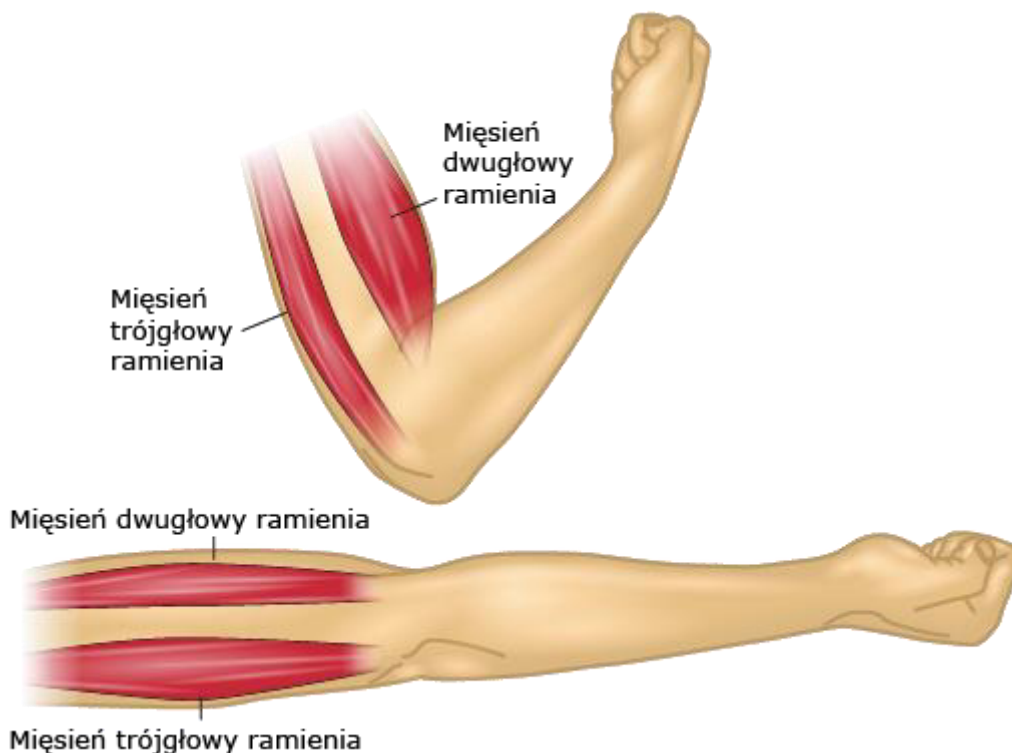


Podstawy teoretyczne: Mięśnie

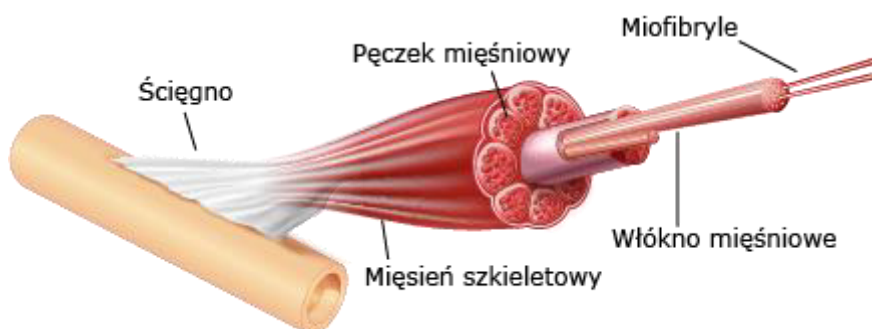
Szkielet zapewnia oparcie dla narządów w organizmie i ruch ciała. Kości pełnią funkcję podporową, natomiast stawy stanowią elementy ruchome szkieletu. Mięśnie szkieletowe, poprzecznie prążkowane, przymocowane są do kości bezpośrednio, albo za pośrednictwem ścięgien, zbudowanych z mocnych wiązek włókien kolagenowych.

