



گزارش سمینار درس کنترل سیستم‌های عصبی-عضلانی

دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه سمنان

بهار ۹۲

هسته‌های قاعده‌ای

عقد‌های قاعده‌ای^۱ که هسته‌های قاعده‌ای نیز خوانده می‌شوند از پنج هسته زیر قشری مغز تشکیل شده‌اند. هسته‌های قاعده‌ای از این نظر دارای اهمیت هستند که نقش مهمی در عمل کنترل حرکتی^۲ ایفا می‌کنند. برخلاف سایر قسمت‌های دستگاه عصبی مرتبط با کنترل حرکتی، هسته‌های قاعده‌ای ارتباط ورودی و خروجی مستقیم با نخاع ندارند. هسته‌های این ناحیه به دلیل ارتباطاتی که با هم و دیگر قسمت‌های مغز دارند در کنترل حرکت شرکت می‌کنند. هسته‌های قاعده‌ای پیام‌های اولیه را از قشر مغز می‌گیرند و پیام‌های خود را از راه تالاموس به قسمت‌های مختلف قشر مغز می‌فرستند و به این صورت ارتباط سه‌گانه‌ای بین قشر حرکتی مغز، هسته‌های قاعده‌ای و تالاموس وجود دارد [1].

اجزای هسته‌های قاعده‌ای

هسته‌های قاعده‌ای عبارتند از:

- پوتامن^۳
- دمدار یا کودیت^۴
- جسم سیاه^۵
- هسته زیرتالاموسی^۶

¹ Basal Ganglia

² Motor Control

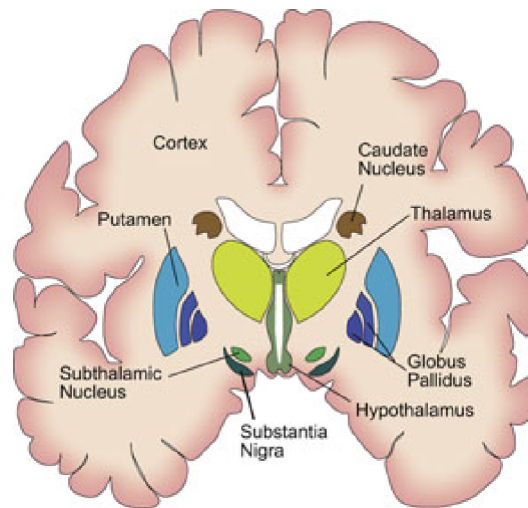
³ Putamen

⁴ Caudate

⁵ Substantia Nigra

⁶ Subthalamic

- گلوبوس پالیدوس^۷ که پالیدوم^۸ نیز خوانده می‌شود.



شکل ۱. نمایش اجزای هسته‌های قاعده‌ای (تصویر برگرفته از سایت

<http://www.dana.org/>)

به هسته‌های پوتامن، کودیت و گلوبوس پالیدوس با هم جسم مخطط^۹ می‌گویند.

نقش هسته‌های قاعده‌ای

مهمترین نقش هسته‌های قاعده‌ای، کنترل حرکت و تنظیم وضعیت بدن است. البته باید در نظر داشت که این سیستم همراه با قشر حرکتی و مخچه عملاً به صورت یک واحد عمل می‌کند و نمی‌توان اعمال مجزایی را به طور کامل به قسمت‌های مختلف عقده‌های قاعده‌ای نسبت داد. با وجودی که انتساب یک عمل واحد به تمام عقده‌های قاعده‌ای غلط است، یکی از اثرات عمومی تحریک منتشر هسته‌های قاعده‌ای، مهار کردن تنوس عضلانی در سراسر بدن است که این اثر ناشی از پیام‌های مهاری^{۱۰} است که از هسته‌های قاعده‌ای به قشر حرکتی و قسمت تحتانی ساقه مغز انتقال می‌یابند.

