

# نوروبیولوژی (نورون و سلول‌های گلیال)

از لحاظ ساختمانی بافت عصبی از دو نوع سلول تشکیل شده است: نورون و نورگلیا.

نورون‌ها یا سلول‌های عصبی واحدهای ساختمانی و عملکردی سیستم عصبی هستند که در تولید و هدایت پیام‌های عصبی نقش دارند. سلول‌های گلیال یا نوروگلیا، سلول‌های تحریک‌ناپذیری هستند که از نورون‌ها حمایت می‌کنند و در تعذیه نورون‌ها نقش دارند. اگرچه سلول‌های گلیال ۵۰٪ از حجم بافت عصبی را تشکیل می‌دهند ولی تعداد آنها ۱۰ تا ۵۰ برابر تعداد نورون‌ها است. به بیان دیگر سلول‌های گلیال نسبت به نورون‌ها سلول‌هایی بسیار کوچک هستند.

## نورون (Neuron)

نورون نامی است که برای یک سلول عصبی و تمام زوائدش انتخاب شده است. نورون‌ها سلول‌های تحریک‌پذیری هستند که برای دریافت محرک‌های گوناگون و هدایت ایمپالس‌های عصبی اختصاص یافته‌اند. اگرچه این سلول‌ها از لحاظ اندازه و شکل کاملاً متفاوتند، اما هر کدام دارای یک جسم سلولی (Soma) می‌باشد که از سطح آن یک یا چند زائده سلولی موسوم به نوریت (Neurite) خارج می‌شود (شکل ۱-۱). بخشی از جسم سلولی که در اطراف هسته قرار دارد، پریکاریون (Perikaryon) نامیده می‌شود.

نوریت‌هایی که مسئول دریافت اطلاعات و هدایت آنها به سمت جسم سلولی می‌باشند، دندربیت (Dendrite) نام دارند. نوریت منفرد طویلی که ایمپالس‌ها را از جسم سلولی دور می‌نماید، آکسون (Axon) خوانده می‌شود. دندربیت‌ها و آکسون‌ها را الیاف عصبی (Nerve Fibers) می‌نامند.

در سیستم عصبی مرکزی، محل تجمع جسم سلولی نورون‌ها و زوائد بدون میلین آنها را ماده خاکستری (Gray matter) و محل تجمع رشته‌های عصبی میلین‌دار را ماده سفید (White matter) می‌نامند. محل تجمع جسم سلولی نورون‌ها در خارج از سیستم عصبی مرکزی عقده عصبی (Ganglion) نامیده می‌شود. تجمعات کوچک از جسم سلولی نورون‌ها درون سیستم عصبی مرکزی که برای انجام وظیفه خاصی کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند را هسته (Nucleus) می‌گویند.