Często mięśnie, dwa lub więcej, działają antagonisticznie. W takim układzie, skurcz jednego mięśnia powoduje rozciągnięcie lub wydłużenie drugiego mięśnia (Rysunek 1).



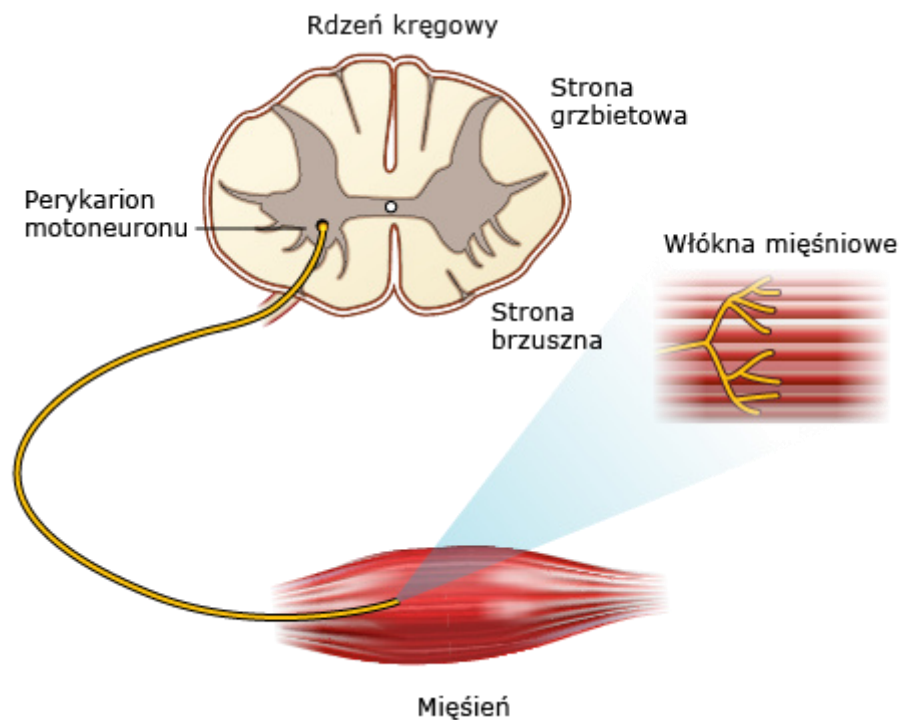
Rysunek 1. Mięsień dwugłowy ramienia / mięsień trójgłowy ramienia - przykład dwóch mięśni antagonisticznych.

Mięsień szkieletowy zbudowany jest z długich, wielojądrzastych komórek, nazywanych również włóknami mięśniowymi, zgrupowanych w pęczki mięśniowe (Rysunek 2).



Rysunek 2. Budowa mięśnia szkieletowego.

Jeden motoneuron wraz z wszystkimi unerwianymi przez niego włóknami mięśniowymi nazywany jest jednostką motoryczną (Rysunek 3).



Rysunek 3. Jednostka motoryczna.

Potencjał czynnościowy powstający w neuronie ruchowym wywołuje powstanie potencjału czynnościowego w unerwianych przez ten motoneuron komórkach mięśniowych, poprzez uwalnianie neuroprzekaźnika acetylocholiny do szczeliny synaptycznej. Potencjał czynnościowy mięśnia prowadzi do krótkotrwałego wzrostu stężenia jonów wapnia $[Ca^{2+}]$ wewnątrz komórki, co zapoczątkowuje molekularny mechanizm skurczu wewnątrz włókna mięśniowego. Proces ten wymaga użycia wewnątrzkomórkowych zapasów adenozyntrifosforanu (ATP) jako źródła energii. Rezultatem powyższych zjawisk jest krótkotrwały skurcz komórki mięśniowej.

