

## کنترل حرکتی چیست؟

حرکت بعنوان بخش ضروری زندگی بوده و به ما توانایی انجام فعالیت‌های روزمره از جمله راه رفتن، دویدن، خوردن غذا و... را می‌دهد. کنترل حرکت به معنای توانایی در تعدیل و کنترل مکانیسم‌های ضروری و دخیل در حرکت می‌باشد. ممکن است در این راستا سوالات مختلفی در ذهن ایجاد گردد. اینکه چگونه سیستم عصبی مرکزی عضلات و مفاصل مختلف را در حین حرکات عملکردی هماهنگ و سازماندهی می‌کند؟ چگونه اطلاعات حسی محیطی و بدن در جهت کنترل حرکت استفاده می‌گردند؟ چگونه می‌توانیم مشکلات حرکتی بیماران با اختلالات در کنترل حرکت را شناسایی و درمان کنیم؟ جهت پاسخگویی به این سوالات ضروری است مختصری در رابطه با نقش و عملکرد قسمت‌های مختلف سیستم عصبی مرکزی توضیحاتی داده شود.

از آنجایی که درمانگران جهت فراهم نمودن حرکات عملکردی، زمان زیادی از درمان خود را به بازآموزی<sup>1</sup> بیماران با اختلالات در کنترل حرکت می‌پردازند، استراتژی‌های درمانی مناسبی طراحی گردیده است تا کیفیت و کمیت درمان افزایش یابد. بنابراین فهم مفاهیمی چون کنترل حرکت در محیط درمان و توانبخشی ضروری است.

## سیستم‌های دخیل در کنترل حرکت:

حرکت می‌تواند طیفی از یک رفلکس ساده تا اجزاء پیچیده سیستم عصبی را شامل گردد. بنابراین جهت کنترل حرکت سلسله مراتبی وجود داشته و هر کدام از بخش‌های سیستم عصبی مرکزی عملکرد خاصی ایفا می‌کنند. بطور کلی می‌توان سه بخش کنترلی را جهت سازماندهی و تولید حرکت تعریف نمود.

۱- سطوح بالای کنترل حرکت<sup>2</sup>: قسمت‌هایی از مغز از جمله عقده‌های قاعده‌ای، بخش عالی مغز، نواحی پری فرونتال و نواحی پری موتور و ساپلمنتوری موتور که استراتژی‌های حرکتی را تعیین می‌کنند. در اغلب حرکاتی که نیاز به شناخت و توجه است، مناطق ارتباطی و سطوح بالای کنترل حرکتی مغز وارد عمل می‌شوند.

۲- سطوح میانی کنترل حرکت<sup>3</sup>: مرحله‌ی برنامه ریزی الگوی حرکتی و تاکتیک‌های حرکت را نواحی خاصی از مغز از جمله ناحیه‌ی اولیه حرکتی مغز و ناحیه مخچه بعهده دارد. (از جمله هماهنگی حرکات و ترتیب و الگوی وارد عمل شدن عضلات)

۳- سطوح پایین کنترل حرکت<sup>4</sup>: مرحله‌ی اجرا و انجام حرکت بعهده این سطح از کنترل حرکت بوده که نواحی طناب نخاعی و ساقه‌ی مغز این مسئولیت را به عهده دارند. در برخی تقسیم بندی‌ها بخش‌هایی از ناحیه اولیه حرکتی مغز نیز جزء سطح سوم کنترل حرکت در نظر گرفته شده است.

۴- هر کدام از این سطوح، نقش‌های متفاوتی را در کنترل حرکت بعهده دارند و هماهنگی بین این سطوح تعیین کننده کنترل مناسب حرکات بدن می‌باشد.

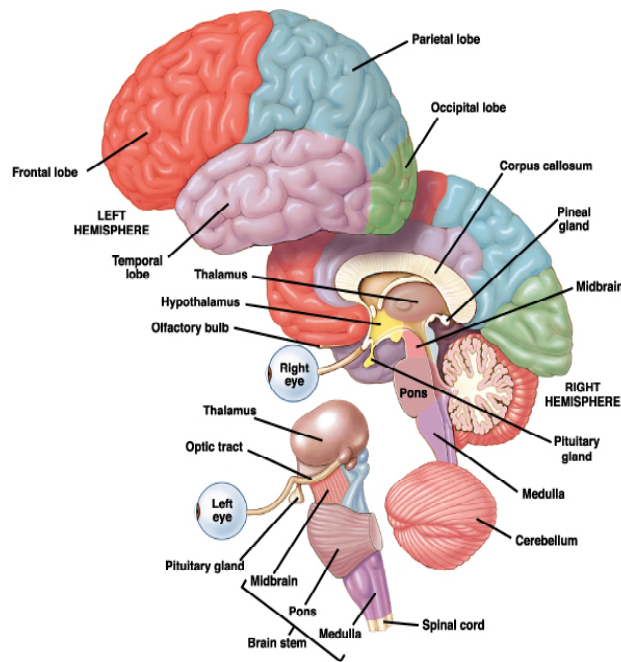
- 1 Retraining
- 2 High level
- 3 Middle level
- 4 Low level

