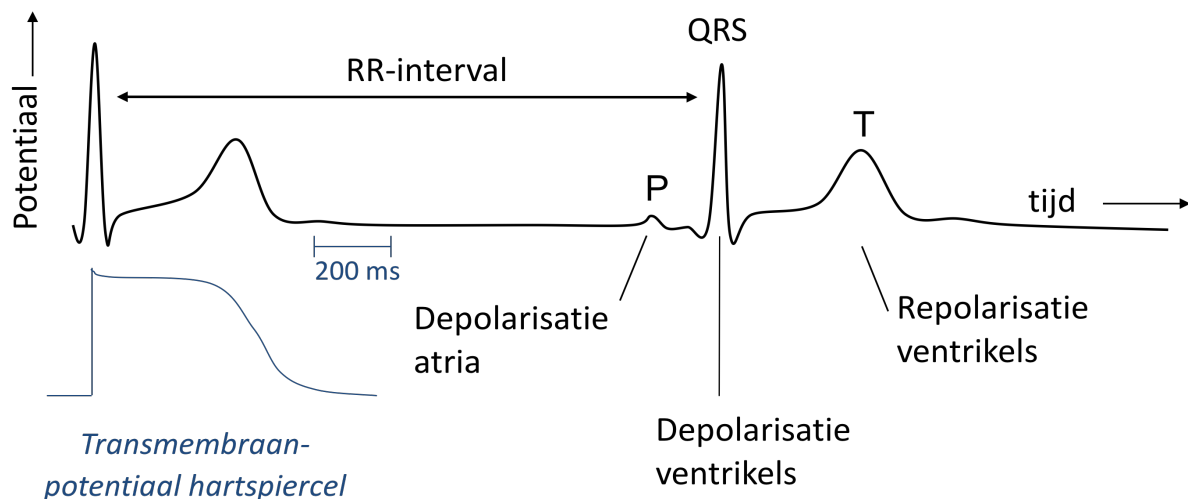


Generatiedag

Elektriciteit in het lichaam

Inleiding

In het hieraan voorafgaande college heeft u gehoord wat het ElektroCardioGram is: de elektrische activiteit van de hartspiercellen genereert stroom die door het lichaam loopt, wat weer spanningsverschillen op het lichaamsoppervlak veroorzaakt. De registratie van deze spanningsverschillen heet het ECG. Hieronder ziet u de belangrijkste kenmerken van het ECG weergegeven.



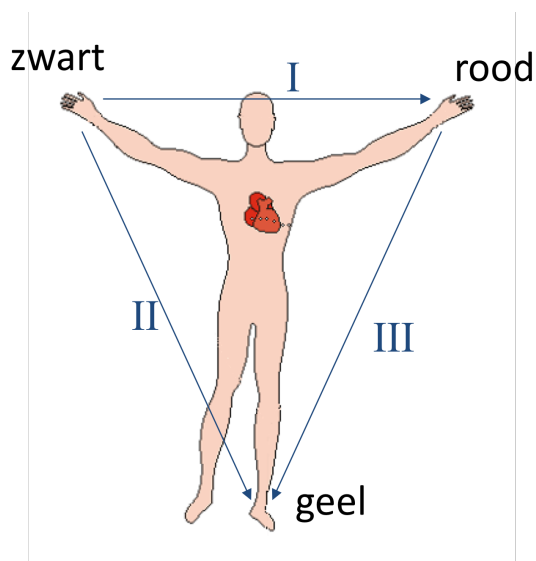
In dit practicum gaan we zelf het ECG meten. Omdat de spanning die het hart aan het lichaamsoppervlak veroorzaakt erg klein is (in de orde van 1 mV), moet het signaal eerst versterkt worden. Vervolgens wordt het gesampled door een computer. Daarna kan het signaal met de computer worden bekeken en nader geanalyseerd. De opstelling die nodig is, staat al klaar.

Registratie van het ECG

Het ECG is het spanningsverschil tussen twee elektrodes (een *afleiding*). Er zijn allerlei standaardplekken om elektrodes te plakken, bijvoorbeeld op een aantal plaatsen recht boven het hart. Voor het gemak gebruiken wij hier echter de afleidingen die zijn bedacht door de uitvinder van het ECG: Willem Einthoven (de zogenaamde Einthovense afleidingen).

Breng elektrodeplakkers aan op de linker- en de rechterpols en in de buurt van de linkerenkel. Verbindt de elektrode op de linkerpols met de rode stekker, en die op de rechterpols met de zwarte. U meet dan de spanning op de linkerpols minus die op de rechterpols; dit is afleiding I.

