

VII. Elektromyografie - EMG.

Cílem cvičení je seznámit se s elektromyografickým záznamem elektrické aktivity svalu při volní i vyvolané svalové kontrakci, a stanovit rychlost vedení v periferním nervu.

Specifické cíle cvičení:

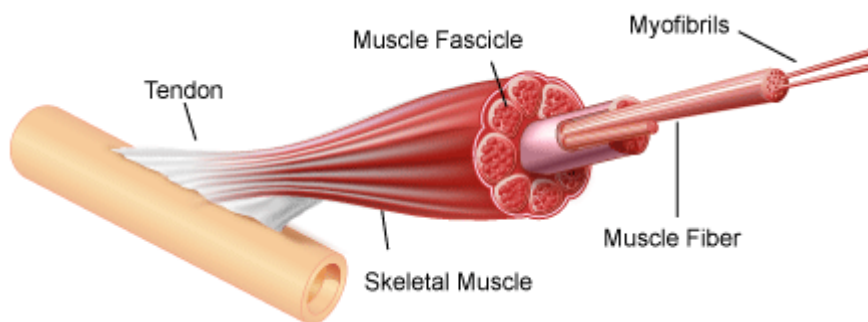
1. Zaznamenat elektromyogram (EMG) v klidu a sledovat jeho změny při různém motorickém úsilí.
2. Sledovat změny EMG v antagonistickém svalu a jev koaktivace.
3. Registrovat odpověď EMG při podráždění periferního nervu (n. medianus, česky též středový nerv)
4. Změřit rychlost vedení v periferním nervu podle latencí EMG odpovědi při stimulaci mediánového nervu na předloktí a na zápěstí.



Obr. 7.1. Počátky elektromyografie. John Basmaian (uprostřed) byl průkopníkem elektromyografie.

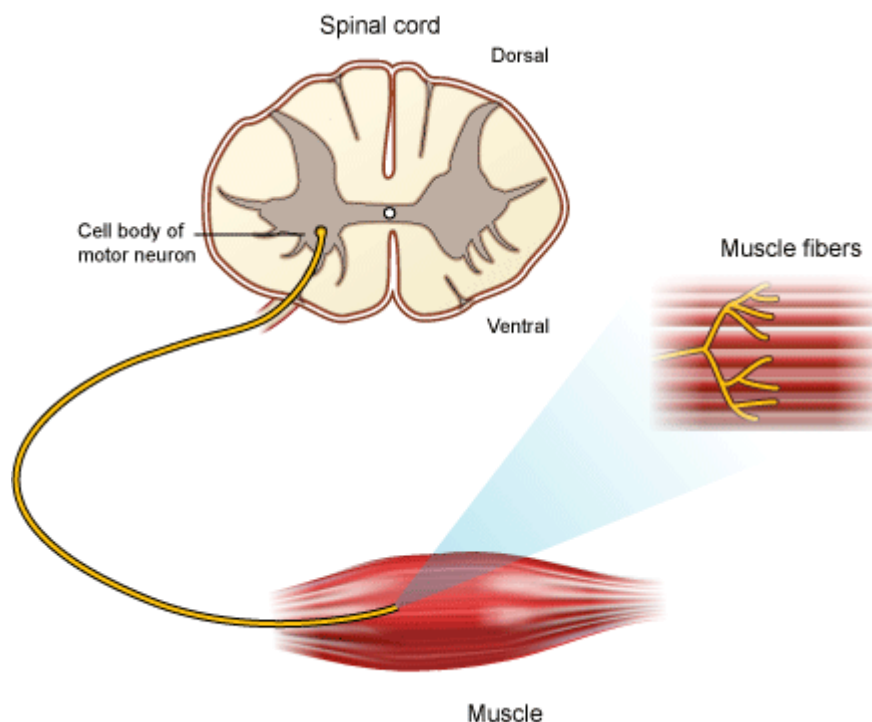
Podstata EMG

Kosterní sval poskytuje možnost lokomoce a opory kosternímu skeletu. Sval se skládá z jednotlivých svalových vláken, která jsou uspořádána paralelně ve fasciklech. (Fig. 7.2.)



Obr. 7.2. Struktura kosterního svalu.