هسته‌های قاعده‌ای در سطوح بالایی از کنترل حرکتی نقش دارند که به عنوان مثال می‌توانیم به طراحی، برنامه ریزی و اجرای عملکردهای حرکتی پیچیده اشاره کنیم. بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد که هسته‌های قاعده‌ای به حس عمقی و همچنین جهت حرکت حساس هستند و این پیام‌ها احتمالاً در کنترل پیشرفت حرکت به طور مدارم استفاده می‌شوند.

⁷ Globus pallidus

⁸ Pallidum

⁹ Neostriatum

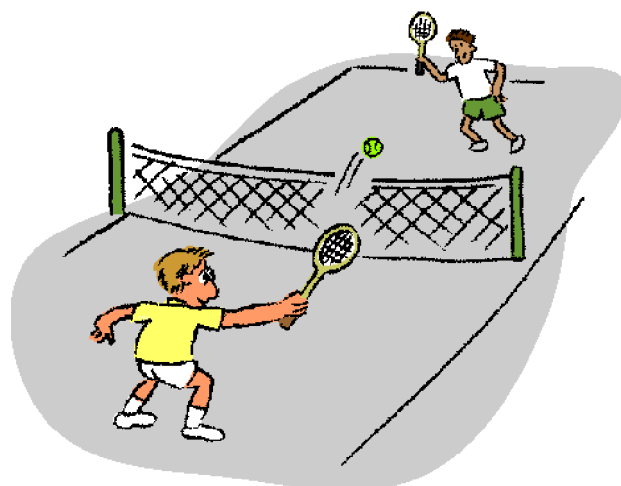
¹⁰ Inhibitory

نوشتن حروف الفبا، کشیدن نمودار، بازی فوتبال، استفاده از طناب‌های صوتی هنگام تکلم و آواز و استفاده از عضلات چشم هنگام مشاهده یک شی، تنها مثال‌های اندکی از تاثیر هسته‌های قاعده‌ای بر روی فعالیت‌های مهارتی قشر حرکتی هستند [1].

تخریب قشر حرکتی اولیه مغز باعث می‌شود که فرد در نیمه مقابل بدن خود قادر به انجام حرکات ظریف و دقیق نباشد. ولی فرد همچنان می‌تواند به انجام کارهای اولیه و کلی غیرظریف در طرف دیگر بدن خود پردازد. اگر جسم مخطط نیز آسیب ببیند، همین حرکات در نیمه مقابل بدن هم فلج خواهند شد [1].

شکل** نقش هسته‌های قاعده‌ای در انجام یک حرکت نشان می‌دهد [2]. ابتدا وقتی تنیسور به توپ نگاه می‌کند توسط قشر بینایی در مورد سرعت، اندازه و جهت توپ شروع به قضاوت می‌کند و اولین دستوری که مغز به قشر پیش حرکتی می‌دهد برگرداندن توپ و تاثیر روی ضربان قلب و تحریک بازیکن توسط هیپوتالاموس برای ضربه به توپ می‌باشد. برای انجام حرکت، قشر مغز سیگنال‌هایی را به نخاع می‌فرستد که باعث فعال شدن برخی از عضلات و جلوگیری از فعالیت عضلات دیگر در بازو و پاها می‌شود.

نقش هسته‌های قاعده‌ای اینجا شروع عملیات یا در واقع فراخوانی کارهای قبلی انجام شده برای ضربه به توپ می‌باشد. سپس مخچه بر اساس سیگنال‌های دریافتی برای حرکت شروع به فعالیت می‌کند.



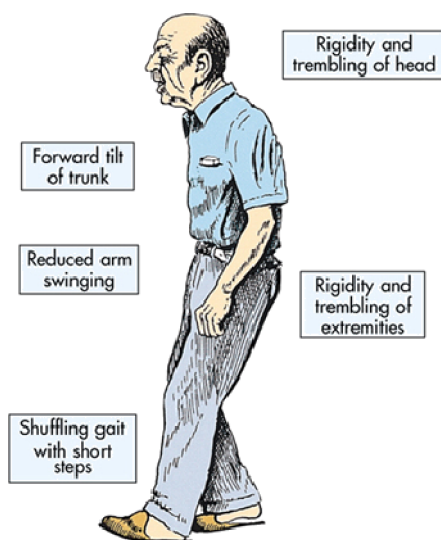
شکل ۳. بررسی نقش هسته‌های قاعده‌ای برای شروع حرکت [2]