Om technische redenen is het ook noodzakelijk een aardelektrode aan te brengen (anders is er te veel storing van het lichtnet). Verbind daarvoor de elektrode aan het been met de gele stekker.



Het computerprogramma dat we gebruiken in dit practicum, Signal, doet met signalen wat Word doet met teksten. Druk op het knopje linksboven dat een leeg vel voorstelt ("New File"). Er komt nu een venstertje tevoorschijn waarin te zien is wat voor signaal er op dit ogenblik de computer binnenkomt. Als het goed is, ziet u daar nu een ECG-sigitaal. Als dat niet zo is, vraag dan even hulp om te kijken wat er mis is.

Niet bij iedereen is het ECG even groot. Dat zegt overigens niets over de conditie van het hart; het hangt vooral af van de precieze positie en oriëntatie van het hart in de romp, die van persoon tot persoon sterk kan verschillen.

Stel de versterker zo in, dat het signaal het scherm flink vult, zonder dat het buiten het scherm loopt.

Voor een goede opname is het van belang dat de proefpersoon rustig zit. Immers, de andere spieren in het lichaam genereren ook stroom, die het ECG storen. Probeer maar eens wat er gebeurt als u uw vuisten balt. De beste houding is lekker achterover met de rug tegen de stoelleuning, en de handen met de palmen naar boven op de benen laten rusten.

Het kan zijn dat bij deze proefpersoon de P- en R-toppen wat klein zijn. Vaak helpt het dan om te kiezen voor afleiding II in plaats van I. Dat doet u door de rode en de gele stekker om te wisselen. Als het hart toevallig wat schever in de romp ligt, geeft dit een mooiere opname.

We gaan nu een registratie maken. Kies voor een duur van 5 s, en start de opname door op de knop “Start” te drukken. U ziet nu een window verschijnen, waarin het signaal dat wordt opgenomen te zien is. De proefpersoon moet natuurlijk stil blijven zitten tot de opname klaar is.

U kunt met de muis een stuk van de opname selecteren en inzoomen om het beter te bekijken. Als u op de rechtermuisknop drukt, verschijnt er een liniaal waarmee u spannings- en tijdwaardes kunt aflezen. Meet bijvoorbeeld eens op hoeveel tijd er zit tussen twee hartslagen, of tussen het begin van de P-golf (het activeren van de boezems door de natuurlijk pacemaker) en het begin van het QRS-compex (het activeren van de kamers). Nog handiger gaat dat door eerst op shift te drukken en dan op de rechtermuisknop; er komt dan een liniaal waarvan de 0 op de plaats zit waar u het eerst geklikt hebt.

Meting hartfrequentie

Als het signaal eenmaal in de computer zit, kunnen er allerlei analyses op losgelaten worden. In dit onderdeel gaan we de hartfrequentie meten. De computer “weet” dat er een hartslag is, als het signaal van onderaf komend een bepaald niveau overschrijdt (zie hieronder).



Op die manier kan de computer dus bepalen hoeveel tijd er zit tussen 2 slagen, en dit omrekenen naar de hartfrequentie: het aantal slagen per seconde (per minuut is meer gebruikelijk).

Wil dat goed werken, dan moet dat niveau ruim boven alle P- en T-toppen zitten, en ruim onder alle R-toppen (zie hierboven). Bepaal met de liniaal zo’n niveau. De R-toppen mogen er ook aan de onderkant uitsteken; dan is het niveau negatief. Als het niet lukt een goed niveau te bepalen, bijvoorbeeld omdat de T-toppen erg hoog zijn, kunt u proberen of het met een andere afleiding beter gaat.

Maak nu een opname van 20 s, en kies daarna in het menu “Analyse” en vervolgens “Rate Detection”. Vul voor het Detection Level het niveau in dat u bepaald hebt. De computer tekent nu een grafiek van de hartfrequentie als functie van de tijd. Is dat wat u verwacht had?

Het is natuurlijk leuk om te kijken hoe de hartfrequentie verandert bij inspanning, en hoe snel die weer normaal wordt na inspanning. Maak alles klaar voor een opname van 60 s, maar druk nog niet op Start. Laat de proefpersoon in flink tempo 10 diepe kniebuigingen maken. Laat de proefpersoon weer zitten, en wacht even tot er een net signaal te zien is. Druk dan op Start.

Bepaal ook bij deze opname weer de hartfrequentie. Is die na 60 s weer normaal?