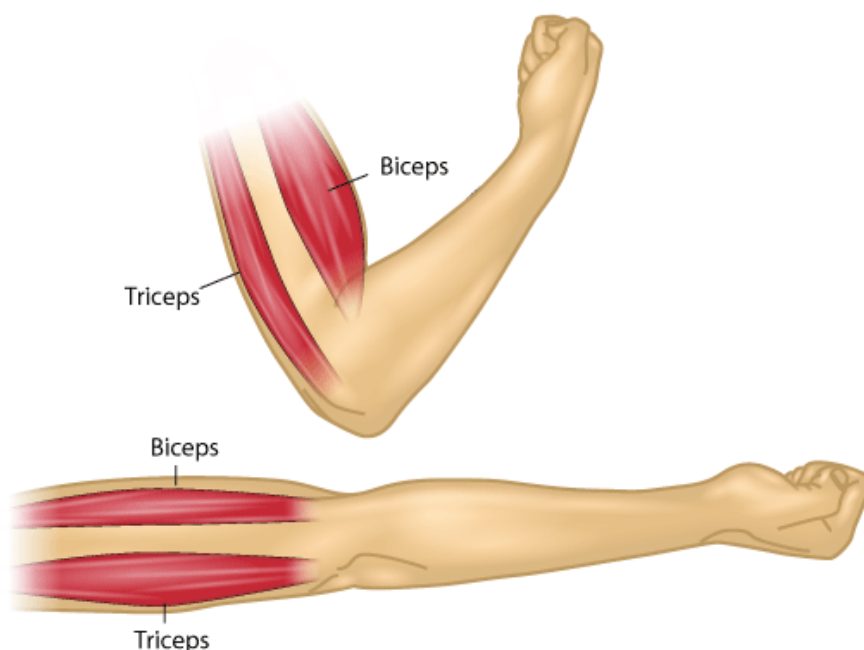
Jednotlivá svalová vlákna jsou inervována vlákny motorického neuronu. Za normálních podmínek aktivuje akční potenciál motoneuronu všechna svalová vlákna, která jsou zásobena tímto nervovým vláknem (motorická jednotka, Obr. 7.3).



Obr. 7.3. Motoneuron a motorická jednotka.

Při aktivaci svalu vzniká akční potenciál (vědomou aktivací nebo po podráždění periferního nervu), který se šíří nervovým vláknem a aktivuje svalová vlákna mechanismem nervosvalové ploténky, což posléze spustí svalový záškub.

Elektromyografie je metoda pro měření elektrické aktivity svalu a nervu, který daný sval řídí. Výsledkem elektromyografického vyšetření je elektromyogram. EMG lze registrovat buď jehlovými elektrodami zavedenými skrz kůži do svalu, nebo povrchovými elektrodami umístěnými na kůži nad bříškem svalu. Velikost a tvar EMG udává schopnost svalu odpovídat na nervové podněty.



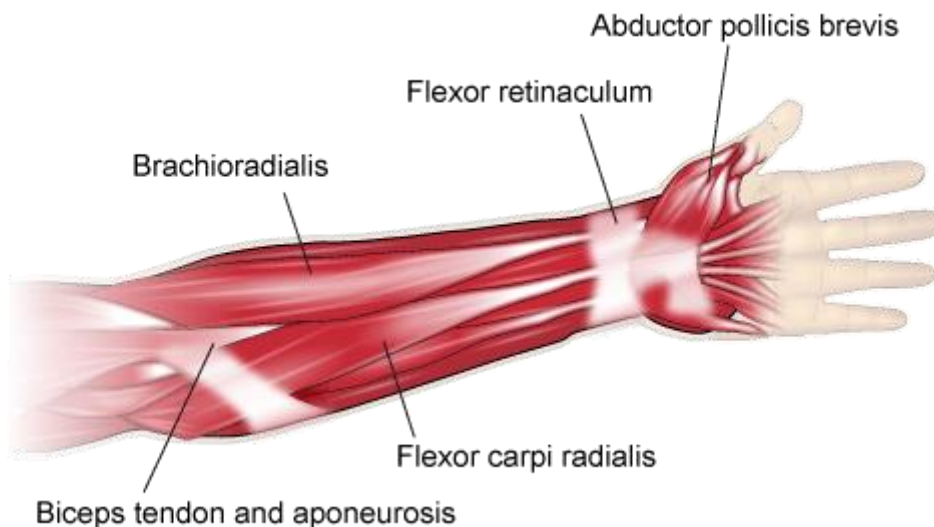
Obr. 7.4. Dvoj- a trojhlavý sval paže.

