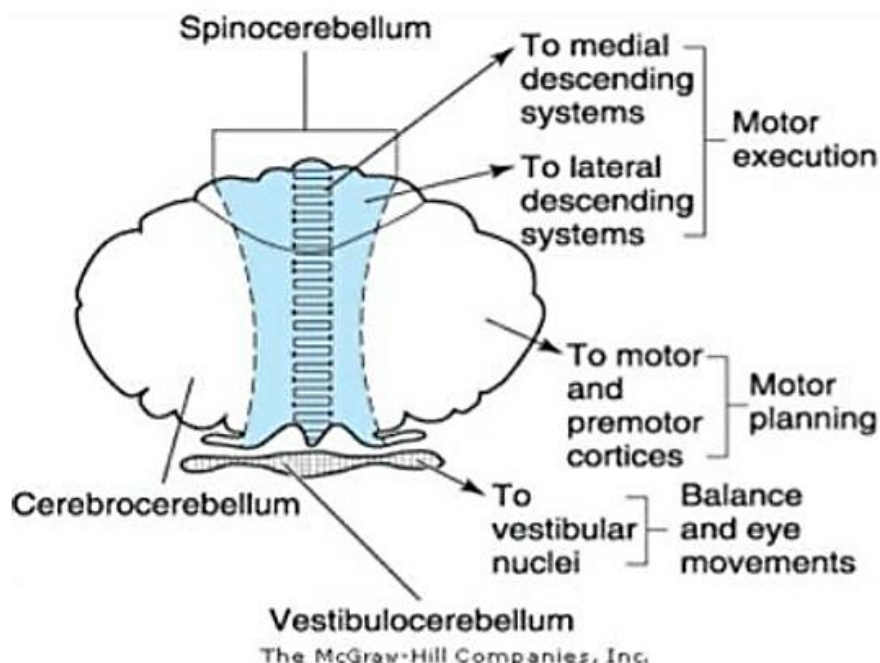
Lateral zone ها عمدتاً با cortex حرکتی و طراحی‌های اعمال حرکتی سر و کار دارد برای همین به آن cerebocerebellum (مخچه قشر مغزی) گفته می‌شود.

طراحی و برنامه‌ریزی حرکات ارادی حرکات ظریف و دقیق (مثل نوشتن)

مخچه: رونوشت (Copy) از فرامین حرکتی صادر شده از: کورتکس حرکتی و ساقه مغز رادریافت می‌کند سپس حرکت را از نظر: دقت و زمان بندی و هماهنگی اصلاح می‌کند
مخچه حرکت را «ایجاد» نمی‌کند، بلکه آن را بهینه و دقیق می‌کند.

کنترل و اصلاح حرکات:
عضلات محوری تنه : Vermis
عضلات اندام‌ها : Intermediate zone
وظیفه اصلی: اصلاح حرکات در حال انجام- حفظ هماهنگی و دقت

فرامین حرکتی ارادی که در کورتکس حرکتی و نواحی برنامه‌ریزی حرکتی ساخته می‌شوند، قبل از اجرای نهایی، از طریق پل مغزی (Pons) به مخچه ارسال می‌شوند تا: برنامه‌ریزی شوند و زمان بندی و دقت آنها تنظیم شود این انتقال عمدتاً توسط مسیرهای Corticopontine و Pontocerebellar انجام می‌شود.



* در spinocerebella یک آدمک حرکتی دیده می شود. مشابه homunculus حرکتی در کورتکس

آوران ها هم وضعیت اندام ها و هم فرامین حرکتی را به مخچه منتقل می کنند.

Spino cerebellar tracts : از پر سرعت ترین fiber ها و نشان دهنده ای اهمیت بالا که قسمت Dorsal آن

اطلاعات مربوط به وضعیت اندام ها را منتقل می کند و قسمت ventral آن از قسمت نخاعی حرکتی اطلاعات را

شاخ قدامی

به مخچه می آورد، عمدتاً اطلاعاتی که روی آنها موتور نورون ها سوار می شود.

فرمان حرکتی که به آلفا موتور نورون می رسد: حاصل بمباران سیناپسی از بخش های مختلف CNS است :

یک کپی از این فرمان حرکتی هم زمان به مخچه فرستاده می شود تا مخچه آن را با هدف برنامه ریزی شده

مقایسه کند و اگر خطا یا عدم تطابق وجود داشت اصلاح انجام دهد

فرمان حرکتی که به آلفا موتور نورون می رسد حاصل بمباران های بسیار از بخش های متفاوت است؛ سپس تمام

این اطلاعات توسط بخش و نترال مسیر spinocerebellar به مخچه فرستاده می شود تا مخچه بفهمد که چه

پیام هایی قرار است عملی شوند. در واقع یک کپی از و ابران حرکتی به مخچه فرستاده می شود تا اگر اشکالی

وجود داشته باشد اصلاح شود.

دستورات اصلاحی مخچه از طریق هسته های عمقی منتقل می شوند: (خروجی های مخچه)

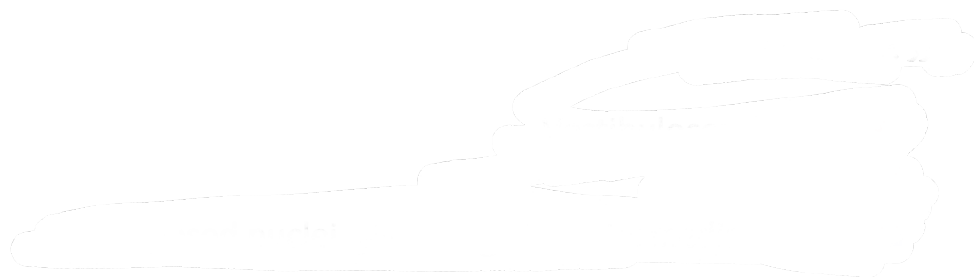
۱- قسمت vermis از طریق هسته fastigial خروجی خود را اعمال می کند.