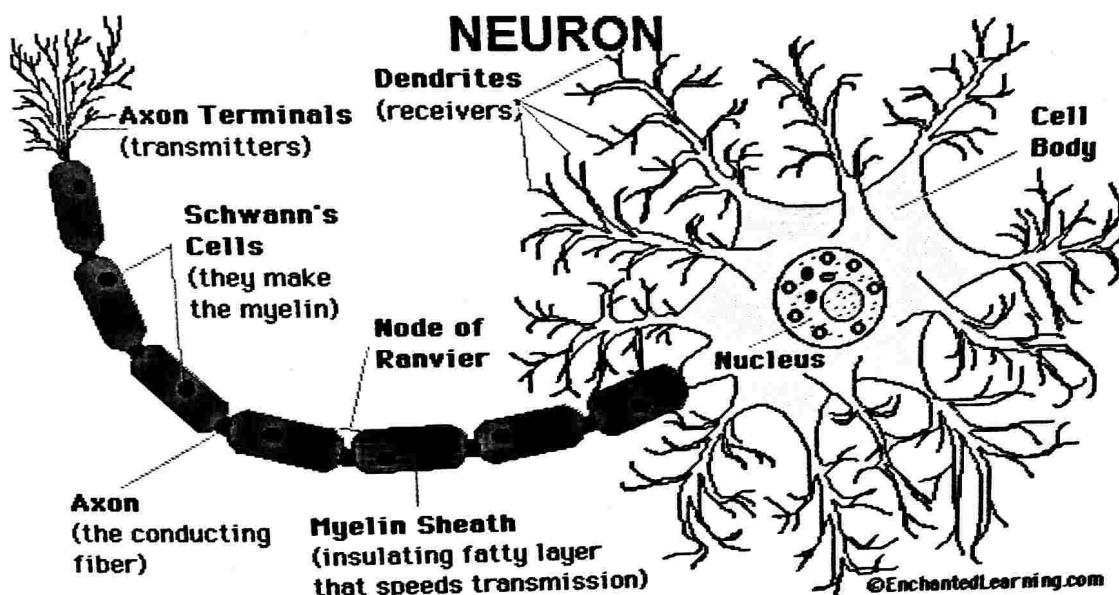
## ساختمان نورون

جسم سلول عصبی مانند سایر سلول‌های بدن، از هسته و سیتوپلاسم تشکیل شده است.

قطر جسم سلولی بعضی از نورون‌ها نظیر سلول‌های Betz بسیار بزرگ (حدود ۱۲۵ میکرومتر) است و تعدادی دیگر از کوچک‌ترین سلول‌های بدن به شمار می‌آیند مثل جسم سلول‌های گرانولار مخچه که قطری در حدود ۴-۵ میکرومتر دارند.

سلول‌های عصبی دارای یک هسته (Nucleus) نسبتاً بزرگ یوکروماتیک و مرکزی هستند که درون آن تعدادی هستک دیده می‌شود.

اسکلت سلول عصبی اهمیت ویژه‌ای دارد. نوروفیلامان‌ها (Neurofilaments) بخش اصلی اسکلت سلولی در نورون‌ها را تشکیل می‌دهند. نوروپیریل‌ها از تجمع نوروفیلامان‌ها به وجود می‌آیند. علاوه بر نوروفیلامان‌ها در اسکلت سلولی نورون‌ها، میکروفیلامان‌ها که از جنس اکتین هستند و میکروتوبول‌ها که از جنس توبولین هستند، نیز وجود دارند. در پریکاریون، ارگانل‌ها و انکلوزیون‌های متعددی دیده می‌شوند.



شکل ۱-۱. ساختمان یک نورون

با توجه به فعالیت زیاد سلول عصبی در سنتز پروتئین‌ها، رتیکولوم اندوپلاسمیک خشن (RER) و ریبوزوم‌ها در پریکاریون فراوان هستند. نوروفیلامان‌ها در جهات مختلفی بر روی رتیکولوم اندوپلاسمیک خشن قرار می‌گیرند و یک منظره گرانوله یا ببر مانند (Tigeroid) را در پریکاریون ایجاد می‌کنند که تحت عنوان اجسام نیسل (Nissl bodies) شناخته می‌شوند. اجسام نیسل به شدت بازوویل بوده و با رنگ‌آمیزی کربیزیل ویوله (Cresyl violet) رنگ می‌گیرند. این اجسام در پریکاریون و دندریت وجود دارند ولی در محل خروج آکسون از جسم سلولی که به آن تپه آکسونی (Axon hillock) می‌گویند، دیده نمی‌شوند. اجسام نیسل در نورون‌های حرکتی بیشتر از نورون‌های حسی است و با فعالیت سلول ارتباط مستقیم دارد.

دستگاه گلزی (Golgi complex): از تعدادی کیسه‌های مسطح و تعدادی وزیکول تشکیل شده است که در نزدیکی هسته قرار گرفته‌اند. این ارگانل از نظر شکل ظاهری مشابه شبکه اندوپلاسمیک صاف بوده و در انتقال گلیکوپروتئین‌ها و تغییر پیش پروتئین‌ها به پروتئین‌های اصلی نقش دارد. دستگاه گلزی فقط در پریکاریون نورون‌ها دیده می‌شود.