V klinické praxi se uplatňuje zejména při symptomech svalové ochablosti, která doprovází řadu neurologických onemocnění. EMG také poskytuje informaci o vzorci a dynamice svalové aktivity při komplexních pohybech. Povrchové EMG obráží elektrickou aktivitu svalových vláken, aktivovaných současně. Jednotlivé motorické jednotky pálí nesynchronně a při slabých svalových kontrakcích lze v EMG někdy zaznamenat i příspěvky jednotlivých motorických jednotek. Při silnějších kontrakcích registrujeme povrchovými elektrodami souborný potenciál až z tisíců svalových vláken.

V tomto cvičení se obeznámíme s EMG záznamem při volní kontrakci m. biceps a triceps brachii. (Obr. 7.4.)

Signál EMG při volní kontrakci lze zpracovat různými způsoby. V tomto cvičení se originální signál rektifikuje (to odpovídá absolutní hodnotě čísla, tj. negativní potenciálové hodnoty se transformují na pozitivní hodnoty), a posléze integruje (tj. vypočte se sumární EMG aktivita rektifikovaného signálu v definovaných časových intervalech, a tím se signál očistí od náhlých změn, daných výskytem jednotlivých hrotů). V této části cvičení lze zkoumat jev koaktivace, při které se v antagonistu objevuje stejná aktivita jako v agonistovi. Jev koaktivace patrně přispívá k stabilizaci kloubu.

Vyvolaná aktivita svalu následující po podráždění periferního nervu bude také zkoumána (Obr. 7.5). M. abductor pollicis brevis je částí svalů palcového valu na dlaňové straně ruky (thenar).



Obr. 7.5. Některé svaly předloktí a ruky.

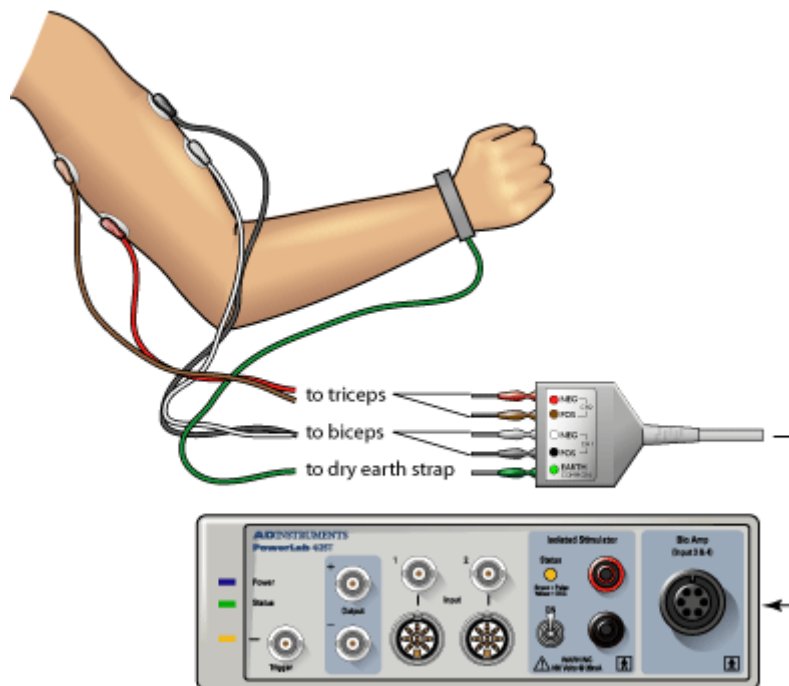
Motorický nerv inervující m. abductor pollicis brevis je n. medianus. Nervus medianus lze dobře stimulovat na zápěstí i lokti. V tomto cvičení použijeme kovové diskové elektrody umístěné na kůži. Pomocí páru diskových elektrod aplikujeme krátké elektrické impulzy a sledujeme první elektromyografickou odpověď svalu. Latence odpovědi závisí na rychlosti vedení akčního potenciálu v periferním nervu, která je přibližně 50 až 60 m/s. Avšak rychlost vedení vykazuje velkou interindividuální variabilitu.

