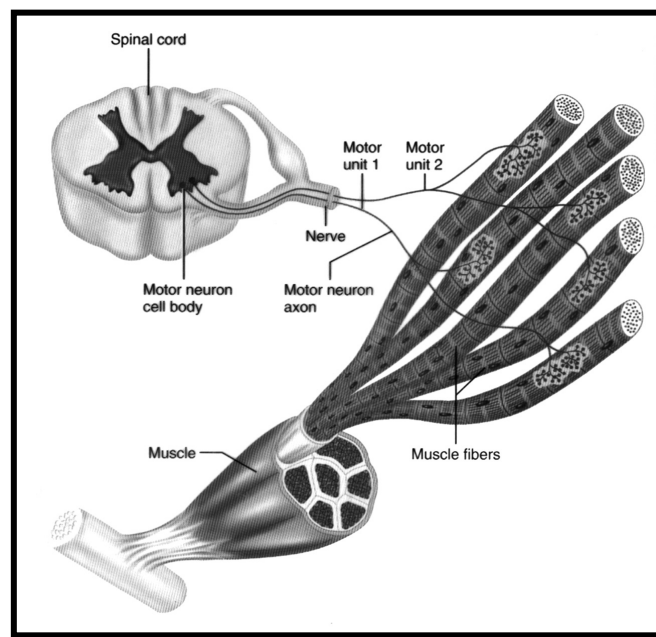


LABORATION: ELEKTROMYOGRAFI (EMG)

Introduktion

Skelettmuskulaturens huvudsakliga funktion är att omvandla kemisk energi till mekaniskt arbete. Skelettmuskulatur består av hundratals enskilda cylindriska celler, eller muskelfibrer, som hålls samman av bindväv. Nervimpulser från hjärnan (via kranialnerv) eller ryggmärgen (via spinala nerv) förmedlas i perifera nerv till avsedda muskler. När nervfibrerna når muskeln, förgrenar de sig och varje nervfiber inriver ett flertal muskelfibrer. Ett enda motorneuron kan alltså inrivera flera muskelfibrer, men varje muskelfiber inriveras endast av ett motorneuron. Ett motorneuron tillsammans med de muskelfibrer det inriveras kallas en **motorisk enhet** (*motor unit*). När ett motorneuron aktiveras, kommer alla de muskelfibrer som det inriveras att svara med att generera egna elektriska signaler som leder till kontraktion.



Figur 1. Från: *Human Anatomy and Physiology, 5th ed.*, av E. Marieb, Benjamin and Cummings, 2001

Antalet muskelfibrer som inriveras av ett enda motorneuron, dvs. storleken på den motoriska enheten, varierar mellan ca 10 och 3000. Antalet beror på muskelns funktion. Ju mindre motoriska enheter, desto fler motorneuron behöver engageras för att kontrollera muskeln, och därmed blir hjärnans kontroll över muskelns förkortning större. Muskler som styr fingrarnas eller ögonens rörelser har mycket små motoriska enheter eftersom dessa måste styras mycket exakt. Andra muskler, som t.ex. i låret, kan ha stora motoriska enheter, eftersom det inte är lika nödvändigt med en exakt kontroll.

Graden av muskelkontraktion styrs av:

1. Antalet aktiverade motoriska enheter.
2. Frekvensen av nervimpulser i varje motorisk enhet.

När hjärnan vill öka kontraktionen i en muskel, ökar den antalet samtidigt aktiva motoriska enheter i muskeln. Detta kallas **rekrytering** av motoriska enheter (*motor unit recruitment*). En aktionspotential från ett motorneuron ger alltid upphov till aktionspotentialer i samtliga muskelfibrer i den motoriska enheten. Vanligen skickas inte en aktionspotential i taget, utan hela skurar eller tåg av

aktionspotentialer skickas för att inducera en **tetanisk** kontraktion (en långvarig, sammanhängande fusion av enskilda sammandragningar) av muskelfibrerna i den motoriska enheten.

Vissa delar av skelettmuskulaturen kan uppvisa en konstant **tonus**, d v s en viss stadig kontraktion. Detta är nödvändigt i postural muskulatur (rygg, nacke), men kan också finnas som en förberedelse för att snabbt kunna ta en muskel i bruk.

