

Telecardiografie

DOOR IR. T. P. DE JONGH*, DR. S. G. MARTIJN** EN IR. P. D. C. REEFMAN*

Inleiding. Het belang van electrocardiografie voor de diagnostiek van cardiale aandoeningen behoeft geen nader betoog. Beoordeling van electrocardiogrammen vereist gespecialiseerde kennis. Of deze kennis aan cardiologen moet worden voorbehouden dan wel of ook anderen zich deze in voldoende mate eigen kunnen maken, mag hier onbesproken blijven. Men kan echter stellen dat ontbrekende specialistische kennis de medicus practicus weerhoudt om van dit belangrijke diagnostische hulpmiddel tijdens het spreekuur of direct aan het ziekbed gebruik te maken. In dergelijke situaties kan het van groot nut zijn om direct over een deskundige interpretatie van het electrocardiogram (ECG) te kunnen beschikken zonder dat de patiënt behoeft te worden vervoerd. Dit kan worden verwezenlijkt indien gebruik wordt gemaakt van het openbare telefoonnet voor de overdracht van het ECG naar een plaats waar deskundige analyse kan plaats vinden. *Meijler* heeft reeds op het belang van een dergelijk systeem bij de opsporing van het hartinfarct in een peracut stadium gewezen.

Reeds in 1905 vond de eerste overdracht van een ECG over een telefoonlijn plaats. *Eindhoven* gebruikte in Leiden een gedeeltelijk bovengrondse lijn om van patiënten, die in het ziekenhuis waren opgenomen, cardiogrammen in zijn laboratorium te kunnen waarnemen. Storingen maakten echter een directe overdracht over grotere afstanden onmogelijk. Een goede overdracht over het geschakelde telefoonnet werd eerst door toepassing van frequentie-modulatie (FM) bereikt. *Rahm, Barmore* en *Dunn* beschreven in 1952 een dergelijk overdrachtsysteem. De apparatuur, sindsdien in het bijzonder in de Verenigde Staten ontwikkeld en in de handel gebracht, is echter aan het daar bestaande telefoonnet aangepast en niet zonder meer overal bruikbaar. Sedert kort is door het Dr. Neher Laboratorium van PTT in samenwerking met de Bedrijfsgeneeskundige Dienst zend- en ontvangapparatuur ontwikkeld, waarmee de overdracht van ECG's over het openbare telefoonnet in Nederland kan worden verwezenlijkt. In samenwerking met de industrie zal worden gepoogd tot een meer definitieve uitvoering van dit systeem te komen.

Bij het ontwerp is uitgegaan van de volgende doelstellingen:

- * Dr. Neher Laboratorium PTT, directeur Prof. Dr. Ir. H. L. v. Lommel.
- ** Bedrijfsgeneeskundige Dienst PTT, hoofd Dr. P. G. M. Schrama.

Samenvatting: De mogelijkheid electrocardiogrammen (ECG) per openbare telefoon over te zenden kan in het bijzonder voor de huisarts een waardevol hulpmiddel zijn bij de vroege diagnostiek van ischemische hartziekten. Beschreven worden het principe van de overdracht van ECG's via het geschakelde telefoonnet — telecardiografie — en de doelstellingen bij het ontwerpen van zend- en ontvangapparatuur zoals die door het Dr. Neher Laboratorium van PTT in samenwerking met de Bedrijfsgeneeskundige Dienst voor Nederland is ontwikkeld.

Gebruiksproeven vanuit verschillende plaatsen in den lande naar een centraalpost hebben aangetoond dat geen duidelijk waarneembare verschillen tussen het verzonden en het ontvangen ECG optreden. Storingen komen sporadisch voor en zijn als zodanig vrij gemakkelijk van het ECG-signaal te onderscheiden. Verschillen in door specialisten gestelde klinische diagnosen zijn niet voorgekomen.

1. De verschillen tussen het telefonisch overgedragen ECG en het direct van de patiënt afgeleide ECG moeten zo klein zijn dat geen verschil in diagnose mogelijk is.
2. De zendende arts moet ook andere gegevens van de patiënt kunnen overdragen.
3. De ontvangende arts moet met de zendende gegevens kunnen uitwisselen.
4. De te gebruiken apparatuur moet geschikt zijn om te worden aangesloten aan elk willekeurig telefoontoestel.
5. De apparatuur moet gemakkelijk te bedienen en draagbaar dus licht en compact zijn.