Svalové odpovědi se mění při poškození nervu nebo svalu. Měření elektrické aktivity svalu a nervu pomáhá určit přítomnost poškození svalové tkáně (svalová dystrofie) nebo nervu (amyotrofie laterální skleróza – Lou – Gehrigova choroba). Při poranění nervu lze pomocí EMG určit místo i rozsah poškození nervu.

Aplikace elektrického podnětu vyvolává krátký pocit píchnutí nebo brnění a záškub svalu. Tento pocit je podobný pocitu při působení výboje statické elektrické energie. V tomto cvičení se používají velmi krátké pulzy (kratší než milisekunda) o nízké intenzitě, která nemůže poškodit nerv. Elektrody se pokládají na kůži a tudíž nehrozí ani riziko infekce.

Postup

1. Odstraňte hodinky a šperky ze zápěstí.
2. Zapojte pětikonektorový kabel do kabelu BioAmp.
3. Zapojte kabel BioAmp do předního panelu PowerLabu.
4. Pevně oviněte suchým zipem uzemňovací pásek kolem dlaně nebo zápěstí. Roztřepená část pásku patří na kůži. Na uzemňovací pásek připojte zelený kabel.
5. Pokud je k dispozici alkohol, pečlivě očistěte kůži na místě, kde budou přiloženy elektrody. Vyznačte dva křížky na kůži nad dvojhlavým svalem paže. Křížky mají být vzdálené 2-5 cm v podélné ose svalu. Pro očištění kůže můžete použít i abrasivní pastu.
6. Podobným způsobem očistěte kůži i na trojhlavém svalu (viz. Obr. 7.4).
7. Připravte EKG elektrody pro jednorázové použití. Přilepte elektrody na vyznačená místa.
8. Připojte čtyři svody do BioAmp kabelu (pozitivní a negativní pól, dva kanály).
9. Připojte svody kanálu 1 do BioAmp kabelu na elektrody bicepsu a svody kanálu 2 na elektrody tricepsu. Polarita zde nerozhoduje.
10. Ujistěte se, že všechny kabely jsou správně připojeny na probandovi i v jednotce PowerLabu.
11. Zapněte PowerLab.



Obr. 7.6. Zapojení elektrod při EMG.

Cvičení 7.1. EMG při volní kontrakci svalu.

V panelu LabTutor jsou 4 kanály. Horní dva kanály zobrazují integrovanou aktivitu EMG, a dolní kanály znázorňují originální EMG signály. Integrovaná EMG aktivita poskytuje názornou kvantitativní informaci o svalové aktivitě.

Postup.

1. Vyšetřovaná osoba relaxovaně sedí s předloktím ohnutým v 90° stupňovém úhlu. Druhou rukou uchopí zápěstí ohnuté horní končetiny.
2. Přidejte komentář se jménem studenta.
3. Stiskněte „Start“.

4. Přidejte komentář „kontrakce bicepsu“ a proveďte mírnou kontrakci bicepsu tak, že proband flektuje předloktí proti odporu druhé ruky. Pozorujte EMG signál.
5. Vložte komentář „kontrakce tricepsu“ a proveďte mírnou kontrakci tricepsu tak, že provane tlačí flektované předloktí proti odporu.
6. Opakujte kroky 3-5 s maximální kontrakcí svalů.
7. Stiskněte „Stop“.

Poznámka: je vhodné použít „Autoscale“ pro lepší viditelnost signálů v celém rozsahu.

8. Opět zaujměte relaxovanou pozici a ohněte předloktí v 90° stupňovém úhlu, dlaň je obrácena nahoru.
9. Stiskněte „Start“.
10. Položte na ruku závaží (knížku) a zapište komentář („jedna kniha“).
11. Ponechte knihu na ruce asi na 2-3 vteřiny a sledujte změnu EMG.
12. Odstraňte závaží.
13. Stiskněte „Stop“.
14. Opakujte kroky 9-13 pro 3 a 4 knížky, abyste mohli sledovat změny EMG při rostoucí zátěži.