ساختار و عملکرد سیستم عصبی مرکزی:

جهت روشن نمودن مفهوم کنترل حرکت در این قسمت مختصری از وضعیت آناتومیکی بخش‌های مختلف سیستم عصبی حرکتی و عملکرد آنها بیان می‌گردد. سیستم عصبی مرکزی شامل دو نیمکره مغز، مخچه، نواحی ارتباطی، ساقه مغز و طناب نخاعی می‌باشد.

**نیمکره مغز:**

- دارای چهار بخش بوده که برای هر کدام از این بخش‌ها عملکردهای خاصی تعریف شده است:
- بخش فرونتال: که ناحیه پری فرونتال<sup>1</sup> را نیز دربر گرفته و در حافظه و شناخت نقش مهمی دارد.
- بخش پریتال: شامل نواحی حسی و حرکتی مغز بوده و در پردازش و ساماندهی اطلاعات حسی حرکتی نقش بسزایی دارد.
- بخش گیجگاهی: مراکز عصبی بویایی و شنوایی را دربر گرفته و نقش بسزایی در حس شنوایی و بویایی دارد.
- بخش پس سری: مراکز عصبی بینایی را در بر گرفته و نقش بسزایی در کنترل حرکات بینایی دارد.

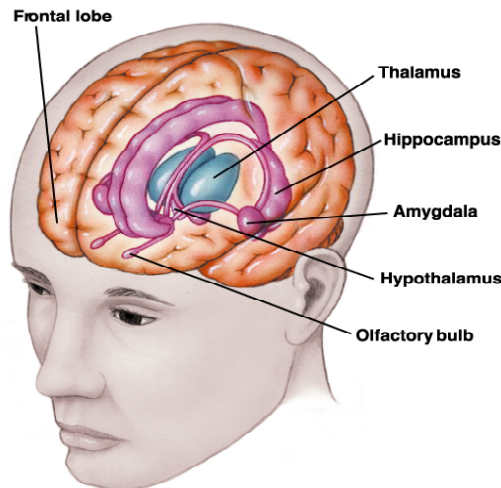


شکل ۱-۱) نیمکره مغز

1 Prefrontal

سیستم لیمبیک

شامل مناطق آمیگدال و هیپوکامپ است. آمیگدال جزء مناطق عالی مغز بوده و در انگیزش حرکتی نقش اساسی دارد. اگر این ناحیه از سیستم لیمبیک دچار اختلال شود، فرد انگیزه حرکتی خود را از دست می‌دهد. بین سیستم لیمبیک با هیپوتالاموس ارتباط فیزیولوژیکی و آناتومیکی وجود دارد و از آنجایی که هیپوتالاموس، سیستم سمپاتیک و پاراسمپاتیک را کنترل می‌کند، بنابراین به هنگام استرس و هیجان، عملکرد این دو ناحیه بر هم تأثیر گذارند. از طرفی سیستم لیمبیک با سیستم‌های دیگر مغز از جمله قشر حرکتی مغز در ارتباط بوده و به این واسطه باعث تأثیر آن بر کنترل فعالیت عضلانی دارد. هیپوکامپ نیز یکی از بخش‌های سیستم لیمبیک بوده و در یادگیری حرکتی، کسب مهارت و شکل‌گیری حافظه نقش بسزایی دارد. تعداد زیاد رسپتورهای NMDA در هیپوکامپ نشان دهنده نقش زیاد این ناحیه در یادگیری حرکات و کسب مهارت می‌باشد.