De overdracht van het electrocardiogram. Aangezien het telefoonnet bestemd is voor het overbrengen van menselijke spraak, is het frequentiebereik beperkt van 300 - 3.400 Hz. Het diagnostisch belangrijke frequentiegebied van ECG's loopt van ongeveer 0,1 - 100 Hz. Directe overdracht van het ECG is dus niet mogelijk. Er zal modulatie moeten plaats vinden. Amplitudemodulatie is ongeschikt omdat de grootte van het ontvangen gedemoduleerde signaal dan afhankelijk zal zijn van de demping tussen de zendende en ontvangende telefoons. Bij frequentiemodulatie (FM) is dit niet het geval. Hierbij wordt aan de zenzijde het ECG-signaal omgezet in een wisselspanning waarvan de frequentie afhankelijk is van de ECG-spanning. Aan

de ontvangzijde wordt de ontvangen frequentie weer terug vertaald in een spanning die dan gelijk moet zijn aan de verzonden ECG-spanning.

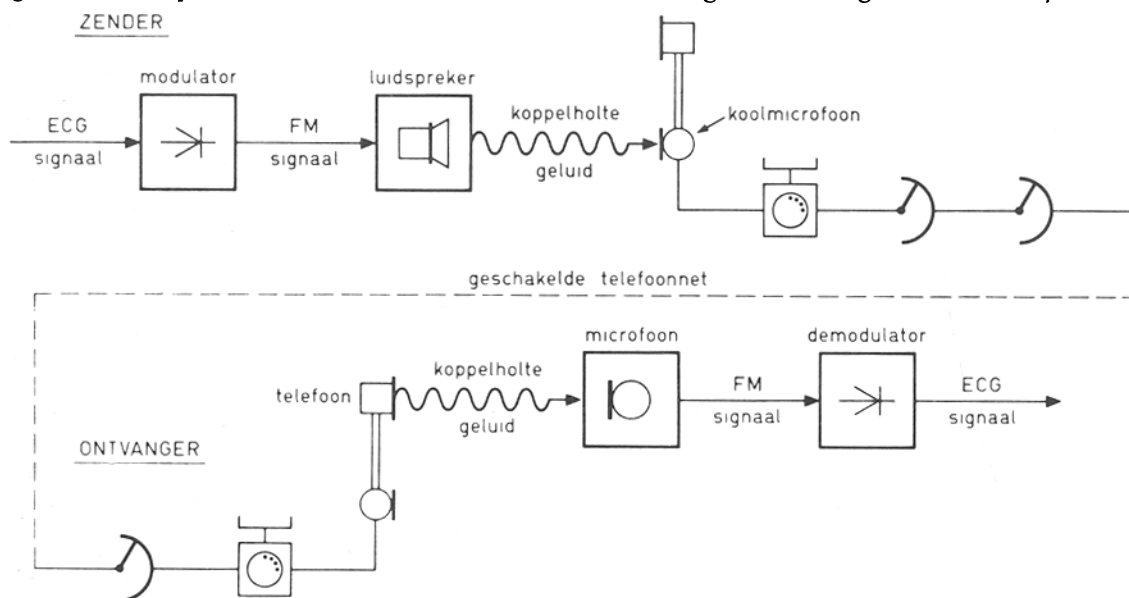
Er zijn drie mogelijkheden om een koppeling van een zendend of ontvangend apparaat met het telefoonnet tot stand te brengen, namelijk elektrisch, magnetisch en akoestisch. Om verschillende redenen maar in het bijzonder om aan doelstelling 4 te kunnen voldoen, werd aan een akoestische koppeling de voorkeur gegeven. Bij deze koppeling wordt aan de zenzijde het gemoduleerde signaal door een luidspreker omgezet in geluid. Dit geluid wordt door de microfoon van het telefoontoestel weer omgezet in een elektrische spanning die over het telefoonnet getransporteerd wordt. Aan de ontvangzijde vindt het omgekeerde plaats. Een microfoon welke voor het telefoontoestel is geplaatst, zet het geluid weer om in een elektrische spanning. De ontvangende microfoon moet akoestisch goed afgeschermd worden daar anders storingen door omgevingslawaai en trillingen optreden. Het principe van de overdracht wordt gegeven in *figuur 1*.