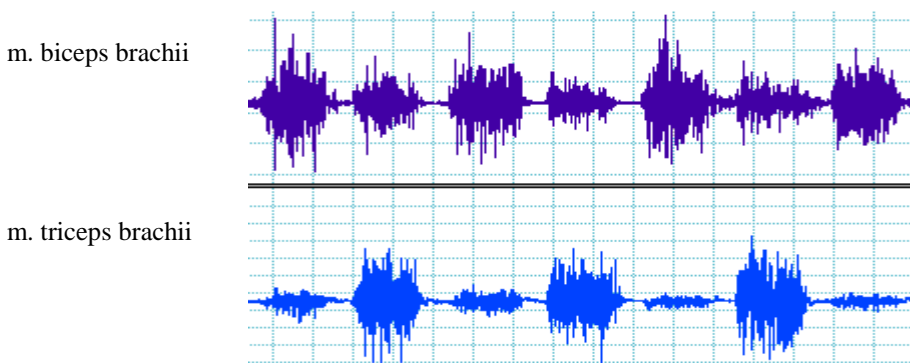
Analýza.

1. Prohlédněte si celý záznam a všimněte si změn EMG v bicepsu. Přidání zátěže neovlivnilo EMG v tricepsu.
2. Vyberte malou část záznamu „biceps“ a nastavte „horizontální kompresi“ na 1:1 automatické škálování amplitud. EMG sestává z řady částečně se překrývajících hrotů.
3. Všimněte si souvislosti mezi originálním EMG a integrovaným EMG. Amplituda integrovaného EMG znázorňuje celkovou aktivitu EMG a tím poskytuje jednoduchý náhled na elektrickou aktivitu svalu.
4. Použijte „Waveform cursor“ a „Value panel“ a vložte tak do tabulky hodnoty EMG při různých zátěžích. Hodnota EMG do jisté míry odpovídá síle svalové kontrakce.

¶¶Cvičení 7.2. koaktivace agonisty a antagonisty.

Postup.

1. Proband sedí uvolněně a má ohnuté předloktí v úhlu 90°, prsty směřují nahoru.
2. Druhou rukou uchopí zápěstí ohnuté paže.
3. Aktivuje biceps and triceps střídavým tlakem ve směru flexe a extenze předloktí. Procvičuje tyto kontrakce tak, aby oba svaly byly aktivovány přibližně stejně.
4. Stiskněte „Start“.
5. Proband provádí střídavé extenze a flexe předloktí proti odporu po dobu 20-30 sekund.
6. Stiskněte „Stop“.
7. Prohlédněte zaznamenaná data. Signály EMG z obou svalů by měly vypadat jako na obrázku 7.8.



Obr. 7.8. EMG z *m. biceps brachii* a *m. triceps brachii* při střídavých kontrakcích.

Analýza.

1. Prohlédněte záznam signálů z obou EMG kanálů.
2. EMG v obou svalech vykazuje velké amplitudové změny.
3. Když je aktivován biceps, je také přítomná malá aktivace m. triceps brachii a obráceně. Tento fenomén se označuje jako koaktivace. Ačkoliv je jeho fyziologický význam nejasný, soudí se, že přispívá ke stabilizaci kloubu.
4. Odměřte a vložte do tabulky hodnoty integrovaného EMG pro biceps a triceps při obou typech svalové kontrakce (použijete dva panely „Value panel“).

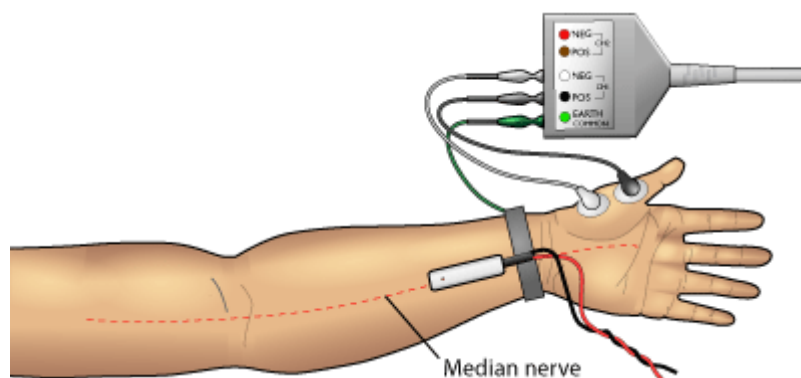
Cvičení 7.3. Vyvolané odpovědi EMG při stimulaci n. medianus.