۲- قسمت Lateral zone از طریق هسته dentate خروجی اش را اعمال می کند

۳- قسمت intermediate zone از طریق هسته Interposed nuclei خروجی اش را اعمال می کند

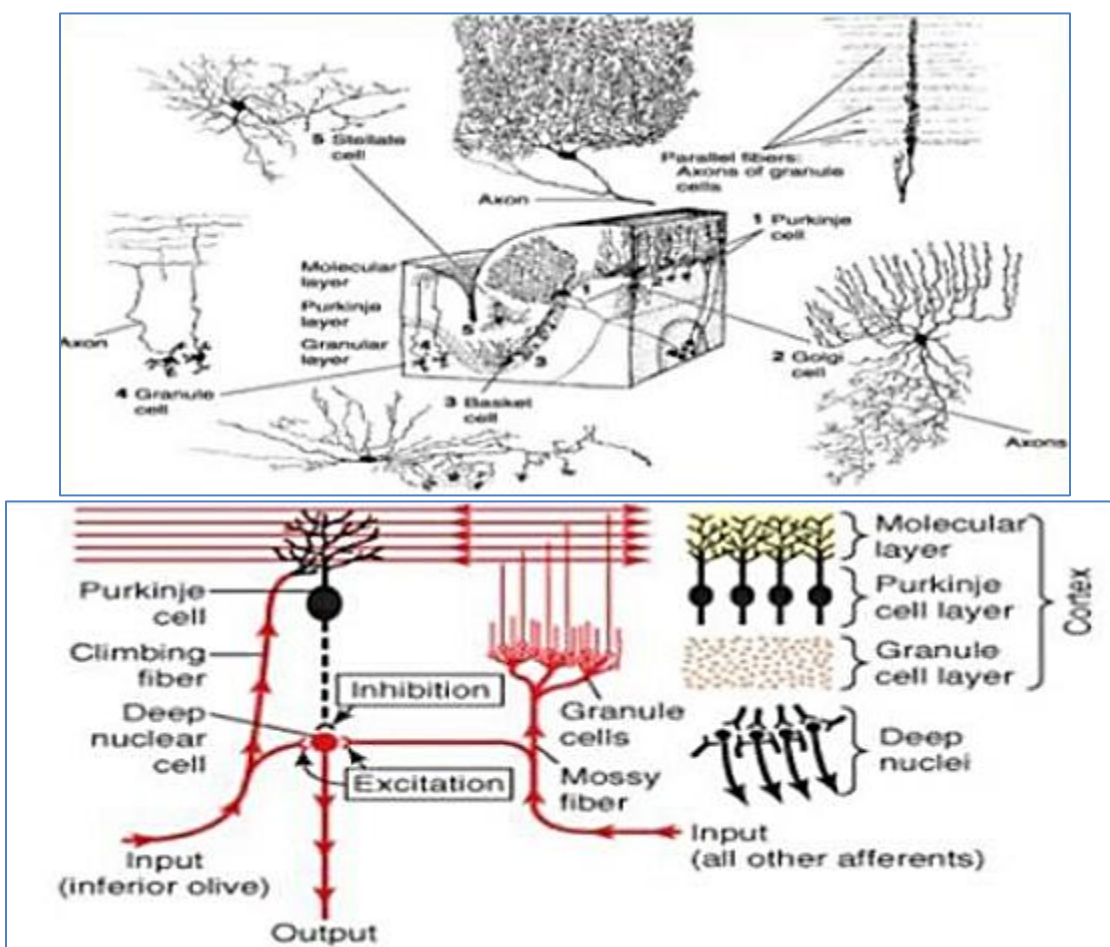
۴- قسمت folcculonodular (Vestibulocerebellum) از طریق Vestibular nuclei خروجی اش را

اعمال می کند



در اسلاید زیر قشر سه لایه مخچه و هسته ها را مشاهده می کنید:

Neuronal Circuit of the Cerebellum



شکل کلی مدارهای مخچه، ورودی، purkinje cell، هسته عمقی، خروجی (به ترتیب)

از نظر بافتی ورودی های مخچه دو دسته اند mossy fibers و climbing fibers که ما کاری با دسته دوم نداریم که از هسته زیتونی تحتانی می آید و اصل کار ما با mossy fibers هست که از سایر جا ها منشاء

می گیرد.

خروجی عمده از طریق هسته عمقی است.

• اگر مخچه آسیب ببیند هایپو توبیا پیش می آید زیرا عضله مربوطه شل می شود.

• مجموعه ی **purkinje cell** و هسته عمقی یک واحد کاری مخچه است.

• **Mossy fiber** که از ورودی ها هستند مدارهایی را در واحد حرکتی می سازند. با هر ورودی **mossy fiber**

یک اثر تحریکی روی سلول های هسته های عمقی داریم و با یک تأخیر در نهایت یک مهار روی سلول های هسته عمقی به واسطه سلول های پور کنژ رخ می دهد.