Då en motorisk enhet aktiveras kommer muskelfibrerna att generera och propagera sina egna aktionspotentialer, vilka sedan leder till mekanisk kontraktion av fibrerna. De elektriska impulser som då kan avledas från utsidan av varje enskild fiber är svaga (mindre än 100 mikrovolt), men tillsammans kan de ge upphov till spänningsskillnader som är så stora att de kan detekteras av elektroder på huden. Detektion, förstärkning och registrering av spänningsförändringar i huden som orsakas av underliggande muskulatur, kallas **elektromyografi (EMG)**. Registreringen kallas **elektromyogram**.

När man arbetar kontinuerligt med en muskel kommer den så småningom att tröttna ut (**fatigue**). Detta kan ha flera orsaker. Dels kan muskelfibrerna konsumera den energi som finns lagrad i cellerna, och så småningom kommer inte energinivåerna att kunna återställas utan muskelfibrernas förmåga att generera mekanisk kraft kommer att avta (s.k. *perifer fatigue*). Detta påverkar dock inte muskelns förmåga att generera aktionspotentialer, och påverkar alltså inte EMG. Den exakta mekanismen för perifer fatigue tror man idag är att de fria fosfatgrupper som frigörs när ATP omvandlas till ADP och fosfat (och energi!) kommer att blockera frisättningen av calcium inne i muskelcellen. Calcium är ju en förutsättning för att myosin skall kunna binda till aktin och därmed starta kontraktionen.

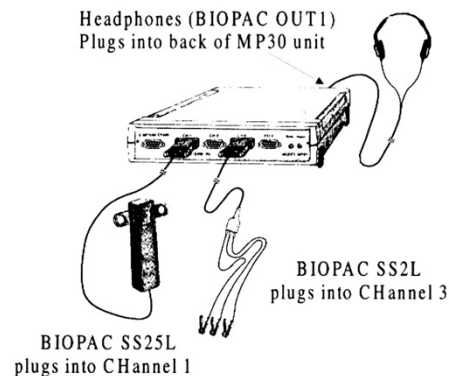
Det finns också flera centrala mekanismer som kan bidra till fatigue, *central fatigue*, både på ryggmärgsnivå (t.ex. minskad effektivitet i synapserna på motorneuronen) eller på högre nivåer i de motoriska systemen (minskad central aktivering av de descenderande banorna). Genom att EMG registrerar muskelns elektriska aktivitet och en kraftregistrering avspeglar muskelns mekaniska kraftutveckling så finns det möjlighet att skilja på central och perifer fatigue i laborationen.

Syfte

- Att mäta EMG från en arbetande muskel.
- Att notera hur vi kan återge EMG-signalen på olika sätt: direkt visning av EMG samt s.k. ”integrerat” EMG (se nedan i avsnittet Analys av data).
- Att studera sambandet mellan EMG och utvecklad muskelkraft när muskelkraften ökas.
- Att studera relationen mellan EMG och kraft under en lång, ihållande kontraktion när muskeln tröttnar (”fatigue”).

Material

- Dator med mjukvaran Student Lab 3.0
- BIOPAC datainsamlingsenhet ("blå låda", MP35)
- BIOPAC elektrodkablar
- Självhäftande elektroder, 6 st per försöksperson
- BIOPAC kraftgivare för handgrepp
- BIOPAC hörlurar



Figur 2

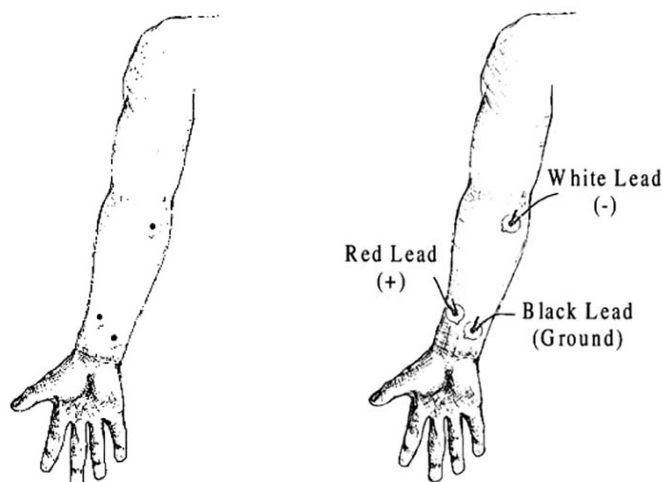
Utförande

Det är lämpligt att gruppen utser en **försöksledare**, en **försöksperson** och en "tekniker".