شکل ۱-۲) سیستم لیمبیک

عملکرد ناحیه حرکتی مغز:

ناحیه کورتکس حرکتی دارای سه بخش می‌باشد:

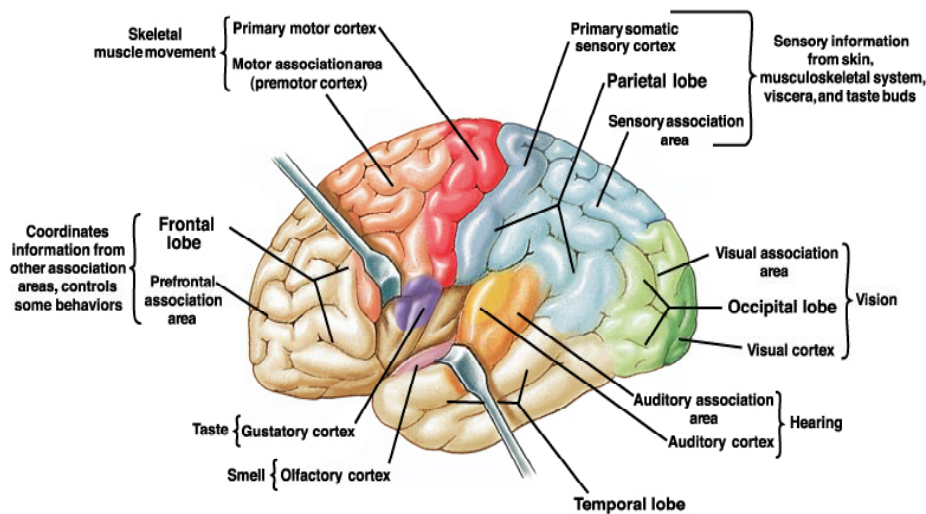
Primary motor cortex

Premotor cortex

Supplementary motor cortex

نواحی پری موتور و ساپلمنتوری موتور جزء سطوح عالی کنترل حرکت محسوب می‌شوند. بطوریکه قبل از شروع حرکت فعال بوده و نقش بسزایی در تولید استراتژی‌های حرکتی و هماهنگی حرکات ترکیبی و یا قرینه در دو اندام

را بعهدده دارند. آسیب این دو ناحیه از کورتکس حرکتی ضایعات بسیار شدیدتری از آسیب ناحیه اولیه حرکتی مغز را بدنبال دارد. بنظر می‌رسد که ناحیه اولیه حرکتی مغز جزء مناطقی است که اجرای حرکت را بر عهده دارد. بر این اساس جزء سطوح دوم و سوم کنترل حرکت محسوب می‌گردد. در نهایت اطلاعات حرکتی پس از تعدیل و تغییرات در این سه بخش از طریق ناحیه اولیه حرکتی مغز به طناب نخاعی منتقل می‌گردد.



شکل ۱-۳) ناحیه حرکتی مغز

### تالاموس :

تمام اطلاعات ورودی و خروجی عقده‌های قاعده‌ای از تالاموس عبور کرده و این اهمیت تالاموس در تعدیل اطلاعات عبوری از عقده‌های قاعده‌ای را نشان می‌دهد. تالاموس همانند هیپوتالاموس نقش مهمی در کنترل سیستم اتونومیک نیز دارد.

### مخچه :

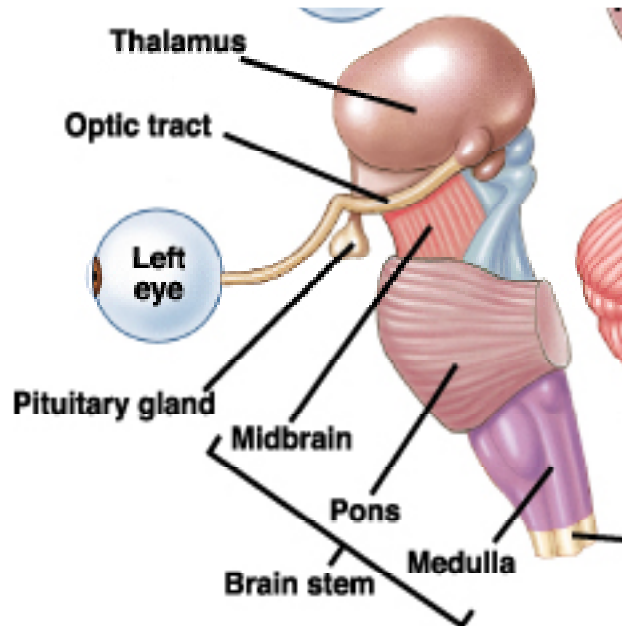
نقش مهمی در تعادل و پاسچر فرد دارد. به علاوه با قشر حرکتی مغز هم ارتباط داشته و نقش هماهنگ سازی حرکات را بر عهده دارد. مخچه از دو نیمکره و یک پل عرضی به نام ورمیس تشکیل شده است. هر کدام از این بخش‌ها عملکرد متفاوتی در کنترل حرکت را بعهدده دارند. ناحیه ورمیس نقش بسزایی در کنترل پاسچر، کنترل حرکات پروگزیمال و محوری و کنترل حرکات سر و چشم دارد، در حالیکه ناحیه میانی مخچه، در کنترل حرکات دیستال تر و کنترل و هماهنگی حرکات دقیق و پیچیده دخیلند. ناحیه خارجی و طرفی نیمکره‌های مخچه ارتباط زیادی با بخش پری فرونتال، پری موتور و نواحی عالی مغز داشته و در بعد شناخت و پیش بینی‌های حرکتی دخیلند. مخچه مرکز محاسبه و اصلاحات خطای حرکتی محسوب می‌گردد. تمامی اطلاعات حس عمقی وارد مخچه شده