De vorm van een geschreven ECG wordt in ster-

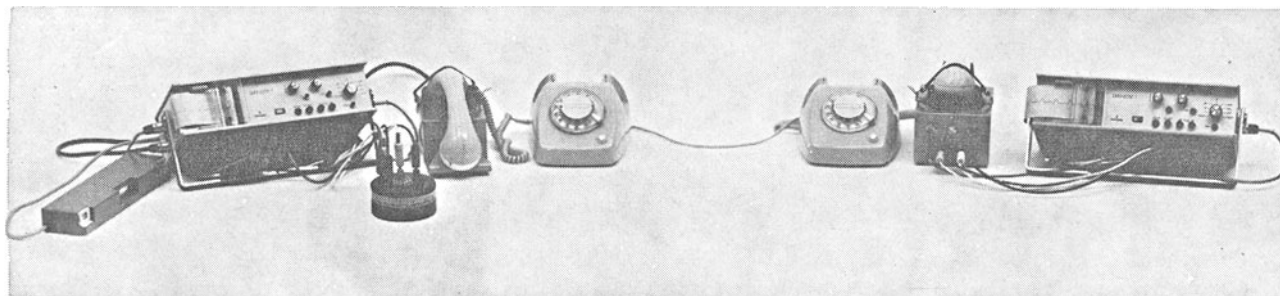
ke mate bepaald door de eigenschappen van de cardiograaf waarmee het ECG wordt geregistreerd. Gelijktijdige registraties opgenomen van eenzelfde persoon maar met twee verschillende cardiografen, kunnen duidelijk van elkaar afwijkende ECG's te zien geven. Verschillen in diagnoses kunnen hiervan het gevolg zijn. Van de eigenschappen is de frequentie karakteristiek, die de weergave in amplitude van de afzonderlijke frequenties bepaalt, de belangrijkste (*Meyer*). Verschillen in weergave van hoge frequenties kunnen de amplitude van het QRS-complex beïnvloeden. Verschillen in weergave van lage frequenties kunnen distorsies van de iso-elektrische lijn veroorzaken, die in het bijzonder van belang zijn voor de weergave van het ST-segment. Behalve de weergave van amplitude kan ook de weergave in tijd en fase verschillen. Alvoorts de betrouwbaarheid van de telefoonoverdracht te kunnen testen, dienen de zendende en ontvangende cardiografen, wat betreft de eigenschappen, zoveel mogelijk aan elkaar gelijk te zijn gemaakt.

Bij de test is uitgegaan van een elektrisch nage-

Figuur 1. Principe van de overdracht van een electrocardiogram via het geschakelde telefoonnet.



Figuur 2. Complete opstelling van de electrocardiogram-overdracht.



bootst ECG-signaal afkomstig van een zogenaamd kunsthart om van een stabiel testsignaal verzekerd te zijn. Bovendien sluit een dergelijk direct aan de cardiograaf gekoppeld elektrisch signaal mogelijke artefacten door elektrodebevestiging uit. Bij de proefneming gingen aan elke overdracht enkele ijk-pulsen van 1mV vooraf teneinde de grootte daarvan aan de zendende en ontvangende zijde gelijk te maken. *Figuur 2* laat een complete opstelling zien. Links het zendende gedeelte met een kunsthart, een cardiograaf en de modulator. Rechts het ontvangende gedeelte met de demodulator en een cardiograaf.