## فصل اول: نوروبیولوژی (نورون و سلول‌های گلیال) ◆ ۱۱

**میتوکندری‌ها (Mitochondria):** این ارگانل در جسم سلولی، دندربیت‌ها و آکسون وجود دارد. از نظر شکل ظاهری کروی و بیضی شکل هستند که توسط دو غشاء محصور شده‌اند. میتوکندری به عنوان موتور سلول شناخته می‌شود که انرژی را به صورت ATP تولید می‌کند. میتوکندری در محل‌هایی نظیر سیناپس‌ها، انتهای اعصاب حسی و حرکتی که فعالیت متابولیک بیشتری دارند، دیده می‌شود.

**سانتریول‌ها (Centrioles):** هر سانتریول یک ساختمان استوانه‌ای است، دیواره این استوانه از ۹ دسته لوله سه‌تایی موازی ساخته شده است و معمولاً یکی از ویژگی‌های سلول‌های در حال تقسیم است ولی در نورون‌های بالغ که قدرت تقسیم ندارند نیز دیده می‌شوند که احتمالاً در تشکیل و نگهداری میکروتوبول‌ها نقش دارند.

علاوه بر ارگانل‌ها، ممکن است انکلوزیون‌ها (Cytoplasmic Inclusion) نیز در نورون دیده شوند. نوروملانین که به طور عمده می‌توان آن را در جسم سیاه مشاهده نمود تا سن بلوغ به حداقل میزان خود رسیده و سپس ثابت باقی می‌ماند. این رنگ دانه از نظر شیمیایی در ارتباط با نوروترانسミتر دوپامین است که بوسیله نورون‌های این ناحیه مورد استفاده قرار می‌گیرد. هسته سروئوس (آبی تیره) که در پل مغزی قرار دارد محتوى ملانین و مس می‌باشد. با افزایش سن در اکثر نورون‌ها، گرانول‌های لیپوفوشین (رنگ دانه سن) به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای افزایش می‌یابد. در جسم زانویی خارجی که جمعیت نورونی فراوان و متراکم است، تجمع لیپوفوشین در نورون‌ها به گونه‌ای است که به صورت ماکروسکوپیک نیز از کورتکس مجاور قابل تشخیص می‌باشد.

## زوائد سلولی

شامل دندربیت‌ها (Dendrites) و آکسون (Axons) هستند. دندربیت‌ها زوائد ظریفی هستند که از جسم سلولی جدا شده و موجب افزایش سطح گیرنده می‌شوند. ترکیب سیتوپلاسمی دندربیت مشابه پریکاریون است، اما دندربیت‌ها فاقد دستگاه گلزاری هستند. بر خلاف آکسون‌ها که قطرشان از ابتدا تا انتهای ثابت است، دندربیت‌ها هم چنان که به شاخه هایشان تقسیم می‌شوند، نازک‌تر می‌گردند. شاخه‌های متعدد دندربیت‌ها از ویژگی‌های بارز نورون‌هاست برای مثال دندربیت‌های سلول‌های پورکنر قشر مخچه در یک صفحه قرار می‌گیرند. اغلب دندربیت‌ها دارای زوائد ریزی به نام خارهای دندربیتی (Dendritic Spines) بر روی خود هستند که موجب افزایش سطح سیناپسی دندربیت‌ها می‌شوند. آکسون یک زائد استوانه‌ای طویل است که بسته به نوع نورون، قطر و طول آن متفاوت است. تمام آکسون‌ها از یک ناحیه هرمی شکل به نام تپه آکسونی (Axon hillock) منشاء می‌گیرند که از پریکاریون منشعب شده است (شکل ۱-۱). غشاء پلاسمایی آکسون را آکسولما (Axolemma) و محتويات آن را آکسوبلاسم (Axoplasm) می‌نامند. آکسونها ممکن است فاقد هرگونه غلاف باشند که در این صورت به آنها آکسون‌های برهنه می‌گویند، در حالی که بسیاری از آکسون‌ها دارای یک غلاف میلین هستند که جنس آن لیپوپروتئین است و باعث رنگ سفید این رشته‌ها می‌شود. غلاف میلین در فواصل نیم میلی‌متری دارای یک فرورفتگی است که به آن گره رانویه می‌گویند. در خار غلاف میلین شوان قرار دارد که از سلول‌های نازکی به نام شوان تشکیل شده است. در اعصاب محیطی، ساختن میلین توسط سلول‌های شوان صورت می‌گیرد. در نورون‌هایی که آکسون میلین دار دارند، بخشی از آکسون را که بین تپه