1 Intermediate

و با اطلاعات حرکتی که از ناحیه حرکتی مغز دریافت می‌گردد، مقایسه شده و بر روی اطلاعات حرکتی اصطلاحات لازم صورت گرفته و دوباره به ناحیه حرکتی مغز ارسال می‌گردد. مخچه بعنوان یکی از مراکز مهم یادگیری حرکتی شناخته می‌شود. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که مخچه با وجود سلول‌های مهمی چون سلول‌های پورکنز در شناخت خطاهای حرکتی و اصلاح آنها نقش مهمی داشته و از این طریق منجر به بروز یادگیری حرکات می‌گردد.

### ساقه‌ی مغز:

از سه بخش میانی مغز، مدولا و پونز تشکیل گردیده است. بخش میانی مغز ارتباط بین سیستم بینایی و بویایی را فراهم می‌نماید. پونز نیز با وجود هسته‌های وستیبولار نقش بسزایی در ایجاد ارتباط بین مخچه و قشر حرکتی مغز دارد. با توجه به اینکه مراکز کنترل ضربان قلب و تنفس در ناحیه مدولاری قرار دارد، این ناحیه در کنترل و تنظیم تنفس، گوارش، ضربان قلب و کنترل فشارخون نقش حیاتی دارد.

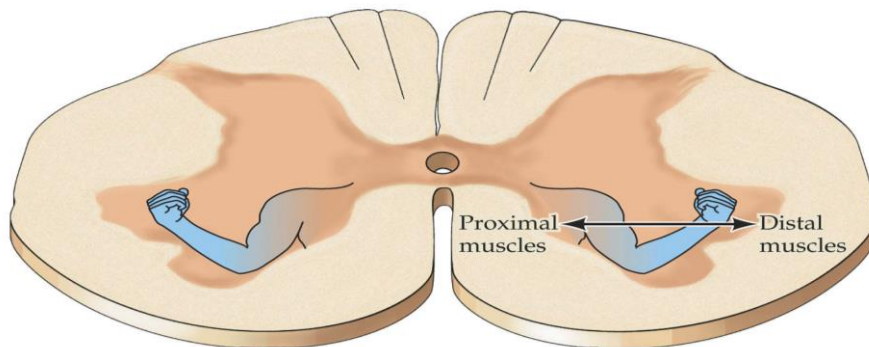


شکل ۱-۴) ساقه مغز

### طناب نخاعی

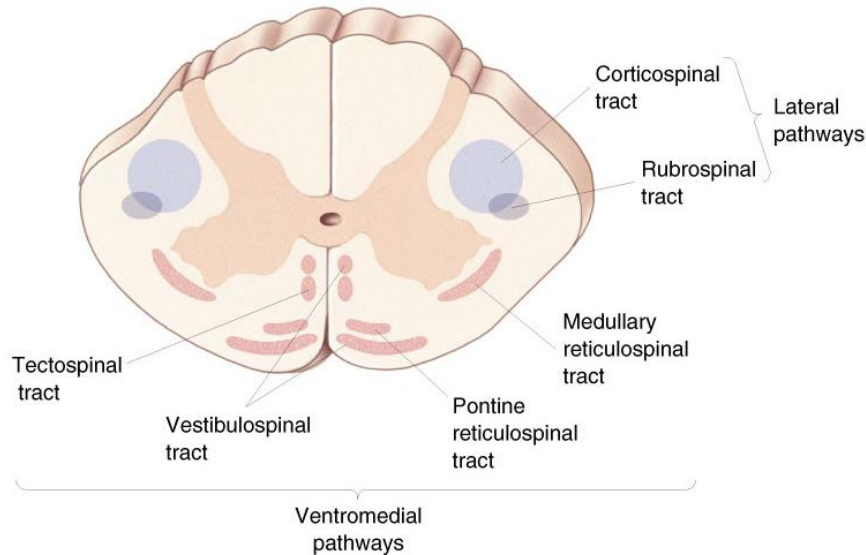
طناب نخاعی شامل نرون‌های حسی و حرکتی، راه‌های صعودی و نزولی آکسونی و اینترنرون‌ها می‌باشند. طناب نخاعی راه ارتباطی بین مغز با سیستم عصبی محیطی بوده و بعنوان سطح سوم کنترل حرکت، نقش بسزایی در