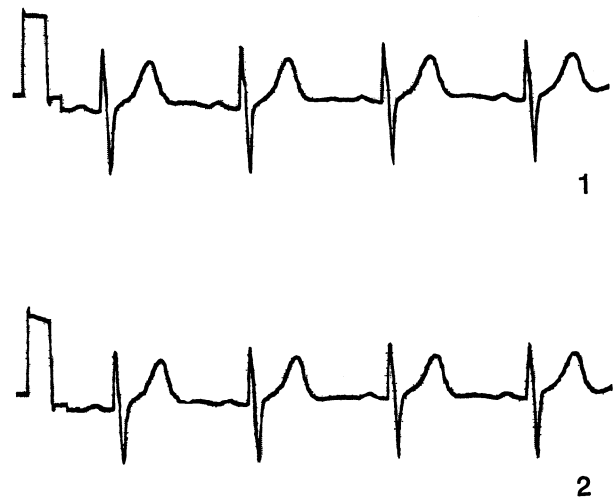
De resultaten van tests vanuit verschillende plaatsen in den lande naar een centrale post hebben aangetoond dat in het algemeen geen duidelijk waarneembare verschillen tussen het verzonden (direct opgenomen) en het ontvangen signaal optreden (*figuur 3*). Bij meer gedetailleerde analyse blijkt dat het verzonden ECG wat „gladder” is dan het ontvangen. De amplitudeverschillen zijn kleiner dan 4 procent, in de meeste gevallen niet meer dan 2 procent. Het valt op dat de amplitudedeviaties groter worden naarmate de geschreven lijn meer van het midden van het registratiepapier afwijkt. Tijdsverschillen zijn niet meetbaar. Interferenties met elektrische verschijnselen in de telefoonverbinding komen sporadisch voor en zijn als zodanig vrij gemakkelijk van het ECG-signaal te onderscheiden (*figuur 4*). Storingen door omgevingslawaai en trillingen treden niet op wanneer bij de akoestische koppeling de ontvangende microfoon goed wordt gefixeerd.

Gebruiksproeven met 128 ECG's (twaalf afleidingen) van patiënten en gezonde personen vanuit Amsterdam, Leeuwarden, Groningen, Hengelo en Maastricht naar 's-Gravenhage leverden overeenkomstige resultaten op. Verschillen in klinische diagnoses gesteld door specialisten op grond van vergelijking van direct opgenomen en ontvangen ECG's, kwamen niet voor. De akoestische koppeling aan beide zijden van de telefoonverbinding biedt de mogelijkheid op gemakkelijke wijze te voldoen aan de doelstellingen 2 en 3. Door de telefoonhandgreep van de zender respectievelijk de ontvanger te lichten, kan de telefoonverbinding zonder meer voor het overbrengen van het gesproken woord worden benut. De gekozen koppeling maakt het tevens mogelijk om elk willekeurig telefoontoestel voor de overdracht te gebruiken.

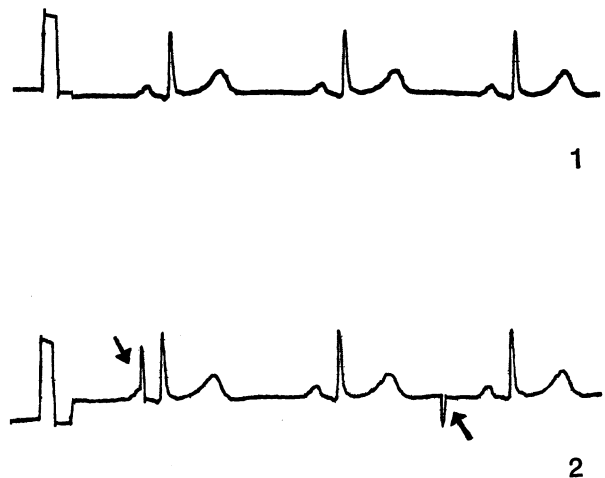
Het ontwerpen van een koppeling welke geschikt is voor alle typen telefoonhandgrepen, die nog in Nederland in gebruik zijn, is geen eenvoudige zaak. Tenslotte kan worden gesteld dat bij de technische uitvoering men erin is geslaagd de omvang en het gewicht zodanig te beperken dat de apparatuur gemakkelijk kan worden meegenomen. geschikt voor huisartsen in de dagelijkse praktijk.

Toepassingen. Overdracht van ECG's over het openbare telefoonnet biedt vele praktische mogelijkheden. De besproken uitvoering is bij uitstek

Figuur 3. Verzonden (1) en ontvangen (2) electrocardiogram (afleiding V₂) van Hengelo naar 's-Gravenhage, voorafgegaan door een ijk-puls.