ضایعه هسته‌های قاعده‌ای

اختلالات حرکتی در اثر آسیب‌های مربوط به هسته‌های قاعده‌ای با توجه به ناحیه آسیب باعث ایجاد دو مشکل در فرد می‌شوند:

- افزایش حرکات
- کاهش حرکات

شایعترین بیماری هسته‌های قاعده‌ای، بیماری پارکینسون^{۱۱} است که معمولاً در دهه پنجم زندگی رخ می‌دهد. مهمترین علائم بیماری پارکینسون شامل موارد زیر است:



۱- کندی حرکت

۲- لرزش در حالت استراحت^{۱۲}

۳- آکینزی یا عدم حرکت

۴- رژیڈیتی^{۱۳} که نوع خاصی از سفتی عضلانی است.

شکل ۲. مهمترین علائم بیماری پارکینسون (تصویر برگرفته از سایت

(<http://medapple.com>)

تحریک و مهار نوروهای حرکتی توسط هسته‌های قاعده‌ای برای تحریک قشر حرکتی مغز

به طور کلی، هسته‌های قاعده‌ای در قشر حرکتی برای صدور فرمان‌های حرکتی مناسب به سطوح پایین ضروری است. دو مسیر برای فرآیندهای هسته‌های قاعده‌ای وجود دارد:

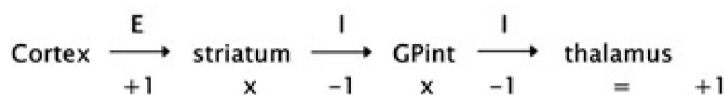
¹¹ Parkinson

¹² Resting tremor

¹³ Rigidity

- مسیر مستقیم
- مسیر غیرمستقیم

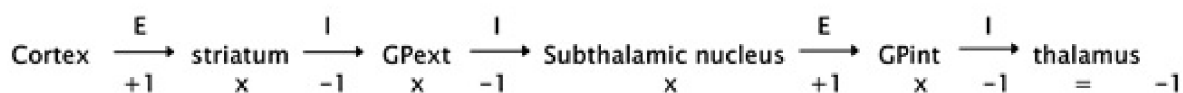
مسیر مستقیم برای تحریک نورون‌های تالاموس و مسیر غیرمستقیم برای مهار نورون‌های تالاموس می‌باشد.



شکل ۴. مسیر مستقیم برای تحریک نورون‌های تالاموس (تصویر برگرفته از سایت

[4] (<http://neuroscience.uth.tmc.edu>)

تسهیل انتخاب یک حرکت خاص در قشر مخ برنامه‌ریزی می‌شود. در این حال، مسیر مستقیم با تحریک سلول‌های استریاتوم توسط قشر مخ شروع می‌شود که ارتباطات مهاری را با سلول‌های داخلی گلوبوس پالیدوس^{۱۴} می‌سازد و این سلول‌ها دارای ارتباطات مهاری با سلول‌های تالاموس می‌باشند. مسیر مستقیم، برای تحریک نورون‌های حرکتی می‌باشد و به طور کلی نتیجه تحریک قشر حرکتی مغز می‌باشد.



شکل ۵. مسیر مستقیم برای تحریک نورون‌های تالاموس (تصویر برگرفته از سایت

[4] (<http://neuroscience.uth.tmc.edu>)

مسیر غیر مستقیم برای مهار نورون‌های حرکتی می‌باشد. مسیر غیرمستقیم همزمان با تطبیق کار در حال انجام توسط مسیر مستقیم، اجرای برنامه‌های حرکتی را کنترل می‌کند. تحریک سلول‌های استریاتوم توسط قشر مخ شروع می‌شود که ارتباطات مهاری را با سلول‌های بیرونی گلوبوس پالیدوس^{۱۵} می‌سازد و این سلول‌ها دارای ارتباطات مهاری با هسته زیرتالاموسی می‌باشند. در ادامه مسیر، هسته زیر تالاموسی دارای ارتباطی تحریکی با سلول‌های داخلی گلوبوس پالیدوس مسیر مستقیم، برای تحریک نورون‌های حرکتی می‌باشد و به طور کلی نتیجه تحریک قشر حرکتی مغز می‌باشد.