- Försöksledaren skall läsa instruktionerna och tala om för försökspersonen och teknikern vad de skall göra.
- Försökspersonen är den vars EMG skall mätas.
- Teknikern skall övervaka instruktionerna från programmet då försökspersonen ombeds göra något, och sköta den tekniska registreringen av data.

Förberedelser

Sätt på tre självhäftande elektroder på försökspersonens dominanta (vanligtvis höger på en högerhänt person, och vice versa) **och** icke-dominanta underarm enligt figur 3a nedan (registreringar skall göras från båda armarna).



Figur 3a

Figur 3b

Koppla in kraftgivaren i kanal 1 (CH1), elektrod-kablarna i kanal 3 (CH3) samt hörlurarna baktill på ”blå lådan” (MP35). Sätt fast kablarna på elektroderna enligt figur 3b ovan. OBS! Förvissa er om att färgerna sitter som på bilden.

Starta programmet BIOPAC Student Lab, välj lektionen ”L02-EMG-2” och klicka OK.

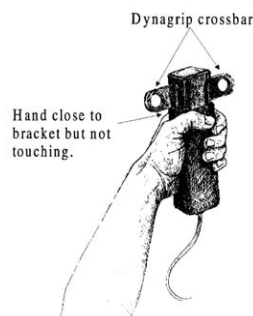
OBS! Programmet är självinstruerande. Läs instruktionerna på skärmen och följ dessa. Vad som händer sammanfattas även i texten här.

Skriv in ett unikt filnamn för er grupp (vad som helst, men notera vad ni skrev). Registreringarna kommer att sparas på datorn under detta filnamn.

Kalibrering

Klicka på ”**Calibrate**”. Ett fönster kommer att dyka upp och tala om för er att inte applicera någon kraft på kraftgivaren. Ni skall sedan gripa om givaren som på bilden, håll mitt på. Håll på samma sätt under alla moment. Håll på samma sätt när ni upprepar med den andra handen.

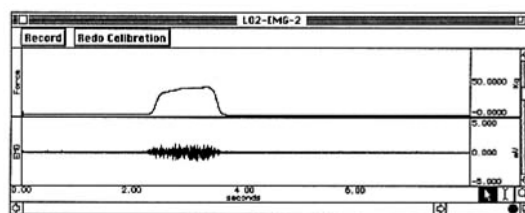
Det finns två olika typer av grepp-kraftgivare, den ena syns på bilden, den andra är liknande men har en längsgående list som ni skall gripa runt.



Figur 4

Följ instruktionerna på skärmen. Instruktionen vid kalibrering är att försökspersonen skall **vänta ca två sekunder**, sedan gripa så hårt som möjligt under några sekunder och till sist släppa den. Insamlingen avslutas automatiskt efter 8 sekunder.

Det ni ser på skärmen är överst, kurvan från kraftgivaren (med enheten kg) och under signal från EMG-elektroderna. Kalibreringen skall se ut ungefär som på bilden på nästa sida (figur 5). Om inte kan ni göra om kalibreringen (klicka på ”**Redo calibration**”).



Figur 5

EMG-signalen ser ut som ett stadigt brus som ökar och minskar när muskeln utvecklar kraft. Om det inte ser ut som på bilden (t.ex. mycket stora utslag, eller utslag som kommer utan att ni griper om kraftgivaren) så kan det vara en elektrod som sitter löst. Kontrollera i så fall alla elektroder och prova igen.

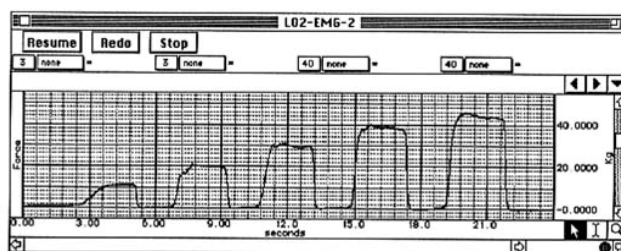
Registrering

Från varje underarm skall registreringar göras. Den skall illustrera **sambandet mellan EMG och kraft**, den andra serien skall illustrera **uttröttnings**, eller *fatigue*.