آکسونی و نقطه شروع میلین سازی قرار دارد، قطعه اولیه (Initial Segment) می‌گویند. در این محل، امواج تحریریکی و مهاری گوناگونی که به نورون می‌رسند، جمع جبری شده و تصمیمات جهت ایجاد پتانسیل عمل صورت می‌پذیرد. آکسون‌ها دارای انشعابات انتهایی ظریفی هستند که به آنها تلودندرон (Telodendron) می‌گویند. هر کدام از تلودندرон‌ها در انتهای خود متسع شده و تکمه انتهایی را به وجود می‌آورند. تکمه‌های انتهایی حاوی میتوکندری‌ها و وزیکول‌های سیناپسی فراوانی هستند. هرگاه پتانسیل عمل به تکمه‌های انتهایی بررسد از وزیکول‌های موجود در تکمه‌های مذکور موادی به نام نوروترانسمیتر تراوش می‌گردد. تاکنون مواد شیمیایی زیادی به عنوان نوروترانسمیتر شناخته شده‌اند که شامل: استیل کولین، نور اپی‌نفرین، اپی‌نفرین، دوپامین، گلیسین، سروتونین، گاما آمینوبوتیریک اسید (GABA)، انکفالین و ماده P می‌باشند.

### انتقال آکسون‌پلاسمی

انتقال مواد و ارگانول‌ها در طول آکسون در دو جهت رو به جلو (Antrograde) و رو به عقب (Retrograde) صورت می‌پذیرد. در انتقال رو به جلو ترکیبات سنتز شده در جسم سلولی به دو طریق منتقل می‌شوند:

(الف) انتقال سریع (Rapid Transport): در این نوع انتقال میتوکندری‌ها، وزیکول‌های سیناپسی و ملکول‌های پیش‌ساز منتقل می‌گردند. انتقال سریع با سرعتی در حدود ۳۰۰–۴۰۰ میلی‌متر در شبانه روز صورت می‌پذیرد.

(ب) انتقال آهسته (Slow Transport): در این نوع انتقال عناصر اسکلتی و پروتئین‌های محلول منتقل می‌شوند. انتقال آهسته با سرعتی در حدود ۵–۱۰ میلی‌متر در شبانه روز صورت می‌پذیرد.

در انتقال رو به عقب میتوکندری‌های فرسوده، شبکه آندوپلاسمیک صاف و غشاء پلاسمایی تخریب شده به منظور استفاده مجدد یا ذخیره به جسم سلولی باز می‌گردد. این مواد با سرعتی در حدود ۲۰۰–۱۵۰ میلی‌متر در شبانه روز به سمت جسم سلولی حرکت می‌کنند.

علاوه بر انتقال مواد زائد، انتقال رتروگراد در تشخیص سلول هدف نیز نقش دارد. در محل سیناپس، آکسون‌ها به غشاء پلاسمایی سلول هدف متصل می‌شوند و اندوزووم‌های سیگنانالی حاوی پروتئین را دریافت می‌کنند. به این پروتئین‌ها، نوروتروفین (Neurotrophin) می‌گویند. یکی از نوروتروفین‌هایی که سالهای است شناخته شده، فاکتور رشد عصب می‌باشد که تکامل سیستم عصبی محیطی حسی و اتونومیک وابسته به آن می‌باشد. نورون‌ها در مغز بالغ فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز (BDNF) را سنتز و از جسم سلولی به انتهای عصبی انتقال می‌دهند. این انتقال آنteroگراد برای بقای نورون ضروری است.