¹⁴ Gpint

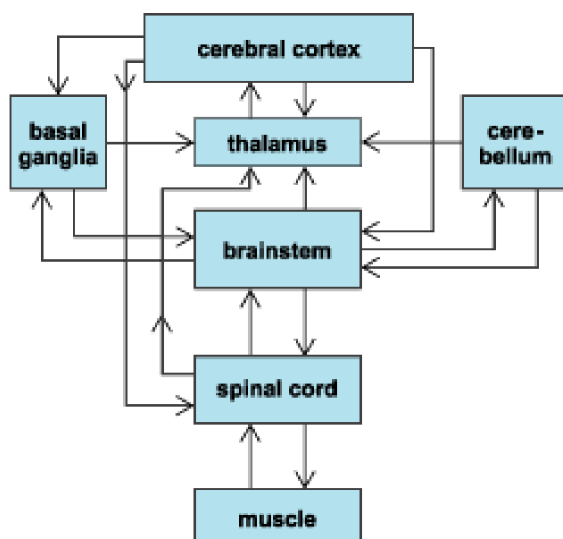
¹⁵ Gpex

ارتباط داخلی بین هسته‌های قاعده‌ای

درگاه ورودی هسته‌های قاعده‌ای کودیت و پوتامن است که پیام‌های اولیه حرکت را از قشر حرکتی مغز دریافت می‌کنند. این پیام‌ها از کودیت و پوتامن به ماده سیاه منتقل می‌شوند. زمانی که ماده سیاه به درستی کار نکند اطلاعات به طور کامل به پالیدوس منتقل نمی‌شود، در این صورت شروع حرکت برای فرد به کندی صورت می‌گیرد. تبادل اطلاعات در ارتباط دو طرفه بین هسته‌های زیر تالاموسی و پالیدوس منجر به جرقه‌ی شروع حرکت می‌شود. در نهایت این پیام‌ها از هسته‌های زیرتالاموسی به تالاموس منتقل شده و باعث تحریک یا مهار آن می‌شود [3].

ارتباط هسته‌های قاعده‌ای با سایر عناصر

مدارهای عصبی در مغز و نخاع حرکت ارادی و غیر ارادی را کنترل می‌کنند. همه‌ی سیگنال‌های تحریکی و بازداشتی که حرکات را در نورون‌های حرکتی جمع می‌کنند در نهایت از مغز و نخاع به سیستم عضلانی-اسکلتی راه پیدا می‌کنند. این نورون‌ها را به عنوان نورون‌های حرکتی تحتانی^{۱۶} می‌شناسیم. وظیفه‌ی این قسمت کنترل کارهای ریتمیک مانند کنترل فلکشن و اکستنشن در عضلات اندام تحتانی هنگام راه رفتن است. نورون‌های حرکتی فوقانی^{۱۷} وضعیت و تعادل و شدت کشیدگی عضله را کنترل می‌کنند.