• **الیاف خزه ای پیام ها را وارد مخچه کرده و به طور مستقیم هسته های عمقی را تحریک می کنند که این مسیر، مدار کوتاه را تشکیل می دهد.** هم زمان الیاف خزه ای با فعال سازی قشر مخچه، سلول های پور کنژ را تحریک می کنند و سلول های پور کنژ با اثر

مهارى خود بر هسته های عمقی، مدار بلند را ایجاد می کنند.

• سلول عمقی مخچه اثر تحریکی روی سیستم حرکتی دارد.

• **Mossy fiber** ورودی یک مدار کوتاه تحریک روی سلول هسته عمقی و یک مدار بلند به واسطه این

سلول ها در نهایت منتقل می شود پیام به پور کنژ مربوطه و به واسطه آن اثر مهارى روی سلول هسته عمقی دارد.

• مکانیسمی به نام **turn on-turn off** باعث می شود تحریک و مهار به موقع انجام شود و جلوی نوسانات تحریک اولیه توسط مدار کوتاه **Turn ON:**

گرفته شود. **مهار با تأخیر توسط Purkinje cell: Turn OFF**

در نتیجه: جلوگیری از نوسان و دقت در زمان بندی حرکت

• یکسری سلول ها هم وجود دارند که باعث می شوند پالس فقط روی پور کنژ مربوطه منتقل شود نه پور کنژ

کناری **Basket & Stellate cell**

• در این مدار فرمان حرکتی از **Cortex** می آید یک رونوشت آن به مخچه میرود و در آنجا وضعیت فرامین و

آلفا موتور نوروها مقایسه می شود در نتیجه پالس اصلاحی نه مستقیم به عضله بلکه به مراکز حرکتی مثل هسته قرمز و با واسطه تالاموس به کورتکس و نهایتاً انقدر اصلاح می شود تا به مقصد نزدیک و نزدیک تر شود.

• بعضی حرکات در لحظه به دلیل سرعت بالا قابل اصلاح نیست و به مرور و با یادگیری اصلاح می شوند.

مدار کوتاه از **mossy fiber** به هسته عمقی می رود و سلول های آنجا را تحریک می کند، مدار بلند **mossy**

fiber وارد قشر مخچه می شود و سلول پور کنژ مربوط به خودش را تحریک می کند و آن هم سلول های هسته

عمقی را مهار می کند.

عملکرد مخچه مغزی

CerebroCerebellum (مخچه مغزی) از نظر آناتومیک سطح وسیعی دارد که متناسب با عملکرد آن است.

امروزه معتقدند که طرح های حرکتی که در قشر مخ طراحی می شوند، برای اجرا شدن نیاز به اصلاح در مخچه دارند. در واقع کار مخچه آبدیده کردن طرح های حرکتی است، قبل از اینکه ابلاغ شوند.

بررسی هسته های خروجی مخچه مغزی (همان هسته دندریتیک) نشان می دهد که هنگامی که فرد در حال انجام کار A است، طراح حرکتی کار B در مخچه اصلاح و به اصطلاح آبدیده می شود؛ پس مخچه طراحی های حرکتی را یک قدم جلوتر اصلاح می کند.

از دیگر عملکردهای مخچه مغزی، اصلاح و نهایی کردن توالی (Sequence) حرکت است؛ به عنوان مثال، ورزشکاران باید چند جور حرکت مختلف را پشت سر هم انجام دهند و این حرکات نیز باید قابل تبدیل به هم باشند. اگر الگوی حرکت به نحوی آبدیده نشود که این حرکات مختلف پشت سر هم انجام نشود و حرکتی به حرکت دیگر تبدیل نشود (به دنبال هم بیایند)، عملکرد ورزشکار مختل می شود؛ بنابراین اصلاح حرکات ترتیبی و پی در پی توسط مدارهای مخچه انجام می شود.

زمانبندی و تایمینگ حرکت هم توسط مخچه انجام می شود. به عنوان مثال در والیبال، هماهنگی بین پاسور و بازیکن ضربه زننده به توپ، برای اینکه در بهترین زمان ممکن بپرد و به توپ در بالاترین ارتفاع ضربه بزند، توسط مخچه تنظیم می شود.

بنابراین Sequencing و Timing از اعمال مخچه مغزی یا CerebroCerebellum است و آسیب به آن ممکن است اثر عمیقی نگذارد؛ اما اول از همه این دو را مختل می کند و به سادگی می توان سلامت مخچه را تست کرد؛ به این صورت که از فرد بخواهیم به نشانه ای روی میز و سپس به بینی خود دست بزند و با دو دست این کار را پشت سر هم انجام دهد؛ فرد عادی میداند که در چه زمانی و با چه پلنی این تغییر حرکت را انجام دهد اما در فرد آسیب دیده، زمانبندی چرخش دسته مختل می شود که به این اختلال، dysdiadochokinesia می گویند و نشانه اختلال در مخچه مغزی است.

مخچه می تواند زمان مورد نیاز برای انجام طرح A و شروع طرح B را محاسبه کند و با یادگیری این زمان ها را

پیدا و اصلاح کند. این موضوع علاوه بر اعمال حرکتی مخچه، برای Extramotor Predictive Functions هم کاربرد دارد.

به عنوان مثال، در سبقت گرفتن از Extramotor Predictive Functions مخچه مغزی برای تخمین و ارزیابی سرعت خود، ماشین جلویی و ماشینی که از روبرو می آید و همین طور مسافت ها استفاده می کنیم تا به موقع و درست سبقت بگیریم.

در مثالی دیگر، میمونی که روی یک ریل قرار دارد و به سمت مانعی می رود، با کمک مخچه می تواند سرعت، مسافت و زمان رسیدن به مانع را به طور تقریبی محاسبه کند و از برخورد با مانع خود را نجات دهد؛ اما در صورت آسیب به مخچه، در Extramotor Predictive Functions ناتوان است و به مانع برخورد می کند.