Siła skurczu całego mięśnia kontrolowana jest poprzez przewodzenie impulsów nawet w setkach nerwów ruchowych. Motoneurony te kontrolują ruch na różne sposoby. Jednym ze sposobów, w jaki układ nerwowy kontroluje pracę mięśnia, jest zmiana liczby pobudzonych motoneuronów, a tym samym zmiana liczby kurczących się włókien mięśniowych. Proces ten nazywany jest „rekrutacją jednostek motorycznych”.

Drugim sposobem, w jaki układ nerwowy kontroluje siłę skurczu mięśnia, jest zmiana częstotliwości pobudzeń w nerwach ruchowych. Kiedy odstępy pomiędzy pobudzeniami są dłuższe niż 200 ms, w okresie pomiędzy poszczególnymi pobudzeniami stężenie wewnątrzkomórkowych jonów wapnia $[Ca^{2+}]$ spada do poziomu spoczynkowego, a w komórce mięśniowej występują skurcze pojedyncze. Kiedy odstępy pomiędzy pobudzeniami wynoszą od 75 do 200 ms, w momencie kiedy do włókna mięśniowego dociera kolejne pobudzenie, $[Ca^{2+}]$ wewnątrz komórki znajduje się na wyższym poziomie niż poziom spoczynkowy. Ponieważ komórka

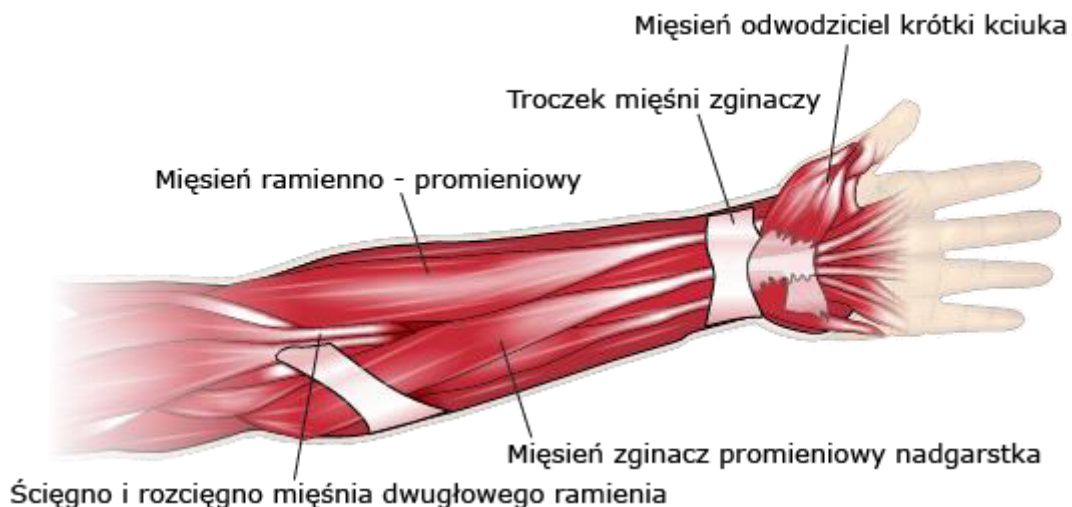
mięśniowa nie zdoła się w tym czasie całkowicie się rozkurczyć, kolejny skurcz jest silniejszy od poprzedniego. Zjawisko to nazywamy „sumowaniem”.

Jeżeli częstotliwość pobudzeń jest jeszcze większa, mięsień nie ma czasu na rozkurcz pomiędzy kolejnymi pobudzeniami. Dochodzi wówczas do powstania skurczu „tężcowego (zupełnego)”, którego siła wielokrotnie przewyższa siłę skurczu pojedynczego. Mięsień znajduje się wówczas w stanie nieprzerwanego skurczu.