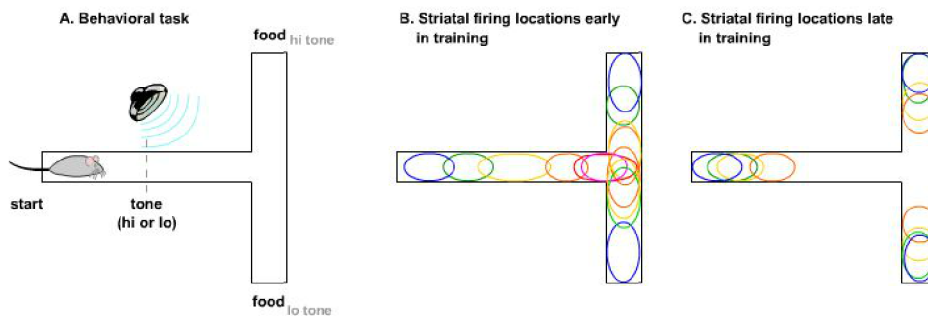


شکل ۶. ارتباط هسته‌های قاعده‌ای با سایر عناصر

¹⁶ lower Motor Neurons

¹⁷ Upper Motor Neurons

نقش هسته‌های قاعده‌ای در توابع شناختی



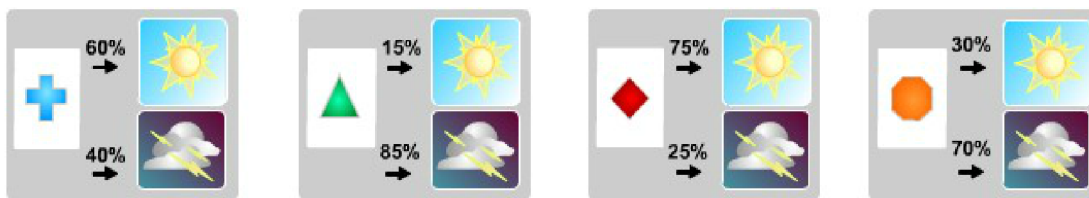
شکل ۷. آزمایشی برای بررسی نقش هسته‌های قاعده‌ای در توابع شناختی (تصویر

برگرفته از سایت <http://neuroscience.uth.tmc.edu> [4])

هسته‌های قاعده‌ای می‌تواند شامل نوع خاصی از یادگیری باشد. در جوندگان، استریاتوم برای یادگیری برخی فعالیت‌ها ضروری می‌باشد. تحقیقات اخیر نشان داده باید تحریک در استریاتوم صورت بگیرد تا موش بتواند یک مسیر T شکل را برای پیدا کردن غذا یاد بگیرد و طی کند. آزمایشی در سال ... توسط ... انجام شد. در این آزمایش موشی در ابتدای یک مسیر T شکل برای پیدا کردن غذایی که در دو انتهای مسیر بود گذاشته شد. در ابتدای حرکت زنگی متناسب با محل قرارگیری غذا در یکی از دو انتهای مسیر به صدا درمی‌آمد. در مراحل اولیه آموزش، استریاتوم در همه مسیر حرکت موش فعالیت داشت. اما بعد از آموزش و شناسایی مسیر توسط موش، استریاتوم فقط در ابتدا و انتهای هر دو مسیر فعالیت داشت [4].

نقش هسته‌های قاعده‌ای در طبقه‌بندی بر اساس احتمال

در انسان به نظر می‌رسد که هسته‌های قاعده‌ای برای فرم خاصی از وظایف حافظه جانبی ضروری‌اند که یکی از آن‌ها طبقه‌بندی بر اساس احتمال است [4]. آزمایشی که برای بررسی نقش هسته‌های قاعده‌ای در طبقه‌بندی بر اساس احتمال صورت گرفت به این صورت بود که افراد مورد آزمایش باید نشانه‌هایی برای آفتابی یا بارانی بودن قرار می‌دادند تا بعد از چندین بار تکرار، طبقه‌بندی درستی برای احتمال آفتابی یا بارانی بودن هوا بر اساس نشانه‌ها صورت می‌گرفت.



شکل ۸. آزمایشی برای بررسی نقش هسته‌های قاعده‌ای در طبقه‌بندی بر اساس احتمال

(تصویر برگرفته از سایت <http://neuroscience.uth.tmc.edu>) [4]

آزمایش نشان داد، بیمارانی که دارای اختلال در هسته‌های قاعده‌ای بودند به علت اختلال در حلقه‌های قشری قادر به یادگیری مناسب نبودند.

[۱] « نورواناتومی اسنل » : فصل ۱۰

[2] “Principles of neural science 5th ed.” : chapter 43

[3] “Principles of anatomy and physiology 12th ed.” : chapter 14

[4] <http://neuroscience.uth.tmc.edu>: chapter 04