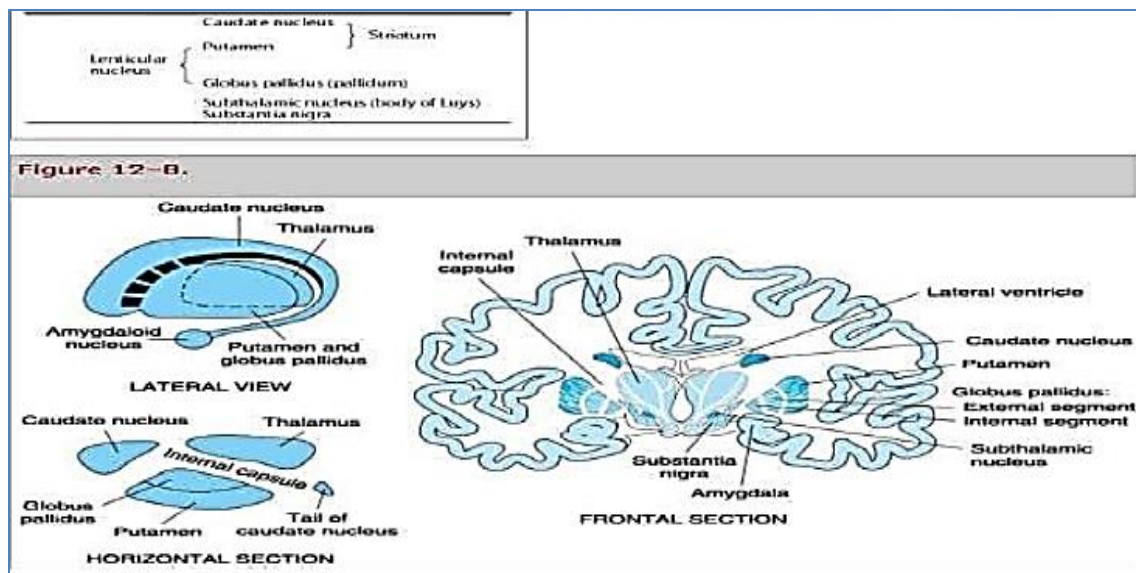
اختلالات بالینی مربوط به مخچه

- 1) Dysmetria and Ataxia ← اختلال در تعادل و ناتوانی در تخمین صحیح فاصله؛ بیمار در رساندن اندام به هدف دچار خطا می شود
- 2) Past Pointing ← بیمار هنگام اشاره به یک نقطه (مثلاً لبه میز)، از هدف عبور می کند و حرکت دقیق ندارد.
- 3) Failure of Progression یعنی شکستن حرکت پیچیده به حرکات ساده و جداگانه
- 4) Dysdiadochokinesia ناتوانی در انجام حرکات متناوب سریع، مانند چرخاندن متناوب دست ها
- 5) Dysarthria ← اختلال تکلم پیدا می کند و بریده بریده حرف می زند.
- 6) Intention Tremor ← لرزش اندام هنگام انجام حرکت آزادی که با نزدیک شدن به هدف تشدید می شود.
- 7) Cerebral Nystagmus ← حرکت چشم برای تمرکز روی اشیاء دچار لرزش می شود.
- 8) Hypotonia ← چون مخچه تأثیر مثبت بر سیستم حرکتی دارد، اگر نباشد عضلات شل می شوند.

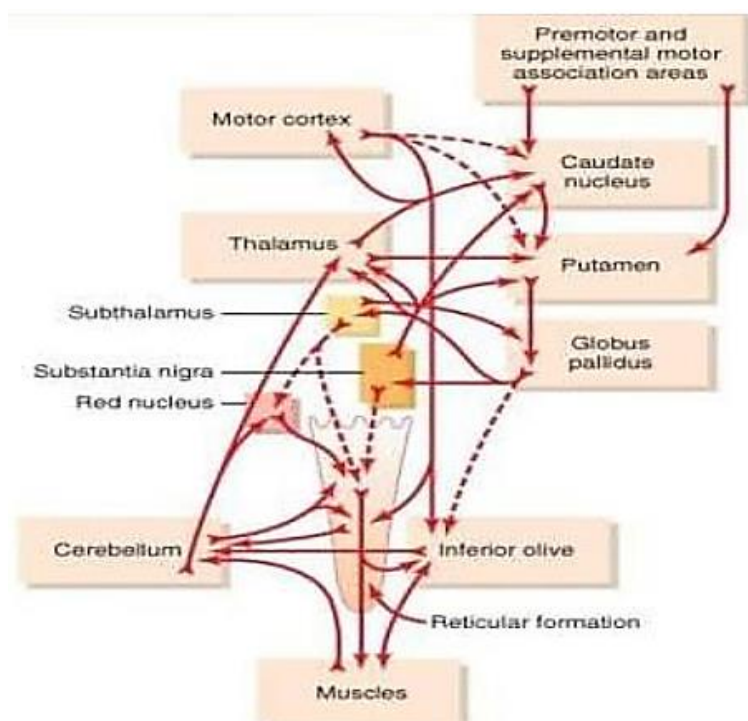
عقده‌های قاعده‌ای

مجموعه Globus Pallidus Putamen.Caudate، Subthalamic Nucleus، جسم سیاه و ... را عقده‌های قاعده‌ای می‌گویند.