Följ instruktionerna på skärmen!

I det första momentet skall ni gripa i kraftgivaren 2 sekunder, och slappna av i 2 sekunder, upprepat med lite ökad varje gång tills maximal styrka nåtts. Det blir ca 3-5 "pucklar" i kraftkurvan. Försök att titta på kraftkurvan och hålla en jämn kraft varje gång ni griper. Ni kan försöka "sikta" på en linje för att nå en viss kraft. De vertikala linjerna hjälper er "hålla takten" med 2 sekunders kraft omväxlande med 2 sekunders vila.

Registreringarna skall se ut ungefär som i bilden nedan (bild 6).



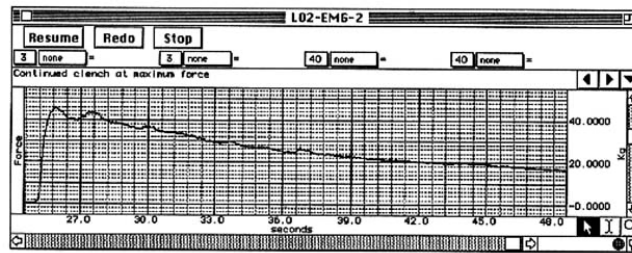
Figur 6

Klicka på "Suspend" för att avbryta registreringen. Om ni vill göra om registreringen, klicka på "Redo".

I det andra momentet skall ni registrera maximal kraft under lång tid. Fortsätt att följa instruktionerna på skärmen. Klicka på "Resume" och grip kraftgivaren med maximal kraft, och **håll kvar kraften så länge som möjligt**.

OBS! Det är viktigt att detta görs med maximal kraft, och alla i gruppen hjälper till att "motivera" försökspersonen att hålla på så länge att hon eller han blir riktigt uttröttad i muskeln.

Kraften kommer så småningom att börja minska (uttröttnings = fatigue). När kraften minskat till mindre än 50% av maximal kraft, släpp greppet och klicka på "Suspend". Om det gick bra skall det se ut ungefär som figuren nedan (figur 7). Klicka på "Redo" om ni vill göra om registreringen.



Figur 7

Nu är registreringarna klara för den dominanta armen. Instruktionerna på skärmen ber er nu koppla upp elektroder och upprepa registreringarna med inkrementell ökning av kraften samt uttröttning/fatigue på den icke-dominanta armen.

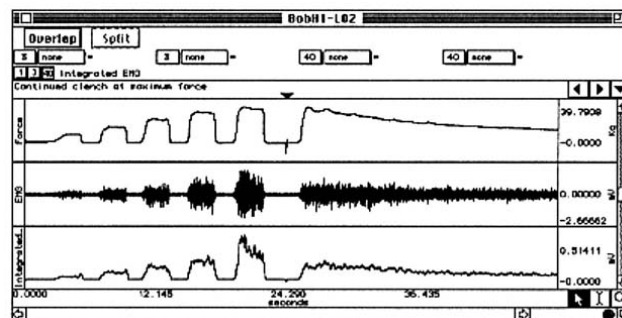
Ni har till slut möjlighet att lyssna på EMG-signalen ("Listen"). Följ instruktionerna på skärmen. Försökspersonen låter elektroder och kablar sitta kvar, tar på hörlurarna och knyter handen upprepat med lite olika kraft. Ni behöver inte gripa runt kraftgivaren. Alla i gruppen kan lyssna på "bruset" från EMG-signalen när försökspersonen gör upprepade kontraktioner.

När alla lyssnat klart är ni klara med registreringarna.

Analys av data

En dialogruta visar på alternativ där ni kan välja att analysera de data ni just registrerat.

(OBS! Om ni råkat stänga programmet eller kommit fel så kan ni titta på era sparade data. Starta om programmet. I start-menyn "Lessons", väljer ni "Review Saved Data". Leta upp mappen med det namn ni gav på er grupp i början av laborationen. "Den här datorn" – "Lokal disk" – "Program" – "BIOPAC Systems, Inc" – "Biopac Student Lab v. 3.7.1" – "Data files" – gruppens namn. Filen är markerad "L02" för "Lesson 02".)