Postup.

V experimentu se sledují změny EMG ze svalu m. abductor pollicis brevis, které následují po elektrické stimulaci mediánového nervu.

Pro tento experiment je potřeba pouze jeden kanál EMG, a proto se odpojí elektrody kanálu 4 a odstraní se také elektrody z m. triceps brachii.

1. Kuličkovou tužkou vyznačte dva malé křížky na kůži nad m. abductor pollicis brevis podle obrázku 7.9. Křížky mají být vzdálené 2-3 cm.
2. Očistěte kůži abrasivní pastou a alkoholem pro vylepšení elektrodových impedancí.
3. Použijte jednorázové EKG elektrody, které nalepíte na vyznačená místa. Elektrody můžete ještě fixovat náplastí. Pozor! Tečka na tyčce elektrody indikuje pozitivní pól. Zajistěte, aby elektroda s negativním pólem byla blíž k zápěstí. Elektrody by měly ležet v ose paže.
4. Připevněte stimulační elektrodu k výstupu isolačního stimulátoru PowerLabu. Červený (pozitivní) konektor patří do červeného výstupu a černý (negativní) konektor do černé zdířky.
5. Aplikujte malé množství elektrodové pasty na dvě stříbrné plošky stimulační elektrody.
6. Položte stimulační elektrodu na kůži nad n. medianus na zápěstí podle obrázku.
7. Zapněte stimulátor. Stimulátor je aktivní pouze během nahrávání signálů.

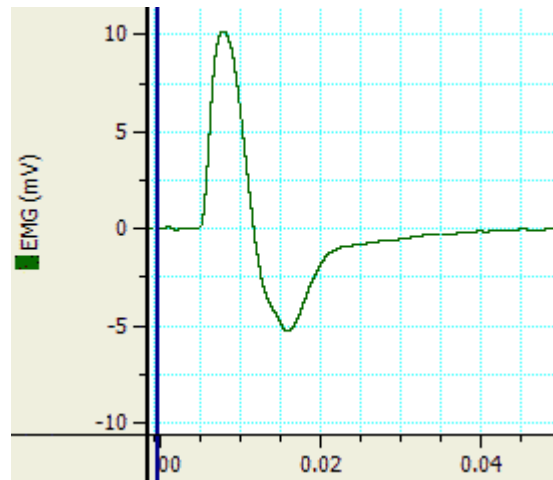


Obr. 7.9. Umístění stimulačních a EMG elektrod.

8. Posuvnými tlačítky na izolovaném stimulátoru nastavte intenzitu stimulačního proudu na 8 mA. Délka stimulace je automaticky nastavena na 0.05 s.

9. Stiskněte „Start“, když chcete aplikovat mediánovou stimulaci. Měli byste registrovat změnu EMG podobnou Obr. 7.10. Přitiskněte stimulační elektrodu, abyste se ubezpečili, že se během

experimentu nepohnula. Umístění stimulační elektrody adaptujte tak, abyste dosáhli největší odpovědi. Pokud nemůžete v EMG odpovědi vyvolat, lze stimulační proud zvýšit na 10 až 12 mA. Pokud ani tak nevidíte odpověď, můžete zkusit stimulovat ulnární nerv (díky inter-individuální variabilitě je u některých lidí *m. abductor pollicis brevis* inervován ulnárním nervem).



Obr. 7.10. Typická vyvolaná odpověď EMG po stimulaci *n. medianus*.

10. Pokud je elektroda optimálně umístěna, zvyšte proud ve 2 mA krocích. Registrujte vyvolané odpovědi až po hodnotu 20 mA nebo po hodnotu, při které se již amplituda vyvolané EMG odpovědi nemění.

11. Stiskněte „Stop“.

12. Odstraňte stimulační elektrodu a poznačte tužkou místo na kůži, kde naléhala distálněji umístěná stimulační elektroda.

¶¶ Cvičení 7.4 : Měření rychlosti vedení nervového vzruchu v periferním nervu.

V tomto cvičení se registruje vyvolaná aktivita EMG z *m. abductor pollicis brevis* při stimulaci mediánového nervu na předloktí. Naměřené latence se porovnají s latencemi při stimulaci mediánového nervu na zápěstí a tyto hodnoty se použijí na výpočet rychlosti vedení vzruchu v mediánovém nervu.