### تقسیم‌بندی نورون‌ها

نورون‌ها را بر اساس تعداد زوائد، طول آکسون و عملکردشان تقسیم‌بندی می‌کنند.

تقسیم‌بندی نورون‌ها بر اساس تعداد زوائد

(۱) نورون‌های یک قطبی کاذب (Pseudounipolar n) دارای جسم سلولی مدور هستند و یک زائد دارند که به

دو شاخه شبیه حرف T تقسیم می‌شود، یک شاخه (دندریت) که به سوی انتهای محیطی گستردہ می‌شود و دیگری (اکسون) که به سمت CNS می‌رود. هر دو زائد ساختار آکسونی دارند. در این نورون‌ها، جریان عصبی، مستقیماً بدون عبور از پریکارپیون، از دندریت به آکسون منتقل می‌شود. در نخاع این نوع نورون‌ها در گانگلیون پشتی دیده می‌شوند. در پارانشیم مغز، این نورون‌ها در هسته مزانسفالیک عصب سه‌فلاو که مربوط به حس عمقی عضلات جونده است، قرار دارند.

۲) نورون‌های دو قطبی (Bipolar n) جسم سلولی این نورون‌ها دوکی شکل بوده و دارای یک اکسون و یک دندریت هستند. این نوع نورون را در مخاط بوبیایی، شبکیه چشم و گانگلیون‌های حلزونی و دهلیزی می‌توان دید.

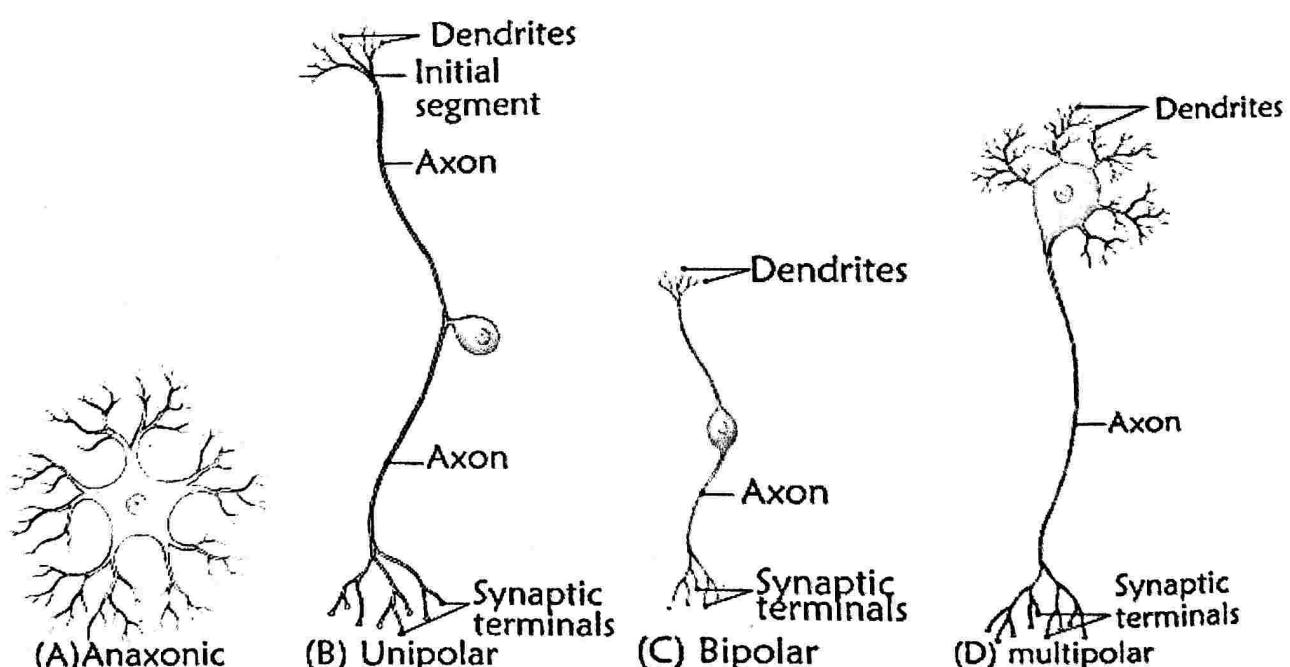
۳) نورون‌های چند قطبی (Multipolar n) دارای جسم سلولی چندقطبی با اشکال مختلفی نظیر هرمی و ستاره‌ای هستند که بیش از دو زائد سلولی دارند؛ یکی اکسون و بقیه دندریت‌ها. اکثر نورون‌های بدن چند قطبی هستند.