Figur 8

1. Börja med den första registreringen, stegvis ökning av gripkraften. Ni kan zooma in på pucklarna med hjälp av zoom-verktyget nere i det högra hörnet ("förstoringsglaset"). För att återvända finns det menyval (högst upp) som heter *Display -> Zoom Previous, Autoscale horizontal, och Autoscale waveforms*. Ni kan flytta kurvorna i sidled med rullningslisten längst ned.

EMG visas på två olika sätt: I mitten ser ni den "rena" EMG-signalen (röd). Detta är de signaler som uppfattas i elektroderna på huden, och som förstärks i förstärkaren i den "blå lådan".

Denna EMG-signal är dock svår att arbeta med, dels eftersom den är både positiv och negativ, dels eftersom den varierar rätt kraftigt genom att den avspeglar hur individuella motorenheter aktiveras i muskeln.

Kurvan under kallas ”Integrated EMG”. Detta är en bearbetning av EMG-signalen som först har blivit likriktad (den går bara uppåt från noll) och dels har blivit slätare genom en matematisk operation som kallas lågpasfiltrering. (Det betyder att de höga frekvenserna är undertryckta och ni ser endast genomsnittliga variationer i signalen). Som ni kan se är ”Integrated EMG” mycket mer lik kraftkurvan, dvs. den likriktade och genomsnittliga EMG-signalen motsvarar kraftutvecklingen i muskeln.

(Extra information 1: ”Integrated” EMG är ett historiskt begrepp eftersom man först åstadkom detta med en kondensator som ”integrerade” EMG-signalen över en viss tid. Detta görs nuförtiden genom beräkningar i datorn och det handlar egentligen inte om integrering i matematisk bemärkelse.)

(Extra information 2: Det finns även möjlighet att med ett markeringsverktyg – ett vertikalt streck nere i högra hörnet – göra olika analyser av data och få fram siffervärden. Ni väljer strecket och drar och markerar ett fält i era data. Upptill vänster kan ni nu avläsa t.ex. genomsnittlig kraft och genomsnittlig EMG-signal (p-p betyder peak-to-peak, dvs. hur stor signalen är). Det går även att ändra till andra analyser i en rullmeny. Ni behöver inte använda detta för att genomföra laborationen.)

Titta på ”pucklarna” med ökande kraft och EMG-mönstret som hör till dessa.

Vad är EMG-signalen, vad är det ni mäter och ser?

Vad händer med EMG-signalen när kraften ökar? Varför?

Ni kan även zooma in (med förstoringsglaset) på ett intervall mellan två pucklar, där kraften är noll. Ser ni någon EMG-aktivitet här? Vad är detta?

Zooma ev. in på kurvan med menyvalet (längst upp) *Display -> Autoscale Waveforms*.

Återvänd till visning av hela kurvan med menyvalet *Display -> Autoscale Horizontal*.

2. Flytta nu över till den andra delen av registreringen: uttröttning (”fatigue”).

Vad händer med EMG-signalerna när kraften sjunker?

Titta på tidsskalan, hur lång tid orkade försökspersonen hålla på?

Det finns flera möjligheter här, vad är det ni ser?

Kan ni tänka er att det kunde ha blivit annorlunda?

Vilka är mekanismerna för denna uttröttning, dvs. varför sjunker kraften så småningom?

Ser det likadant ut i bägge armarna? Vilken arm är starkast? Varför är det så?

Redovisning

Diskutera och svara på frågorna ovan.

Grunder som skall redovisa EMG-labben skall dokumentera registreringarna t.ex. genom att ta bilder med mobiltelefon. Ta gärna bilder på försökspersonens arm så att ni kommer ihåg hur ni gjorde labben.

(Om ni vet hur man gör kan ni använda verktyget "Snipping Tool" i Windows för att ta skärmbilder, men ni måste då tyvärr ha med er ett eget USB-minne för att kopiera över bilderna till era egna datorer. Lab-datorerna är inte nätverksuppkopplade (HT-2022)).