Figuur 4. Verzonden (1) en ontvangen (2) electrocardiogram (afleiding II) van Amsterdam naar 's-Gravenhage, voorafgegaan door een ijk-puls. Bij het pijltje storingen in het ontvangen electrocardiogram.



geschikt voor huisartsen in de dagelijkse praktijk. Er zijn echter vele andere situaties denkbaar waarin dit systeem zijn nut kan hebben, bijvoorbeeld de cardioloog in verbinding met de kliniek, afdelingen van ziekenhuizen onderling, enzovoort. Bij de Bedrijfsgeneeskundige Dienst PTT is een voorlopig net van zeven perifere zendposten (verzorgingsgebied tien bedrijfsartsen) en één centrale ontvangpost ingericht, teneinde met dit systeem zoveel mogelijk praktische ervaring op te doen.

De betrouwbaarheid van de overdracht is zo groot dat verwacht mag worden dat het systeem, mits gebruik wordt gemaakt van huurlijnen, ook samen met een computer kan worden gebruikt. Centrale computerverwerking van ECG's eventueel samen met andere medische gegevens, die

eveneens per telefoon kunnen worden overgebracht, behoort dan tot de mogelijkheden.

Summary. Telecardiography. The possibility of transmitting electrocardiograms (ECGs) by public telephone can be a valuable aid, especially to the general practitioner, in the early diagnosis of ischaemic heart diseases. A description is given of the principle of transmission of ECGs via the circuited telephone network — telecardiography — and of the objectives guiding the design of transmitters and receivers developed for The Netherlands at the Dr Neher Laboratory of the Post, Telegraph and Telephone (PTT) Service in collaboration with the Industrial Medical Service.

Trial transmissions from various places in The Netherlands to a central receiving station have demonstrated that no appreciable differences occur between the ECG transmitted and that received. Sporadic interference can as such be distinguished from the ECG signal without undue difficulty. Differences in clinical diagnoses established by specialists have not occurred.

Geraadpleegde literatuur

- Colbeck, W. J., D. W. Hill, S. E. R. Mable en J. P. Payne. Electrocardiographic transmissions by public telephone. (1968) *Lancet* II, 1017 - 1018.
- Crouch, J. L., J. R. Faulkner, O. Loosme en L. R. Putman. Electrocardiograms by telephone. (1966) *Bell. Lab. Rec.* febr. 43 - 47.
- Caceres, C. A., Medical telemetry. Today or tomorrow, National telemetring conference (1968) I.E.E.E. Cat. No. 68-c-8. 314 - 317.
- Einthoven, W., Le télécardiogramme. (1906) *Arch. Internat. Physiol.* 4, 132 - 164.
- Mable, S. E. R. Electrocardiograms by telephone. (1966) *Biomedical engineering* 1, 262 - 265.
- Meyer, J. L., Some instrument-induced errors in the electrocardiogram. (1967) *J. Amer. med. Ass.* 201, 351 - 356.
- Meijler F. L., Een „Deltaplan” ter bestrijding van de sterfte aan hart- en vaatziekten. (1970) *Ned. T. v. Geneesk.* 114, 19 - 21.
- Rahm, W. E., J. L. Barmore en F. L. Dunn. Electrocardiographic transmission over standard telephone lines. (1952) *Neb. St. med. J.* 37, 222.

REFERATEN

VERZORGD DOOR DE STUDIEGROEP ARTIKELENDOCUMENTATIE

69-07. Phosphate treatment of hypercalcaemia due to carcinoma. *Thalassinos, N. & G. F. Joplin (1968) Brit. med. J. IV, 14-19.*

Metastaserend carcinoom kan aanleiding geven tot hypercalciëmie. Vaak, doch lang niet altijd kan men hierbij de metastasen in de botten aantonen. Vooral in de loop van het bestaan van borstkanker en longcarcinoom is deze complicatie mogelijk. De klinische verschijnselen ervan: moeheid, anorexie, misselijkheid en braken, dorst, polyurie en dehydratie en tenslotte sufheid en coma, zijn helaas niet alle specifiek. Voor een deel kunnen deze verschijnselen ook worden verklaard door toxische inwerking vanuit het primaire kankergezweel. Dorst, polyurie en dehydratie moeten echter de aandacht op het calciumgehalte van het serum vestigen. Tenslotte treden coma en vaak uremie op, dit laatste als gevolg van nephrocalcinosis.