مرحله اجرای حرکت دارد. تمام اطلاعات حرکتی از طریق نخاع به سطح عضلانی رسیده و تمام اطلاعات حسی جمع آوری شده از محیط و بدن از طریق نخاع به سطوح بالا ارسال می‌گردد. در شاخ خلفی نخاع نرون‌های حسی قرار داشته و در شاخ قدامی نخاع نرون‌های حرکتی وجود دارند. بخش مرکزی شاخ خلفی و قدامی مربوط به نواحی پروگزیمال بدن بوده و قسمت‌های طرفی مربوط به نواحی دیستال اندام‌ها می‌باشند.



شکل ۱-۵) طناب نخاعی (برگرفته از کتاب *Umphred's neurological rehabilitation* و *Biomechanics and Motor Control*)

راه‌های اصلی انتقال اطلاعات حرکتی از مغز به نخاع شامل دو مسیر پیرامیدال و اکستراپیرامیدال می‌باشد. راه‌های کورتیکواسپاینال و روبرواسپاینال مسیرهای اکستراپیرامیدال یا خارجی را تشکیل داده و راه‌های وستیبولواسپاینال، تکتواسپاینال و رتیکولواسپاینال راه‌های پیرامیدال یا مسیرهای وِنترومدیال را تشکیل می‌دهند. در مسیر راه نزولی پیرامیدال، تمام اطلاعات حرکتی به شکل مونوسیناپتیک از ناحیه حرکتی مغز به صورت مستقیم به عضلات منتقل می‌گردد. راه‌های نزولی اکستراپیرامیدال از بسیاری از بخش‌های سیستم عصبی مرکزی از جمله ناحیه حرکتی، مخچه، تالاموس و... عبور کرده و در این مسیر سیناپس‌های زیادی را شامل شده و در نهایت به نخاع می‌رسند. اگر راه‌های پیرامیدال آسیب ببینند، فرد در انجام حرکات ارادی خصوصا حرکات ظریف اندام‌های دیستال دچار مشکل شده و قادر به انجام حرکات ارادی نیست. در صورت آسیب راه‌های اکستراپیرامیدال، ناهماهنگی حرکات و دیس‌کینزیا<sup>۱</sup> اتفاق می‌افتد. آسیب در هر یک از مناطق مغزی که راه‌های اکستراپیرامیدال از آنها عبور می‌نمایند، باعث آسیب این راه‌ها می‌گردد. بعنوان مثال در مواقع آسیب عقده‌های قاعده‌ای، راه‌های اکستراپیرامیدال نیز درگیر می‌گردد.



شکل ۱-۶) راه‌های اصلی انتقال اطلاعات حرکتی

### سیستم عصبی محیطی

به اعصاب محیطی خارج از سیستم عصبی مرکزی سیستم عصبی محیطی گفته می‌شود. این سیستم شامل

۱- نرون‌های حسی و حرکتی محیطی

۲- اعصاب سمپاتیک و پاراسمپاتیک (اتونوم)

۳- ۱۲ جفت عصب کرانیال که از مغز و نخاع خارج می‌شوند.

اعصاب محیطی حسی به سه گروه تقسیم بندی می‌گردند.

۱- اعصاب حس عمقی<sup>۱</sup>: مهمترین مراکز اعصاب حس عمقی در دوک عضلانی، ساختار گلژی تاندون‌ها و مفاصل

می‌باشند. جزء سیستم اعصاب حسی محیطی بوده که در کنترل حرکت نقش ویژه‌ای دارند.

۲- اعصاب محیطی اکستراسپین<sup>۲</sup> که گیرنده‌های حسی سطوح پوست را شامل می‌گردند.

۳- اعصاب محیطی اکستراسپین<sup>۳</sup> شامل پایانه‌های درد و اعصاب درد می‌باشد.

درک از میزان حرکت و شتاب حرکت مفاصل که به مفهوم کینستزی<sup>۴</sup> می‌باشد، وظیفه‌ی اعصاب حس عمقی است.

زمانی که عملکرد حس عمقی فرد دچار اختلال می‌گردد، تشخیص و درک زوایا و سرعت حرکت مفاصل امکان‌پذیر

نخواهد بود. در نتیجه‌ی این اختلال اطلاعات مناسب و کافی از وضعیت مفاصل به سطوح بالا مخابره نمی‌گردد.

1 Proprioception

2 Extrception

3Introception

4 Kinesthesia