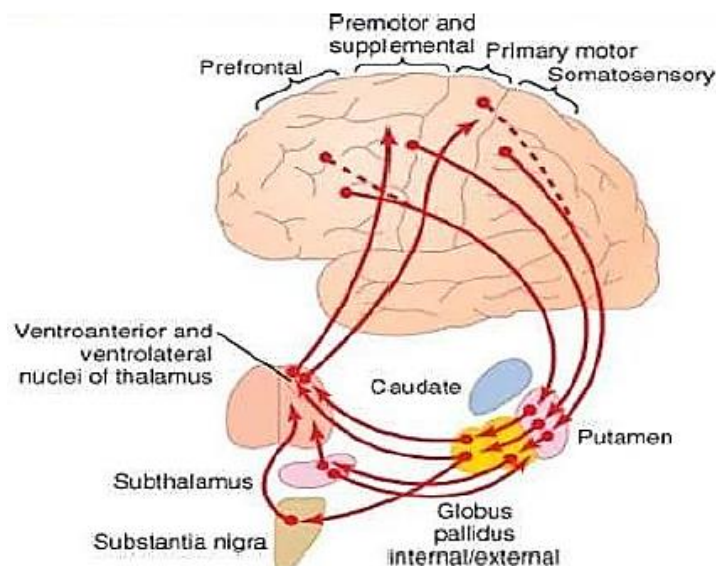
Basal Ganglia- Their Motor Functions



این عقده‌ها در مسیر Corticospinal Tract قرار گرفته‌اند. انتقال اطلاعات زیادی به این اجزا صورت می‌گیرد و همین‌طور بازگشت دوباره این سیگنال‌ها به کورتکس حرکتی.



فرمان حرکتی از کورتکس حرکتی می‌آید و در اجسام قاعده ای شروع به گردش می‌کند و نهایتاً در این چرخه، فرمان حرکتی تکمیل می‌شود و به تکامل می‌رسد. اگرچه اطلاعات زیادی از عقده‌های قاعده‌ای نداریم، اما در فرمان‌های حرکتی کورتکس (\neq کارهای مقیاس دانش) جوری همکاری نزدیکی دارد که گویا جزئی از کورتکس حرکتی و اجزا آن است. بخاطر همین است که مهارت‌های حرکتی مثل شنا و دوچرخه سواری نسبت به درس خواندن، به ندرت فراموش می‌شود.



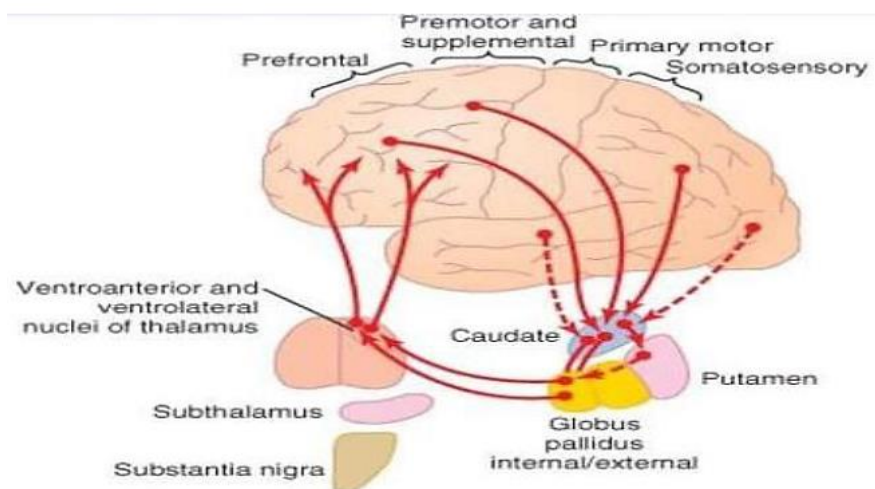
این شکل نشان می‌دهد که فرمان حرکتی از نواحی مختلف کورتکس وارد عقده‌های قاعده‌ای شده و بازهم به کورتکس بازگشته است. (مدار Putamen)

یکی از جنبه‌های بلوغ فرمان حرکتی که در عقده‌های قاعده ای رخ می‌دهد، از جمله مدار Putamen، حفظ مقیاس حرکت است. به عنوان مثال، با انگشت حرف «آ» را بنویسید یا با میچ دست یا با آرنج یا حتی هنگام راه رفتن در تمام این موارد مقیاس حرکت حفظ شده است و تناسب بین اجزا رعایت شده است و برای همین «آ» قابل خواندن است. آسیب به ناحیه‌های ۵ و ۷ برومن (parietal cortex) باعث می‌شود این توانایی مختل شود، زیرا این نواحی مسئول ادراک فضایی و ادغام حسی-حرکتی هستند.

اختلالات مدار Putamen

آسیب به Globus Pallidus باعث Athetosis و حرکت کرمی شکل اندام‌ها می‌شود. مثلاً در نوزادانی که با هاپوکسی به دنیا می‌آیند، دستشان کرمی شکل حرکت می‌کند و جمع و باز می‌شود. آسیب به subthalamus موجب heniballismus می‌شود و فرد ناخودآگاه دستش را مثل بال زدن پرند باز می‌کند. آسیب به Putamen باعث chorea می‌شود که حرکت ناگهانی یک نیمه بدن است که می‌تواند حتی فرد را زمین بزند.

مدار Putamen: فرمان حرکتی از نواحی مختلف کورتکس وارد Putamen می‌شود و سپس بازگشت به کورتکس از طریق Globus Pallidus و Thalamus انجام می‌شود.