W momencie dokonywania stymulacji nerwu za pośrednictwem elektrod umieszczonych na skórze, osoba badana będzie odczuwać krótkotrwałe „szczypanie”, mrowienie i skurcze mięśnia. Odbierane wrażenia mogą być podobne do statycznych wyładowań, odczuwanych kiedy pocieramy nogą o dywan, a następnie dotkniemy metalowego przedmiotu. W naszych doświadczeniach każdy impuls elektryczny będzie miał bardzo krótki czas trwania (krótszy niż jedna milisekunda). Wartość impulsu elektrycznego jest zbyt mała, aby wywołać jakiegokolwiek obrażenia lub uszkodzenia u osoby badanej. Nie ma żadnego ryzyka związanego z użyciem prądu o tak słabym natężeniu. Żadne urządzenia nie będą też wkłuwane w skórę, nie ma wobec tego ryzyka infekcji.

W Ćwiczeniu 1 obserwowana będzie reakcja mięśni bez jej rejestracji.

W Ćwiczeniach 2 - 4 zostanie użyty przetwornik w celu zmierzenia siły generowanej przez mięsień przywodziciel kciuka (Rysunek 3).

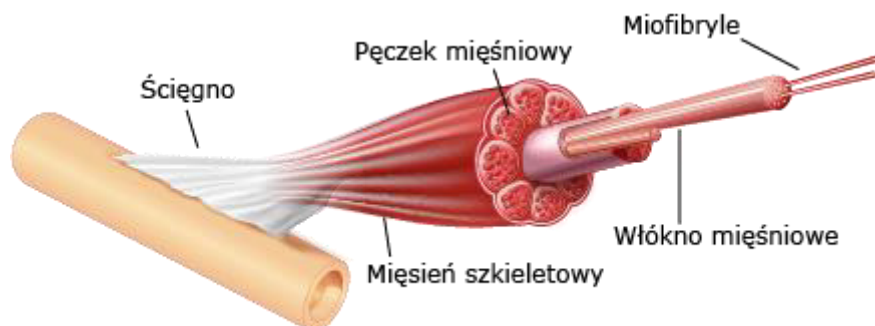


Rysunek 4. Niektóre mięśnie przedramienia i dłoni.

W ostatnim doświadczeniu, w trakcie badania zjawiska zmęczenia mięśni, przy użyciu tensometru zostanie zarejestrowana siła uścisku ręki.

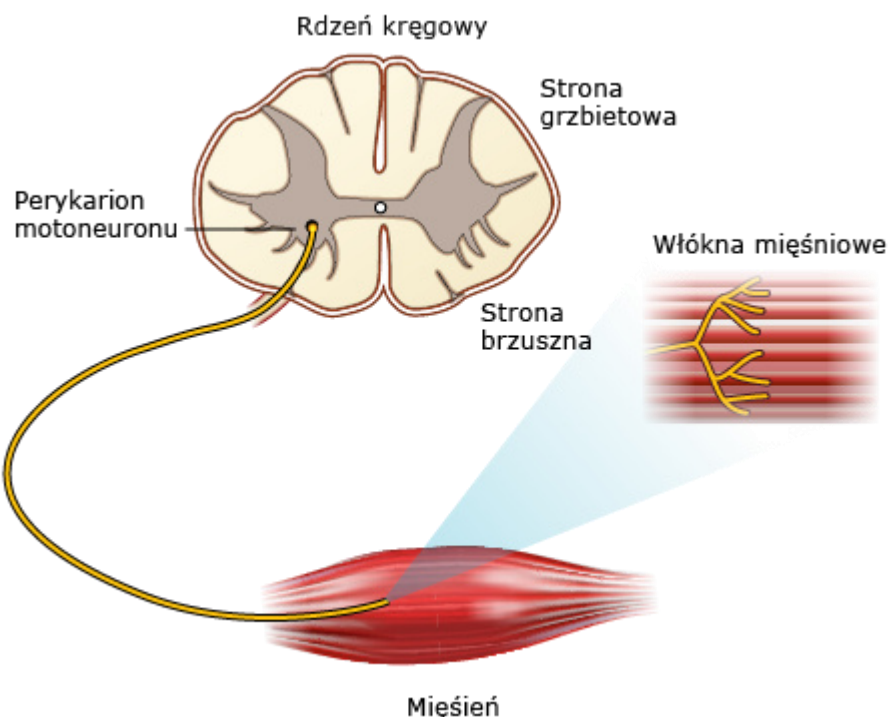
Podstawy teoretyczne: Elektromiografia

Mięśnie szkieletowe wykonują głównie pracę związaną z przemieszczaniem i zapewniają prawidłową postawę ciała. Każdy mięsień składa się z pojedynczych włókien mięśniowych, zorganizowanych w pęczki mięśniowe (Rysunek 1).



