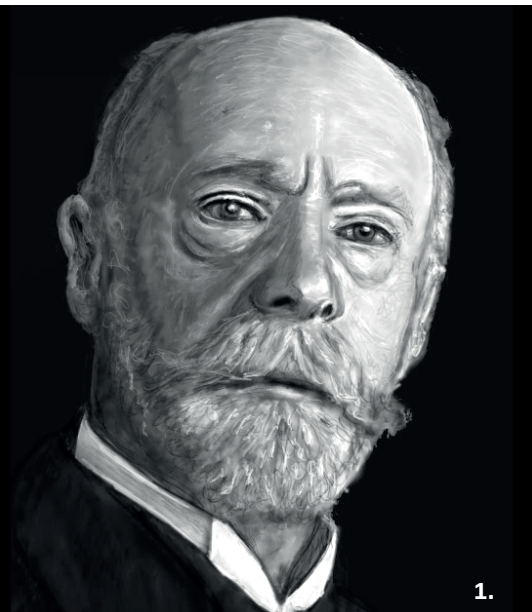
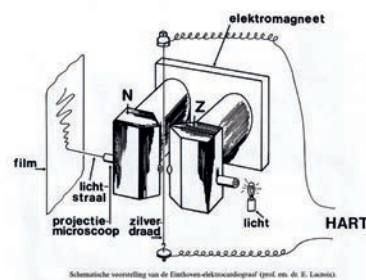
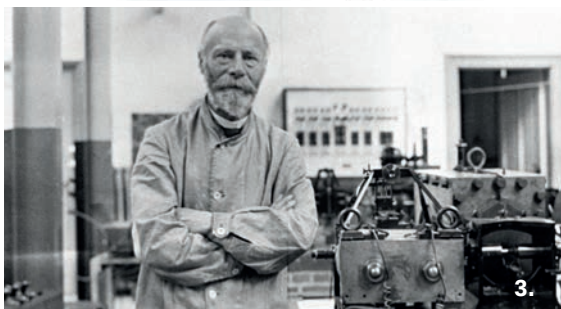




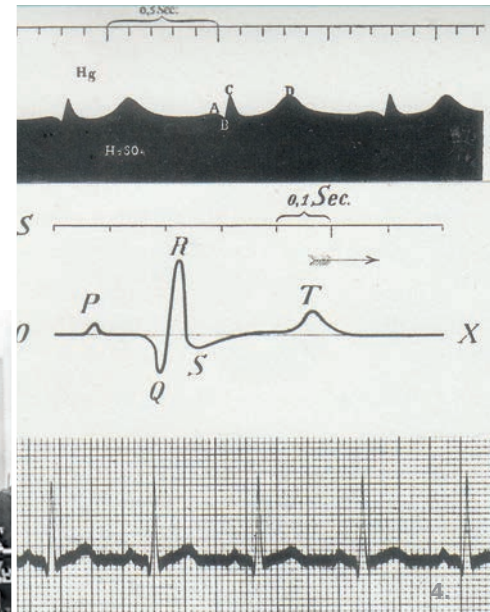
1.



2.



3.



4.

WILLEM EINTHOVEN (SEMARANG 1860 – LEIDEN 1927)

Willem Einthoven was de uitvinder van een toestel waarmee voor het eerst een bruikbaar EKG (elektrocardiogram) kon worden gemaakt. Hij noemde het de elektrocardiograaf. Einthoven vond ook de terminologie uit (P, Q, R, S en T) om de toppen van de sierlijke curve te beschrijven. In 1924 werd hij hiervoor onderscheiden met de Nobelprijs voor de Fysiologie en Geneeskunde. Tot op vandaag is het EKG een onmisbaar hulpmiddel in de diagnose van hartziekten.

Dierlijke elektriciteit

Dat er in dieren elektriciteit stak, ondervond Luigi Galvani toen hij rond 1780 een reeks geïsoleerde kikkerpoten aan zijn ijzeren balustrade hing. Toen een vreselijk onweer uitbrak en bliksemschichten door de donkere lucht flitsten, trokken de poten samen. Via tal van andere experimenten door andere wetenschappers ontdekte men dat in dieren en mensen ook een soort inwendige elektriciteit zat. Elektrische signalen vertrokken bijvoorbeeld uit de hersenen en verliepen via zenuwen naar een spier. De hartspier vormde hierop een uitzondering. Lang voor Einthovens tijd was het bekend dat ze haar eigen elektrische activiteit had. Elke hartslag ging gepaard met de uitstoot van zwakke elektrische stromen die niet tot het hart beperkt bleven maar verder uitstraalden. Door elektrodes op de huid te plaatsen moest het dus mogelijk zijn om die actiestromen te meten maar hoe begon je daaraan? En met welke meetapparatuur? En had dat enig klinisch belang?