۴) نورون‌های بدون آکسون (Anaxonic n) به نورون‌هایی گفته می‌شود که فاقد اکسون بوده ولی دارای زوائد دندریتی متعدد می‌باشند. سلول‌های آماکرین در شبکیه از این نوع هستند (شکل ۱-۲).

### تقسیم‌بندی نورون‌ها بر اساس طول آکسون (تقسیم‌بندی گلزی)

نورون‌های گلزی تیپ I (Golgi type I neurons) یک آکسون دراز دارند که ممکن است یک متر یا بیشتر طول داشته باشند. آکسون‌های این نورون‌ها، الیاف دراز راه‌های عصبی مغز و نخاع و نیز الیاف اعصاب محیطی را تشکیل می‌دهند. سلول‌های هرمی (پیرامیدال) قشر مخ، سلول‌های پورکنژ قشر مخچه و سلول‌های حرکتی نخاع همگی نمونه‌هایی از نورون‌های تیپ I گلزی می‌باشند.

نورون‌های گلزی تیپ II دارای یک آکسون کوتاه هستند که در نزدیکی جسم سلولی خاتمه می‌یابد. این



شکل ۱-۲. تقسیم‌بندی نورون‌ها بر اساس تعداد نوریت‌ها

نورون‌ها از حیث تعداد، فراوان‌تر از نورون‌های گلزاری تیپ I می‌باشند. سلول‌های گلزاری تیپ II به عنوان اینترنورون‌ها شناخته می‌شوند.

### تقسیم‌بندی نورون‌ها بر اساس عملکرد (فیزیولوژیک)

- ۱) نورون‌های حسی (Sensory) یا آوران (Afferent) در دریافت حریکات حسی از محیط و درون بدن دخالت دارند.
- ۲) نورون‌های حرکتی (Motor) یا وابران (Efferent) که به اعضاء اجرا کننده مانند عضلات و غدد فرمان می‌دهند.
- ۳) نورون‌های بینایی (Inter neurons) در ارتباط دادن نورون‌ها نقش دارند و فراوان‌ترین نورون‌ها در سیستم عصبی هستند.

### نورون‌های حسی

به چند دسته تقسیم می‌شوند:

الف) نورون‌های حس بدنی (Somatic): این نورون‌ها حس تمام بدن به غیر از احساس را دریافت می‌کنند مثل حس‌های مختلف از پوست، عضلات، مفاصل و تاندون‌ها.

ب) نورون‌های حس احساسی (Visceral): نورون‌هایی که مربوط به حس احساسی هستند، دندانیت آنها به احساس ختم شده و حس احساس را دریافت می‌کنند.

حس بدنی نیز به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شود.

(۱) حس بدنی خارجی (Extroceptive) که به دو گروه تقسیم می‌شود:

الف) عمومی مثل حس‌های پوستی، لمس، فشار و حرارت.

ب) اختصاصی مثل حس‌های بینایی و شنوایی

(۲) حس بدنی عمقی (Proprioceptive): حس مربوط به استخوان‌ها، عضلات، وترها و مفاصل است و با وضعیت فیزیکی یعنی نحوه قرارگیری قسمت‌های مختلف بدن نسبت به هم سر و کار دارد و بر اساس این که در قشر مخ یا مخچه خاتمه یابد به دو دسته تقسیم می‌گردد.