این شکل مدار Coudate را نشان می دهد. بسیاری از مهارت های حرکتی که در مدارهای دیگر آموخته شده، در اینجا بازیافت می شود؛ یعنی احیا می شود. به عنوان مثال وقتی توپی به طور ناگهانی به طرف کسی پرتاب شود، واکنش فرد برای حفاظت از خود متفاوت است. افراد عادی ممکن است با دست مانع توپ شوند اما کسی که بوکسور است، سرش را می دزدد. اینکه در کسری از ثانیه چه واکنشی رخ دهد، بخاطر فراخوانی ناخودآگاه مهارت های حرکتی توسط این مدار است.

بسیاری از مهارت های حرکتی آموخته شده در دیگر مدارها
اینجا فراخوانی (recruit) می شوند

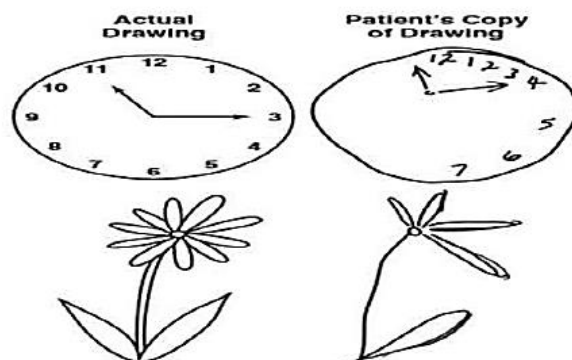


Figure 57-13 Illustration of drawings that might be made by a person who has *neglect syndrome* caused by severe damage in his or her right posterior parietal cortex compared with the actual drawing the patient was requested to copy. Note that the person's ability to copy the left side of the drawings is severely impaired.

در این شکل به علت اختلال در Basal Ganglia مقیاس به هم خورده است.

بخش pars compacta

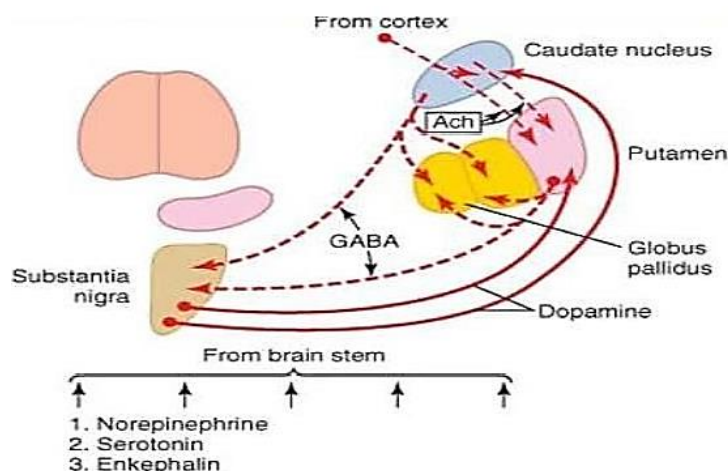
وقتی فیبرهای دوپامینرژیک Substantia Nigra که جزئی از عقده‌های قاعده‌ای است، به دلایل مختلف مثل خونریزی مزمن، عفونت‌های ویروسی و... آسیب می‌بیند، بیماری پارکینسون ایجاد می‌شود و فرد را دچار اختلال حرکتی می‌کند. سختی عضلانی، سختی شروع حرکت و لرزش عضلانی از علائم پارکینسون است. پارکینسون بخاطر از بین رفتن فیبرهای دوپامینرژیک است؛ چون دوپامین باعث تاثیر مهاری می‌شود و وقتی نباشد، تعادل به سمت پالس‌های حرکتی می‌رود و یک انقباض فلج کننده به فرد می‌دهد و فرد دائم این ناتوانی را دارد و حتی

وقتی که می‌خواهد حرکت را شروع کند، با آخرین تمرکز می‌تواند حرکت را شروع کند.

سختی عضلات - Rigidity

کندی شروع و اجرای حرکت - Bradykinesia

لرزش در حالت استراحت - Rest tremor



متوجه شدیم که Vestibulocerebellum به تعادل، وضعیت اندام‌ها نسبت به هم و محاسبات لازم را برای انجام حرکات پیچیده (مثل زمانی که فرد در حال چرخش و یا پیچیدن است) را انجام می‌دهد.

علاوه بر آن، قسمت Spinocerebellum در ایجاد دقت در حرکت اندام‌ها (مثل زمانی که می‌خواهیم توپ را داخل سبد بسکتبال بیندازیم) نقش دارد.

نتیجه: اگر هر کدام از قسمت‌های Vestibulocerebellum و Spinocerebellum وظیفه خود را به درستی انجام ندهند، Overshoot اتفاق می‌افتد.

حرکات پرتابی: به حرکاتی گویند که توسط عضلات، به سرعت زیاد انجام می‌شوند (مانند دست کسی که با ماشین تایپ کار می‌کند)؛ خصوصیت کلی این حرکات، سریع آغاز کردن و پایان یافتن به موقع و در مکان درست آنها است. قسمتی از آن بوسیله یادگیری انجام می‌شود یعنی در دفعات اول انجام یک حرکت، خطا زیاد است ولی کم‌کم اصلاح صورت می‌گیرد.

اگر مخچه و بویژه Spinocerebellum با مشکل مواجه شود، در انجام این حرکات پرتابی، اشکال رخ می دهد. **Cerebelocerebellum**: این قسمت با هیچ یک از عضلات بدن در ارتباط نیست ولی در طرح های حرکت خود مغز، ایفای نقش می کند. طرح های حرکتی در قسمت **Premotorcortex** و **Supplementad** صورت می گیرد.