Rysunek 1. Budowa mięśnia szkieletowego.

Każde pojedyncze włókno mięśniowe jest unerwione przez gałąź nerwu ruchowego. W warunkach fizjologicznych, powstający w nerwie ruchowym potencjał czynnościowy aktywuje włókna mięśniowe unerwione przez wszystkie odgałęzienia aksonu tego nerwu. Jeden motoneuron wraz ze wszystkimi unerwianymi przez niego włóknami mięśniowymi nazywany jest jednostką motoryczną (Rysunek 2).



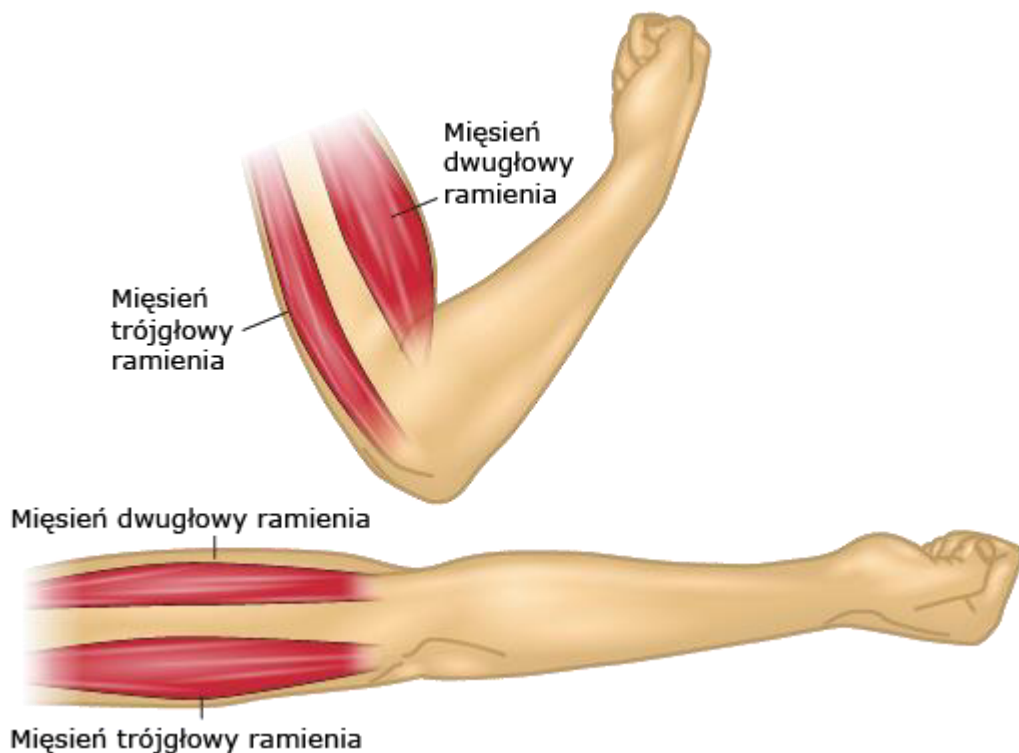
Rysunek 2. Budowa jednostki motorycznej.