الف) حس عمقی خودآگاه: از آنجایی که این حس در قشر مخ درک می‌شود به آن حس عمقی در سطح هوشیاری یا خودآگاه (Conscious Level) می‌گویند.

ب) حس عمقی ناخودآگاه: در مقابل حس عمقی خودآگاه بخش دیگری از حس عمقی قرار دارد که به مخچه می‌رود لذا آن را حس عمقی در سطح زیر هوشیاری یا ناخودآگاه (Unconscious Level) می‌نامند.

### نورون‌های حرکتی

در حقیقت نورون‌هایی هستند که آکسون آن‌ها به ساختمان‌های مختلف بدن می‌روند و باعث ایجاد عمل در آن ساختمان می‌گردد. از نظر محل قرارگیری به دو دسته تقسیم می‌شوند.

الف) نورون محرکه فوقانی (UMN): این نورون‌ها در قشر مخ قرار دارند و صادر

کننده فرامین حرکتی اولیه می‌باشند.

## فصل اول: نوروبیولوژی (نورون و سلول‌های گلیال) ♦ ۱۵

ب) نورون محرکه تحتانی (Lower Motor Neuron, LMN): این نورون‌ها در سایر قسمت‌های سیستم عصبی مثل مغز میانی، پل مغزی، بصل النخاع و نخاع قرار دارند. این نورون‌ها فرامین حرکتی را از نورون‌های محرکه فوقانی دریافت کرده و سپس اکسون آنها به سلاختمان‌های مختلف بدن مثل عضلات مخطط می‌روند.

### نکته بالینی:

مهمترین علایم آسیب نورون حرکتی فوقانی (UMNL) شامل موارد زیر است:

- ۱- وجود رفلکس بابینسکی (پاسخ رفلکسی کف پا یا علامت بابینسکی Babinski Sign): نوعی پاسخی عصبی به تحریک کف پا است که در تشخیص برخی اختلالات مغز و نخاع به کار می‌رود. در صورتی که این واکنش طبیعی باشد، رفلکس کف پا نامیده می‌شود و در موارد غیر طبیعی (پاتولوژیک) علامت بابینسکی خوانده می‌شود. رفلکس مثبت در نوزادان و همچنین هنگام خواب و یا بعد از راه رفتن طولانی نیز ممکن است دیده شود و طبیعی است. نحوه گرفتن رفلکس: برای گرفتن این رفلکس باید قسمت خارجی پوست کف پا توسط جسمی غیر تیز از پاشنه به سمت انگشتان به طریقی که باعث آسیب یا بریدگی نشود، تحریک شود.

انواع پاسخها:

الف- فلکسور: انگشتان به داخل خم شده و پا به داخل می‌چرخد. این واکنش در افراد طبیعی و سالم دیده می‌شود.  
(بابینسکی منفی)

ب- بدون پاسخ

ج- اکستنسور: انگشت بزرگ پا به پشت خم شده و سایر انگشتان از هم جدا می‌شوند. این حالت در آسیب‌های سیستم عصبی مرکزی دیده می‌شود. (بابینسکی مثبت)

۲- عموماً تون عضلانی افزایش می‌یابد که از آن به سفتی (Spasticity) یا هیپرتونی یاد می‌شود.  
۳- کاهش یا از بین رفتن رفلکس‌های پوستی شکمی.

۴- عدم وجود آتروفی عضلانی (مگر در موارد عدم استفاده از اندام آسیب دیده در مدت زمان طولانی).  
۵- وجود اسپاسم عضلانی تکرار شونده (Clonus) در آسیب‌های شدید.

علایم آسیب نورون حرکتی تحتانی (LMNL) شامل موارد زیر است:

- ۱- کاهش قوام یا تون عضلانی (هیپوتونی) که منجر به شلی عضلات می‌گردد.
- ۲- کاهش سطح رفلکس‌های تاندونی یا از بین رفتن آنها.
- ۳- ضعف عضلانی و یا فلچ عضله که عامل تحلیل ماهیچه‌ها است.
- ۴- طبیعی بودن رفلکس‌های شکمی سطحی.