De bloeddruk

In het ECG is te zien wanneer de kamers in het hart elektrisch geactiveerd worden. Dat betekent echter niet dat op dat moment de bloeddruk ook op zijn maximum is. Het duurt namelijk een tijdje voordat de kamers hun maximale spierkracht ontwikkelen, en daarna duurt het weer een tijdje voordat het bloed door het lichaam stroomt. In dit onderdeel gaan we bestuderen hoe lang na de elektrische activatie de drukgolf in de vinger aankomt.

Daarvoor gebruiken we een vingerplethysmograaf. De vingerplethysmograaf bevat een drukgevoelig element dat een elektrisch signaal geeft als er tegenaan gedrukt wordt.

Verbind de vingerplethysmograaf met kanaal 2 van de AD-converter. Start een nieuwe opname, en kies voor 2 kanalen. U ziet nu in rood het signaal van de plethysmograaf (druk er maar eens op), samen met het ECG.

Breng de vingerplethysmograaf redelijk strak aan op de wijs- of middelvinger, zoals hiernaast aangegeven. Controleer of er een "polsslag" te zien is.

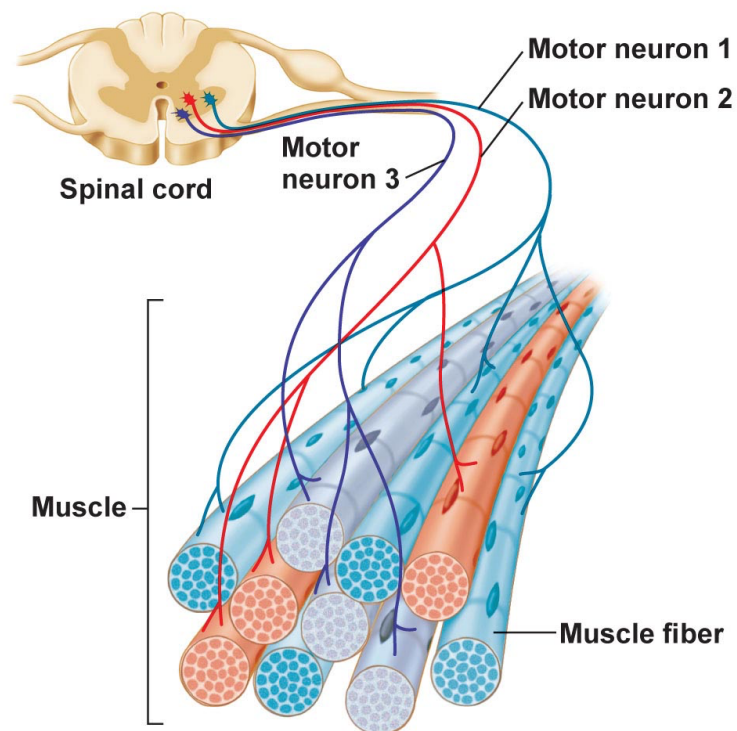


Maak nu een registratie van een paar seconden, en meet op hoeveel tijd er zit tussen de elektrische activatie van de kamers en de aankomst van de drukgolf in de vinger.

Registratie van het EMG

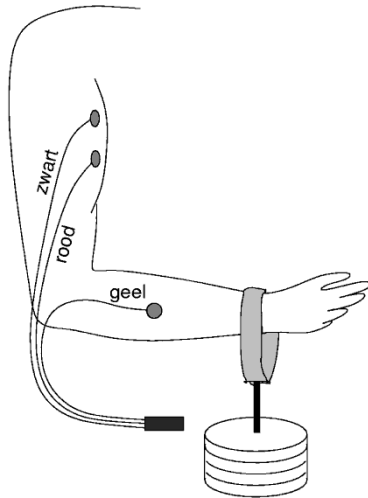
In dit onderdeel gaan we de elektrische activiteit van spieren meten: het *elektromyogram* (EMG). Net als het hart genereren andere spieren stroom voorafgaan aan het samentrekken. Een belangrijk verschil is dat bij hart de spiervezels in één vloeiende beweging vlak na elkaar samentrekken. Bij de meeste andere spieren werkt dat heel anders: daar zijn de spiervezels in *motor units* die apart van elkaar door de hersenen aangestuurd worden, en ook apart van elkaar samentrekken.