Příprava měření.

1. Umístěte stimulační elektrodu na mediální stranu na ventrální straně předloktí. Elektrodu je potřeba připevnit silněji, protože medianus je zde umístěn hlouběji. Orientace elektrod je stejná jako při stimulaci na zápěstí, pozitivní elektroda je umístěna distálně.
2. Zapněte stimulator.

Postup.

1. Nastavte stimulační proud na 8 mA.
2. Stiskněte „Start“ když chcete stimulovat.
3. Opakujte několikrát a optimalizujte uložení stimulační elektrody.
4. Pokud nelze vyvolat odpověď v EMG, zvyšte intenzitu stimulačního proudu.
5. Po nalezení optimálního umístění elektrody, zvyšte intenzitu stimulace na 15-20 mA.
6. Stiskněte „Start“.
7. Opakujte stimulaci několikrát.
8. Vypněte stimulator.

9. Odstraňte stimulační elektrodu a poznačte polohu distálnější elektrody. Pak odstraňte všechny elektrody.

Analýza.

1. Změřte vzdálenosti mezi značkami, udávajícími polohu elektrod na zápěstí a na předloktí. To odpovídá vzdálenosti mezi stimulačními body.
2. Změřte latenci vyvolané EMG odpovědi podobně, jak jste to provedli při stimulaci mediánového nervu na zápěstí.
3. Zaneste hodnoty latence do tabulky.
4. Hodnota rychlosti vedení se vypočte automaticky podle rovnice:

$$\text{Rychlost vedení} = \text{Vzdálenost/Rozdíl latencí (m/s)}.$$

Otázky

Odpovězte celými větami na následující otázky:

- 1) **Vyjmenujte fyziologické děje, které se odehrávají v době mezi stimulací nervu a počátkem zaznamenávané odpovědi na stimul**
- 2) **Na rozdíl od křivky elektrokardiogramu (EKG), průběh elektromyogramu (EMG) je nepravidelný. Proč tomu tak je?**
- 3) **Jak se změnila křivka EMG, když jste zvýšili zátěž na paži? Čím změnu vysvětlíte?**
- 4) **Popište koaktivaci, proč se tento mechanismus objevuje?**
- 5) **Co odráží latentní perioda (latence) na křivce EMG vašeho záznamu. Jak se mění latence při zvýšení intenzity dráždění příslušného periferního nervu.**
- 6) **Na základě rychlosti vedení nervového impulsu spočítejte, jak dlouho běží nervový impuls z páteřní míchy ke svalu palce u nohy? (předpokládaná vzdálenost 1,0 m).**

Questions

Answer the following questions using complete sentences.

- 1) **List the physiological events that occur between delivery of the stimulus and the start of the recorded response.**
Initiation of action potential in nerve fibers; conduction of impulse; release of acetylcholine from the nerve terminals; binding of acetylcholine to receptors of the motor end plate; depolarization of the end plate; initiation of action potential in muscle fibers.
- 2) **Unlike the discrete waveform from an electrocardiogram, the electromyogram waveform is irregular. Why do you suppose this is?**
Unlike, the heart, skeletal muscle does not contract in an all-or-none fashion. Instead, an EMG is recording the electrical activity of many muscle fibers.

- 3) **How did the EMG trace change when you added weights to your arm? What do your results indicate?**
- 4) **Describe coactivation. Why do you think this phenomenon occurs?**
Coactivation is a small increase in activity in a non-active muscle that is in opposition to a muscle that is contracting forcefully. The reasons for coactivation are unclear, but it is possible it aids in joint stabilization.
- 5) **Describe the meaning of the latent period in your trace from evoked EMG activity. Did latency change with increasing stimulus amplitude?**
Latency is the time interval between a stimulus and a response. The latent period is during the muscle action potential, but prior to muscle shortening. It does not change in duration.
- 6) **Based on calculations for nerve conduction velocity, how long would it take for a nerve impulse to travel from the spinal cord to the big toe? Assume that the distance traveled is one meter.**
Conduction velocity varies among nerves, but can be as high as 100 m/sec. At that rate, it would take 10 milliseconds (0.01 sec) for a nerve impulse to travel one meter.