مثال: هنگامی که یک بسکتبالیست در حال انجام یک حرکت است، در هسته Dentate (خروجی Cerebellocerebellum) حرکت بعدی بسکتبالیست پردازش و طرح ریزی می شود.

نتیجه Cerebelocerebellum

وظیفه دیگر Cerebelocerebellum پردازش حرکات متوالی و تبدیل حرکات به همدیگر است.

مثال: فردی را ماشین در حال حرکت به بیرون می پرد، در این حسین بدلیل نیروی اینرسی نیاز است بعد از پریدن چند قدم را در جهت حرکت ماشین بردارد تا بر این نیرو غلبه کند و سپس جهت حرکت را به مسیر دلخواه خود تغییر می دهد؛ در واقع این تبدیل حرکت توسط Cerebelocerebellum انجام می شود.

تایمینگ حرکت: زمان تبدیل یک حرکت به حرکت دیگر را تایمینگ حرکت گویند.

مثال: در بازی والیبال برای ضربه زدن به توپ بازیکن باید در موقعی درست بپرد تا زمانی که توپ به بهترین موقعیت نسبت به دست بازیکن رسید، به آن ضربه بزند.

تنظیم تایمینگ حرکت هم از وظایف Cerebelocerebellum است.

اعمال مخچه صرفاً مختص به داخل بدن نیست می تواند یکسری اعمال Extramotor Function هم دارد.

مثال: زمانی که حرکت یک اتومبیل را دنبال می کنیم، اگر قبل از اینکه اتومبیل به یک نقطه خاص برسد، چشمان خود را ببندیم، باز هم می توانیم زمان رسیدن اتومبیل به نقطه مدنظر را تخمین بزنیم.

محاسبات این فرآیند در مخچه صورت می گیرد.

اگر شخصی توپ را پرتاب کند اما در نهایت به هدف نرسد برای افزایش دقت از climbing fibers استفاده می کند و در نهایت سبب افزایش دقت و یادگیری می شود

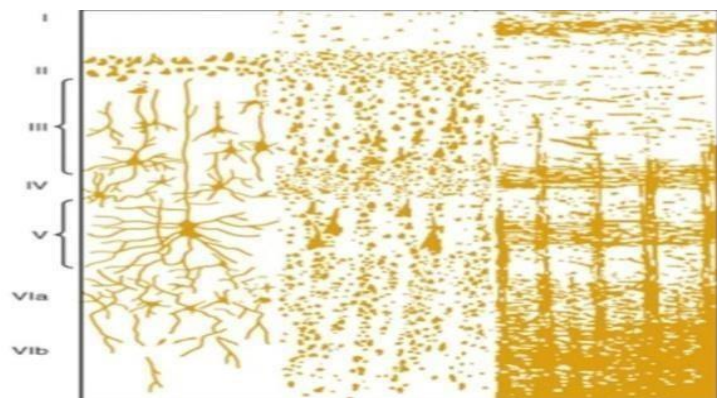
این جلسه مطابق فصل 58 گایتون در رابطه با اعمال خاص کورتکس صحبت میکنیم. اعمال خاص کورتکس را میتوانیم high brain function یا اعمال عالی کورتکس بنامیم که عبارت اند از: یادگیری، حافظه و مسائلی از این دست. همانطور که پیشتر در رابطه با کورتکس صحبت کردیم، از ۶ لایه تشکیل شده که کارکرد و اهمیت آن ها قبلا بررسی شد. اما حالا به صورت فهرستوار به یادآوری آن میپردازیم:

1. لایه 1 و 2 دریافت کننده سیگنال های تحریکی از ساقه مغز میباشد و زمینه فعالیت کورتکس را فراهم میکنند.

2. لایه 2 و 3 ارتباط نزدیک با اجزا مجاور و نیمکره ها را فراهم میکنند.

3. لایه ۴ دریافت کننده سیگنال های حسی میباشد.

4. لایه ۵ و ۶ هم ارتباط با نواحی دور را ایجاد میکنند که لایه ششم ساقه مغز و اجزا ساب کورتیکال و لایه ۵ هم که تا نخاع پیش میرود.