Zoek bij de proefpersoon de biceps op. Daarvoor is het handig als de proefpersoon die aanspant,



© 2011 Pearson Education, Inc.

bijvoorbeeld door te proberen de tafel op te tillen (niet al te krachtig, het is niet de bedoeling de tafel echt op te tillen). Plak daarna de twee meetelektroden op de biceps, en de aardelektrode op de onderarm, zoals aangegeven in de figuur.



Kijk eerst eens hoe het signaal er uit ziet op het computerscherm. Regel de versterking zonodig bij, dat er een duidelijk signaal te zien is als de proefpersoon zijn biceps aanspant.

Ziet er signaal er net zo “netjes” uit als het ECG?

Ziet u, bij geringe inspanning, de activiteit van de losse motor units?

Hang een aantal gewichten dat goed te tillen is aan de pols, zoals aangegeven in de foto. Houd de gewichten tijdens het tillen boven de tafel of boven een stoel, om te voorkomen dat ze op de tenen van de proefpersoon vallen. Regel de versterking zo af, dat het signaal het scherm flink vult zonder erbuiten te lopen.

Er werken een hoop spieren samen om de gewichten te tillen. Welke spieren hoe sterk meewerken hangt af van de houding van de arm. Probeer eens de stand van het schoudergewricht en de elleboog te veranderen, en merk op hoe hierbij de activiteit van de biceps verandert.

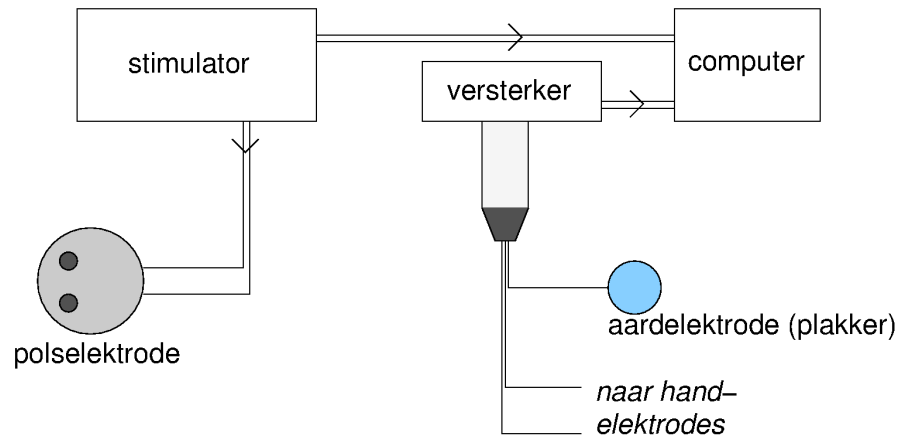
Als er voldoende tijd is, kunnen we nog proberen de relatie te bepalen tussen de kracht die de biceps levert en de grootte van het ECG. Daarbij moet dan natuurlijk de hele tijd de arm in exact dezelfde stand worden gehouden: hand naar boven open, onderarm horizontaal en bovenarm verticaal. Maak een korte opname met 0, 1, 2, 3, 4 en 5 gewichten.



U zult zien dat het signaal te rommelig is om gemakkelijk kwantitatief de grootte te bepalen. Een oplossing daarvoor is een soort van gemiddelde signaalsterkte: de RMS-waarde (als uw zoon of dochter Biomedische Wetenschappen studeert zal die kunnen uitleggen wat dat is). U kunt met Analyze → RMS Value de RMS-waarde van een stuk signaal bepalen. Uw zoon of dochter kan met Excel een grafiek maken met het aantal gewichten langs de horizontale as, en de grootte van het EMG langs de verticale as.

Meting geleidingssnelheid van zenuwen

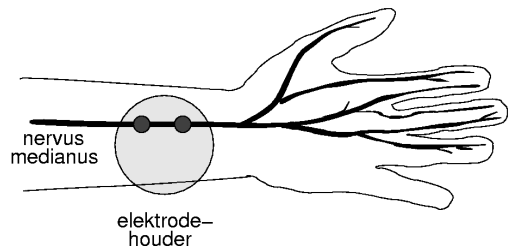
Tot nu toe hebben we de activiteit gemeten van een spier die door de proefpersoon bewust aangespannen wordt. We kunnen ook de spier van buiten in actie brengen, door de zenuw die de spier aanstuurt elektrisch te activeren. Op die manier kunnen we bepalen wat de geleidingssnelheid in de zenuw is.



De gebruikte meetopstelling is hierboven weergegeven. Bij deze proef worden twee elektrodesets gebruikt: een polselektrodehouder, bestaande uit een houder met twee metalen pennen, en plakelektrodes op de muis van de duim.