Een eeuw lang braken wetenschappers uit heel de wereld daar hun hoofd over tot

de Britse fysioloog August Desiré Waller in 1890 een artikel schreef in de Journal of Physiology: 'A demonstration on man of electromotive changes accompanying the heart's beat'. Iedereen natuurlijk benieuwd welke proefopstelling August Waller daarbij gebruikt had en welk meetinstrument. Wel, de proefpersoon was zijn trouwe hond, Jimmie, en de meetapparatuur bestond uit een capillaire kwikelektrometer en drie bakken zoutwater die dienden als elektroden.

Het principe van de kwikelektrometer berust op het registreren van het op- en neergaan van de grenslaag tussen kwik en zwavelzuur in een capillair buisje met aan weerszijden elektroden. Zodra er een spanningsverschil tussen de elektroden optreedt, gaat de grenslaag tussen het kwik en het zwavelzuur op of neer. Die beweging wordt met een lichtstraal geregistreerd en vastgelegd op een gevoelige fotografische plaat. Het kwik laat geen licht door en het zwavelzuur wel. Het resultaat is een donkere zwarte band met grillige bergtoppen (cfr fig 4).

De spanningsverschillen die Waller op de huid van zijn bulldog en later ook op die van mensen mat, waren uiterst zwak en in hun grillige vorm zag hij geen constant patroon. Hij publiceerde zijn resultaten en gaf er een lezing over op het eerste Fysiologische Congres in Londen. Waller had er echter geen bruikbare klinische toepassing voor.

Leids Fysiologisch Laboratorium

Op het bewuste congres zat de kersverse hoogleraar fysiologie Willem Einthoven (zie 1 en 3) aandachtig te luisteren. Dat een hart elektrisch actief was en stroomstoten uitstond, vond hij interessant. Zó interessant dat hij zich ook op het meten van die actiestromen concentreerde. In navolging van Waller gebruikte Einthoven ook de capillaire elektrometer maar zag snel in dat dit instrument te lomp was voor de meting van de snelle actiestromen. Tevens veel te onderhevig aan trillingen en storingen van buitenaf. Ondanks de verbeteringen die Einthoven aanbracht, bleef het een veel te onnauwkeurig meetinstrument. Daarom richtte hij zich op een ander meettoestel, de galvanometer van Deprez-d'Arsonval.

Eerste bruikbaar EKG

Ook dit instrument was voor de veeleisende Einthoven niet nauwkeurig genoeg en hij begon eraan te knutselen. Er zaten teveel draadwikkelingen rond het spoel en tot zijn grote ver-



Telecardiogram

Al snel werd duidelijk dat de vorm en de positie van de pieken veranderde als het hart ziek was. Zo lieten een hartinfarct, zuurstofgebrek of ritmestoornissen elk hun eigen sporen in het EKG achter. In 1903 stelde Einthoven in de Koninklijke Academie van Wetenschappen te Amsterdam zijn ontdekking voor en zei dat de elektrocardiografie voortaan toegankelijk was voor het grote publiek. Één groot probleem echter: de snaargalvanometer woog 300 kilogram en was onmogelijk naast het ziekenhuisbed van een patiënt te plaatsen. Daarom stelde Einthoven voor om de patiënten van het Academisch Ziekenhuis naar zijn Fysiologisch Laboratorium te transporteren, maar de ziekenhuisartsen weigerden. Hun patiënten waren naar verluidt te zwak.

Dan maar de recent ontdekte telefonie inschakelen, dacht Einthoven en sprak de directeur van de Polytechnische School, de heer Bosscha aan. Tussen het Fysiologisch Laboratorium en het Academisch Ziekenhuis werd een kabel gelegd. Het ene uiteinde van de kabel werd verbonden met de elektroden op de patiënt (de zoutwaterbakken waar een blote arm of voet in stak) (zie 5). Het andere met de snaargalvanometer in het laboratorium.

bazing nam de nauwkeurigheid van het toestel toe naarmate hij windingen verwijderde. Tot hij ondervond dat één draad het nog het beste deed. Zo ontstond begin 1901 zijn eigen galvanometer, de snaargalvanometer.