Proces pobudzenia mięśni do skurczu rozpoczyna się od powstania potencjału czynnościowego we włóknie nerwowym (w ruchach dowolnych, albo w wyniku elektrycznej stymulacji nerwów obwodowych). Kolejno następuje przewodzenie potencjału czynnościowego wzdłuż włókna nerwowego, uwolnienie neuroprzekaźnika w złączy nerwowo-mięśniowym i depolaryzacja błony komórkowej włókna mięśniowego, w wyniku której dochodzi do skurczu włókien mięśniowych.

Elektromiografia jest metodą badającą czynność elektryczną mięśni oraz nerwów je unerwiających. Zapis, uzyskany w trakcie wykonywania elektromiografii, nazywany jest elektromiogramem lub inaczej „EMG” albo „miogramem”. Istnieją dwie metody rejestracji zapisu: pierwsza wymaga użycia elektrod igłowych, które wkłuwane są w mięsień przez skórę, druga polega na przymocowaniu elektrod powierzchniowych do powierzchni skóry. Wielkość i kształt uzyskanego wykresu pozwala na ocenę zdolności mięśnia do reagowania na stymulację nerwu. W warunkach klinicznych elektromiografia jest najczęściej przeprowadzana u pacjentów z objawami osłabienia, u których badanie lekarskie wykazało zmniejszoną siłę mięśni. EMG pozwala na zróżnicowanie stanów osłabienia mięśni wywołanych zaburzeniami neurologicznymi od innych stanów chorobowych.

EMG pozwala na obrazowanie czasu trwania i wzoru aktywności mięśni w trakcie złożonych ruchów. Zapis sygnału rejestrowanego w elektromiografii powierzchniowej odzwierciedla aktywność elektryczną kurczących się w danym momencie komórek mięśniowych. Jednostki motoryczne są pobudzane w sposób asynchroniczny i czasami, w trakcie niezwykle słabych skurczów, możliwe jest zarejestrowanie w zapisie EMG aktywności pojedynczych jednostek motorycznych. Jednakże, w miarę wzrastania siły skurczu, wzrasta również częstotliwość potencjałów czynnościowych, a zatem każdy z fragmentów surowego zapisu sygnału odzwierciedla wówczas aktywność nawet do tysiąca pojedynczych włókien mięśniowych.

W doświadczeniu pierwszym dokonasz zapisu sygnału EMG w trakcie wykonywania świadomych skurczów mięśni dwugłowego i trójgłowego ramienia (Rysunek 3).

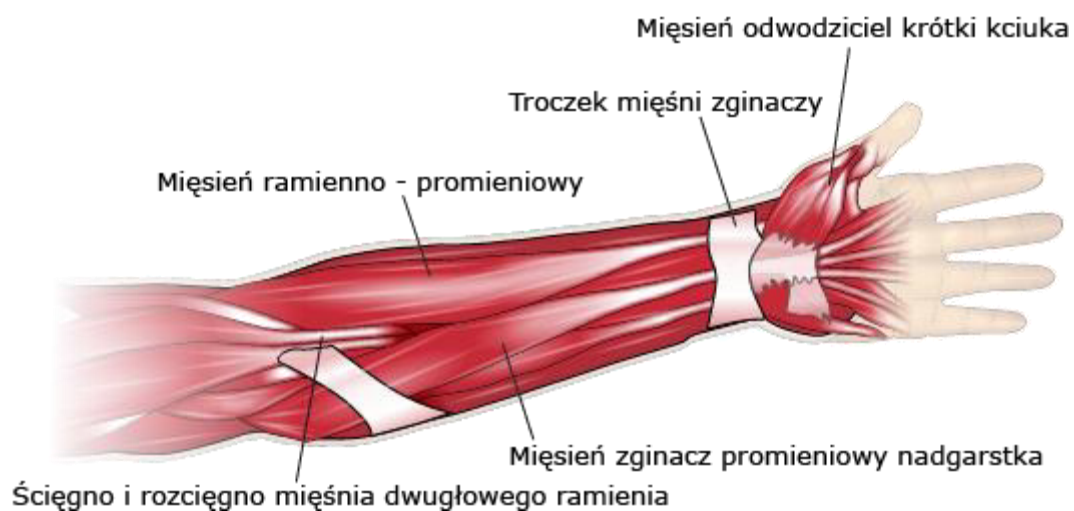


Rysunek 3. Schemat mięśni ramienia.