We gaan de geleidingssnelheid over de pols meten. Voordat we de elektrodes op de hand plakken gaan we eerst de zenuw opzoeken die de muis van de duim aanstuurt.

- Stel de stimulator in op een frequentie van 1 Hz, een DELAY van 2 ms, een pulsduur van 0,2 ms en een uitgangsspanning van 50 V.
- Stel de onderste rij schakelaars in op REGULAR, REPEAT, ON, NORMAL en MONO.
- Maak de contactpunten van de polselektrode vochtig.
- Zet de polselektrodehouder op de pols en enige oefen druk uit. Houdt de elektrode zo aangegeven in de figuur.
- Zoek, de spanning geleidelijk verhogend, de plek waar de nervus medianus het sterkst wordt geprikkeld. U voelt dit en ziet bij de juiste plek vaak een samentrekken van de muis van de hand.
- Bevochtig zo nodig de contactpunten opnieuw; dat bevordert een goed elektrisch contact. De pols moet echter niet te nat worden, omdat dan de stroom buitenom gaat via het water, in plaats van door de arm.

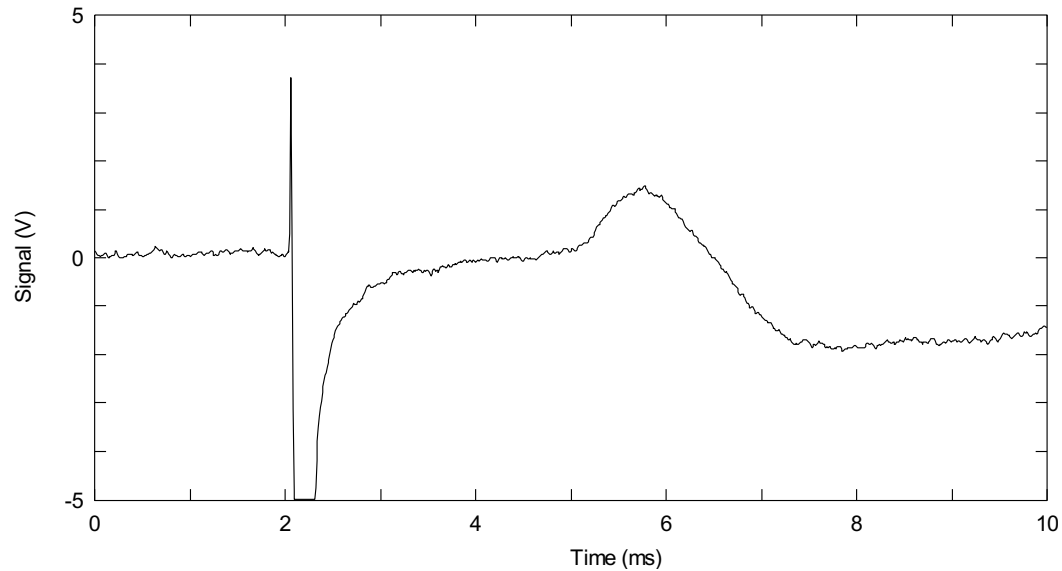


Plak nu de twee elektrodes op de muis van de hand, en de aardelektrode ergens anders op de hand. Verbind de elektrodes met de versterker.

Om goed te kunnen meten, moeten we een kort stukje signaal opnemen, dat begint vlak voordat de stroomstoot gegeven wordt. Daarvoor moeten we in het programma instellen dat we een externe trigger gebruiken. De opname begint dan pas als de stimulator dat zegt (en dat doet hij 2 ms voordat hij een schok geeft).

Omdat dit een heel snel signaal is, moeten we meer metingen per seconde doen (de *sample rate*). Stel die in op 20.000 Hz, en stel de opnameduur in op 0,02 s.

Zet de stimulatie aan, en wacht even tot het signaal er mooi uitziet. Pas eventueel de waarde van de versterking aan. Begin dan een opname. Die zou er ongeveer zo uit moeten zien:



U ziet dat er eerst 2 ms niets gebeurt. Dan ziet u een piek: dat is de stroom die door de hand loopt door de stroomstoot van de stimulator. Dan is er weer een paar ms niets, en tenslotte komt er een hobbel. Dat is de stroom die de spier in de muis van de hand genereert. Uit de tijd tussen stimulatie en het begin van de activiteit van de spier, en de afstand tussen stimulatieplek en meetplek, is nu de geleidingssnelheid te meten.