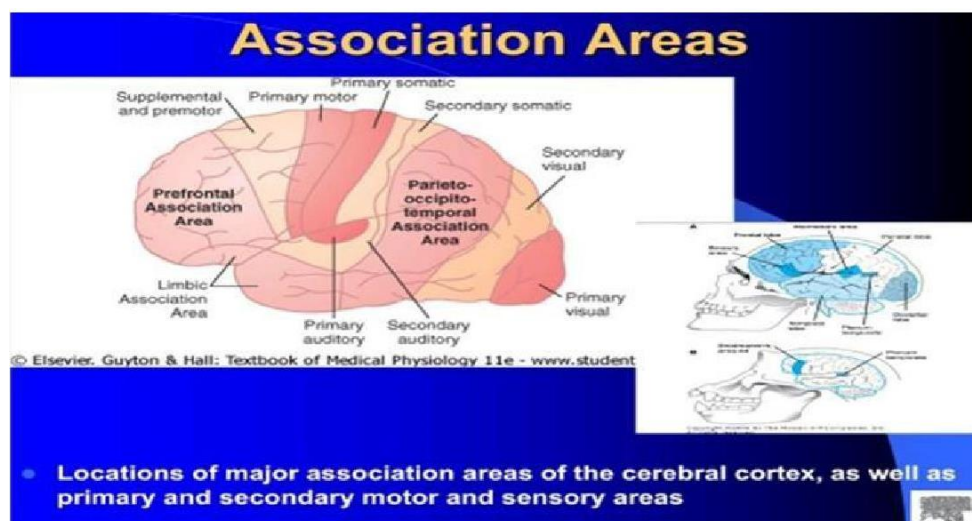
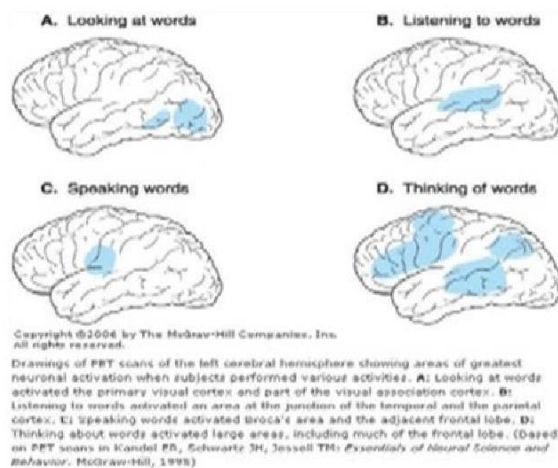
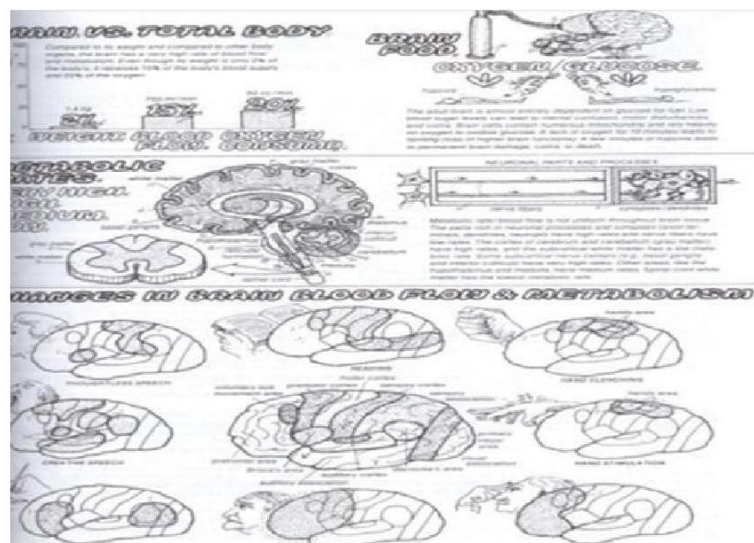


در مغز سلول های بینابینی و ارتباطی زیادی وجود دارد که اهمیت خیلی بالایی دارند، به خصوص آن هایی که در کورتکس مغز حضور دارند (خواه مهارتی یا تحریکی باشند) و اتصالات بین آن ها بسیار مهم است. امروز به این نتیجه رسیده اند که علاوه بر تفاوت در تعداد نورون ها، چگونگی ارتباط بین نورون ها و ماده سفید که ارتباطات بین نورون ها را ایجاد میکند نقش بسیار مهمی در تفاوت شیوه کارکرد مغز افراد مختلف دارد.

❖ تالاموس نوعی مغز کوچک است و با قسمت های مختلف قشر مغز در ارتباط است، که این ارتباط دو طرفه می باشد.

یک نکته مهم در بررسی چگونگی کارکرد مغز، بررسی میزان اکسیژن مصرفی می باشد. همان طور که میدانیم مغز 2 درصد وزن بدن را تشکیل میدهد با این حال متابولیسم بسیار بالایی دارد و میزان اکسیژن مصرفی آن معادل 20 درصد اکسیژن خون می باشد همینطور ۱۵ درصد گردش خون را نیز به خود اختصاص میدهد. دانشمندان با استفاده از میزان بالای گردش خون در این اندام و از طریق کردن مواد نشاندار به خون، نقاطی که فعالیت بیشتر و در نتیجه خونگیری بیشتری دارند را شناسایی میکنند.

به این ترتیب میتوانند کارکرد بخش های مختلف مغز را تشخیص دهند که در این تصویر مثال هایی از این موضوع را مشاهده میکنیم. بر همین اساس قسمت های حسی و حرکتی را تشخیص میدهم.



خب این تصویر خیلی مناسبی برای بررسی فعالیت های مغزی میباشد. به شیار مرکزی در این تصویر توجه کنید. در قسمت خلفی جزئی از کورتکس حسی پیکری می باشد و قسمت قدامی هم که **primary motor cortex** است و پس از آن **supplemental** را مشاهده میکنید.

همچنین قسمت های بینایی و شنوایی نیز قابل مشاهده است. قسمت های اولیه هم در این تصویر مشخص شده است. **Primary motor cortex** و **primary somatic cortex** و بخش های **primary auditory** و **primary visual** هم مشخص است.

در حواشی این نواحی، نواحی ثانویه را مشاهده میکنیم که وظیفه پردازش بیشتر اطلاعات حسی دریافتی را بر عهده دارند که ما آن را تحت عنوان **secondary somatic** می شناسیم. این ناحیه به طور مثال برای ناحیه حرکتی **primary motor** که قسمت قدامی آن ناحیه **supplemental** و **premotor** است طرح های حرکتی پیچیده ای را ایجاد میکند و به این ناحیه کمک میکند. برای نواحی بینایی و شنوایی هم به همین صورت است. *این اطلاعات قبل نیز بیان شده اند.*

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 مانندی 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.