Uzyskany w trakcie wykonywania świadomych skurczów mięśni, surowy zapis sygnału EMG, może być przetworzony na różne sposoby, aby lepiej odzwierciedlić intensywność elektrycznej aktywności mięśni. W metodzie użytej w niniejszym ćwiczeniu fragmenty zapisu, które przyjmowały wartość ujemną, zostały odwrócone,

a cały sygnał został zintegrowany w taki sposób, aby wygładzić pojedyncze szczyty sygnału, dzięki czemu zmiany aktywności mięśnia w czasie stały się bardziej klarowne i przejrzyste. W tej części ćwiczenia zaobserwujesz koaktywację mięśni: zjawisko w trakcie którego skurczowi jednego mięśnia towarzyszy osłabienie aktywności mięśnia antagonistycznego. Znaczenie fizjologiczne tego zjawiska nie jest w pełni jasne, ale sugeruje się iż wspomaga ono stabilizację danego stawu.

Będziesz zapisywał sygnał EMG, powstały pod wpływem elektrycznej stymulacji nerwu ruchowego, zaopatrującego dany mięsień. Mięsień odwodziciel krótki kciuka należy do grupy mięśni kłębów grzbietowej powierzchni dłoni (Rysunek 4).



Rysunek 4. Niektóre mięśnie przedramienia i dłoni.

Nerw ruchowy (nerw pośrodkowy), który zaopatruje mięsień odwodziciel krótki kciuka, najłatwiej jest stymulować na wysokości nadgarstka lub łokcia. W niniejszym ćwiczeniu do skóry zostaną przymocowane płaskie, okrągłe, metalowe elektrody. Nerw będzie stymulowany przez skórę krótkimi impulsami elektrycznymi i zarejestrowany zostanie czas, który musi upłynąć od momentu zadziałania bodźca do momentu powstania skurczu mięśnia. Czas ten zależy od szybkości przewodzenia impulsów nerwowych. Przyjmuje się, że prawidłowa szybkość przewodzenia impulsu w nerwie powinna wynosić około 50 do 60 metrów na sekundę. Wartości te nie są jednak stałe i mogą się różnić u poszczególnych osób oraz w odniesieniu do różnych nerwów.

Procesy chorobowe nerwów lub mięśni prowadzą do zaburzeń aktywności mięśni. Mierzenie aktywności elektrycznej mięśni i nerwów, ułatwia wykrycie obecności, miejsca i stopnia zaawansowania chorób dotyczących tkanki mięśniowej (np. dystrofia mięśni) lub nerwowej (np. stwardnienie zanikowe boczne: choroba Lou Gehringa). W przypadku urazów nerwu można często zlokalizować dokładne miejsce uszkodzenia. W warunkach klinicznych badaniu EMG towarzyszy zazwyczaj badanie prędkości przewodzenia w danym nerwie.

W momencie dokonywania stymulacji nerwu, za pośrednictwem elektrod umieszczonych na skórze, osoba badana czuć będzie krótkotrwałe „szczypanie”,

mrowienie i skurcze mięśnia. Odbierane wrażenia mogą być podobne do statycznych wyładowań, odczuwanych kiedy pocieramy nogą o dywan, a następnie dotkniemy metalowego przedmiotu. W naszych doświadczeniach, każdy impuls elektryczny będzie miał bardzo krótki czas trwania (krótszy niż jedna milisekunda). Wartość impulsu elektrycznego jest zbyt mała, aby wywołać jakiegokolwiek obrażenia lub uszkodzenia osoby badanej. Nie ma żadnego ryzyka związanego z wykorzystaniem prądu o tak niskim natężeniu. Nic nie jest wkłuwane w skórę, nie ma wobec tego ryzyka infekcji.