Zoals op schets 2 te zien is, bestond het instrument uit een dunne stroomgeleidende kwartsdraad die verticaal gespannen is tussen twee sterke elektromagneten. De draad moet zo dun mogelijk zijn, liefst twee micrometer dik, een vijfhonderdste van een millimeter. Om die zo ragfijn te krijgen, smolt Einthoven een druppel kwarts en schoot die hete druppel met pijn en boog door zijn laboratorium. Aanvankelijk vond hij de ragfijne draden niet terug maar toen er op een dag een bijzonder fel licht door het glazen dak viel, zag hij honderden draden als geestachtige verschijningen door het laboratorium zweven.

Wanneer de actiestromen van het hart door de snaar lopen, worden ze afgebogen door het magneetveld. Via een ingebouwde Zeiss microscoop worden de uitwaaien vergroot en vervolgens met een pen vastgelegd op een draaiende rol fotografisch papier. Einthovens snaargalvanometer was het eerste klinisch bruikbare EKG-toestel. Op het fotografisch papier verschenen de P, Q, R, S en T toppen die we vandaag nog steeds kennen. De keuze voor die vijf letters in het midden van het alfabet had Willem Einthoven bewust gekozen. Hij was er immers niet zeker van dat hij toen al alle pieken had gevonden.

Vanop anderhalve kilometer ontving Einthoven de P Q R S T toppen van de patiënt en legde die fotografisch vast. Af en toe zag hij een abnormale EKG-curve en soms ontbrak een hartslag. Aangezien een elektrische stroom zich veel sneller voortplant dan de polsgolf in het vaatstelsel kon Einthoven de internist, die de pols van de patiënt aan het voelen was, telefonisch waarschuwen dat er een ontbrekende slag zat aan te komen. Op 1,5 km afstand was Einthoven dus beter ingelicht over de werking van het hart dan de internist die naast de patiënt stond. Met de telefonische verbinding tussen de elektroden van de ziekenhuispatiënt en zijn snaargalvanometer vond Einthoven dus ook de telegeneeskunde uit die nu, zo'n honderd jaar later, aan een echte opmars begonnen is.

Nobelprijs

Einthoven maakte zijn uitvinding bekend in de 'Archives néerlandaises des Sciences exactes naturelles' (1901;6:625-633). Twee jaar later publiceerde hij bij Pflüger's Archiv: 'Die galvanometrische Registrierung des menschlichen Elektrokardiogramms'. In 1906 publiceerde hij een aantal cardiogrammen waarop diverse hartafwijkingen te zien waren. Met zijn nieuw instrument bracht Einthoven ook een standaardisatie aan in het uitvoeren van hart-

metingen. Optimale plaatsing van de elektroden, snelheid van registratie en ijking van de gevoeligheid waren belangrijk voor de nauwkeurigheid van het EKG.

Stilaan werd Einthoven een beroemdheid en hij werd overal gevraagd voor lezingen. Hij kreeg in 1924 de Nobelprijs voor Fysiologie en Geneeskunde. In Nederland benoemde H.M. de Koningin hem prompt tot Commandeur in de Orde van Oranje-Nassau.

EKG vandaag

De snaargalvanometer bleef tot rond 1960 in gebruik waarna hij een stormachtige ontwikkeling meemaakte. Van driehonderd kilogram ging het naar honderd gram en van kamerbreed naar vestzakformaat. Niemand zit vandaag nog met zijn blote voeten in een zoutwaterbak maar krijgt zuignappen en plak elektroden opgespeld. De ingebouwde Zeiss microscoop is een elektronische versterker geworden en de schrijfpenn een computerscherm of een printer uitdraai.

Vandaag is er een app (en bijhorende webapplicatie voor de arts) ontwikkeld door Qompium, een spin-off van de MobileHealthUnit@UHasselt in samenwerking met het Ziekenhuis Oost-Limburg. Met deze app kan het hartritme gemeten worden door middel van kleurveranderingen in de wijsvinger (fotopletysmogram). Deze worden opgevangen met de ingebouwde camera van de smartphone. Het prototype ervan is ontwikkeld tijdens een masterthesis van enkele studenten biomedische wetenschappen en industriële ingenieurs. Met de app is het mogelijk om hartritmestoornissen op te sporen bij patiënten thuis en die onmiddellijk door te sturen naar een cardiologisch centrum voor interpretatie.

Zoals Willem Einthoven anno 1903 het EKG van de ziekenhuispatiënten vanop 1.5 km afstand op zijn labo ontving, zo gaat het doorsturen van cardiologische parameters vandaag draadloos. En via het internet wereldwijd.

Dr. Johan Van Robays
Anatomopatholoog