De eerste publikaties over het nut van het gebruik van fosfaten ter verlaging van een verhoogd serumcalciumgehalte bij mensen, stammen reeds uit 1931, toen de fosfaattherapie werd toegepast bij twee patiënten, die aan hypercalciëmie ten gevolge van hyperparathyreoïdie leden.

Het is niet duidelijk waarom deze therapie in het vergeetboek is geraakt, daar de resultaten zeer goed waren gebleken. Vermoedelijk is dat gebeurd uit vrees voor een mogelijke afzetting van kalk buiten het skelet. In de praktijk is daarvan echter zelden of nooit iets gebleken. De schrijvers namen het onderzoek opnieuw op en pasten de therapie met anorganisch fosfaat toe bij dertien patiënten, die leden aan vervoortgeschreden hypercalciëmie ten gevolge van metastaserend carcinoom.

Als preparaat werd gebruikt een neutraal reagerend mengsel van Na_2HPO_4 en NaH_2PO_4 . In de meerderheid der gevallen werd het preparaat per os toegediend. Enkele keren moest men daarvan afzien en werd het intraveneus toegediend, aangezien de patiënt te misselijk was om het per os tot zich te kunnen nemen. De patiënten kwamen vaak in een zeer ernstige toestand binnen, soms reeds bijna comateus. Zo snel mogelijk werd begonnen met vochttoediening ter bestrijding van de dehydratie. Indien zij nog zelf konden eten kregen zij een dieet, waaruit melk en melkprodukten waren weggelaten. Bovendien moesten ze per dag minstens drie liter vocht tot zich nemen. Nadat deze maatregelen drie dagen lang waren toegepast, begon men met de toediening van an-

organisch fosfaat per os en in enkele gevallen intraveneus. De resultaten waren vaak dramatisch; binnen enkele dagen zag men het serumcalciumgehalte dalen. Binnen twee tot negen dagen daalde het serumcalciumgehalte tot normaal; de patiënten gevoelden zich sterk verbeterd en konden vaak weer worden gemobiliseerd. Indien men na enige tijd — meestal na ongeveer tien dagen — de fosfaattoediening staakte, zag men vrij snel het serumcalciumgehalte weer stijgen en traden de subjectieve klachten weer op. Men paste dan vaak een tweede behandeling toe en kreeg opnieuw hetzelfde opzienbarende resultaat.

Sommige patiënten konden op deze manier wel met zes kuren worden behandeld. Daarnaast bepaalde men ook het fosfaatgehalte van het serum en men vond, dat ondanks de toediening van het anorganische fosfaat, het serumfosfaatgehalte niet of nauwelijks gestegen was aan het eind van de behandelingskuur, en dat, ondanks het feit dat men er naar streefde per dag ongeveer 3 gram anorganisch fosfaat toe te dienen, indien dat tenminste mogelijk was op grond van de toestand van de patiënt. Een enkele maal moest wegens misselijkheid of braakneiging de dosis lager worden gekozen. Indien het ureumgehalte van het bloed aan het begin van de therapie verhoogd was, bleef dit onveranderd of daalde het.

Uiteindelijk stierven al deze patiënten ten gevolge van hun metastasen. Bij acht van de dertien patiënten kon na de dood autopsie worden verricht. Bij geen kon een sterke kalkafzetting in de bloedvaten worden gevonden en slechts bij twee patiënten was microscopisch nephrocalcinosis aantoonbaar. Dezen hadden reeds een maand lang ernstige hypercalciëmie gehad, voordat zij in het ziekenhuis waren opgenomen. Bij enkelen kon kalkafzetting in de cornea worden gevonden, maar dat was reeds voor de ziekenhuisopname aanwezig.

De vrees dat dus door anorganisch fosfaattoediening een verhoogde kalkafzetting in de weefsels zou plaats hebben, blijkt ongegrond te zijn. Integendeel, men kon uit proeven nagaan, dat de daling van het serumcalciumgehalte voornamelijk tot stand kwam door recalcificatie der botten.

Tot slot beschrijven schrijvers ook nog een patiënt lijdende aan hyperparathyreoïdie met een duidelijk verhoogd calciumgehalte in het bloed. Hoewel patiënt bijna een jaar lang was behandeld met anorganische fosfaten, bleek dat er geen objectief waarneembare aanwijzingen waren voor kalkafzetting in de weefsels. In bijzonder kon men in de cornea geen