

B 930

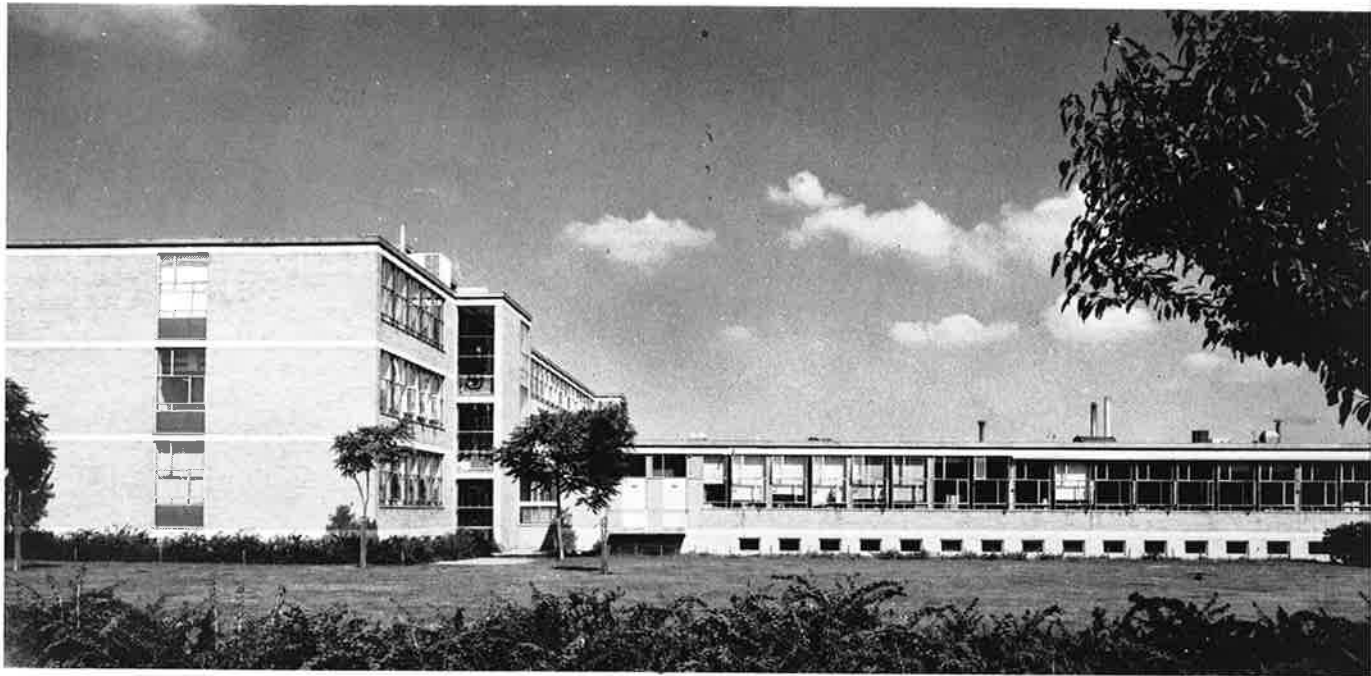
BNR

2818

MEDISCH-FYSISCH
INSTITUUT
TNO

"The most promising field for directed research and development programs at this time is that of biomedical engineering, a new and complex discipline created by pioneering teams of exceptional engineers and biomedical scientists".

(Dr. James A. Shannon, NIH director)



Medisch-Fysisch Instituut TNO
Da Costakade 45
Utrecht
Tel. 030-35141

INLEIDING

In dit boekje kunt U iets lezen over het werk dat in het Medisch-Fysisch Instituut TNO wordt verricht. De werkzaamheden liggen op het gebied van het moeilijk in het Nederlands te vertalen begrip: "medical engineering", een toepassingsvorm van de ingenieurswetenschappen, die zich de laatste tijd in een toenemende belangstelling mag verheugen.

Zoals in het organisatieschema achterin dit boekje te zien is, behoort het Medisch-Fysisch Instituut TNO tot de Gezondheidsorganisatie TNO. Dat wil zeggen dat het uiteindelijke resultaat van de onderzoeken het belang van de Volksgezondheid moet dienen en daarom praktisch toepasbaar moet zijn. Hierbij dient men echter niet uit het oog te verliezen dat een bruikbare methode of een geschikt meetinstrument slechts ontwikkeld kan worden, wanneer de ontwikkeling steunt op fundamenteel wetenschappelijk onderzoek. Tot dezelfde conclusie kwam de reeds eerder geciteerde directeur van de "National Institutes of Health", Dr. J. A. Shannon met de woorden, dat de ontwikkeling "must be founded upon adequate base of scientific knowledge, or else they are doomed to failure".

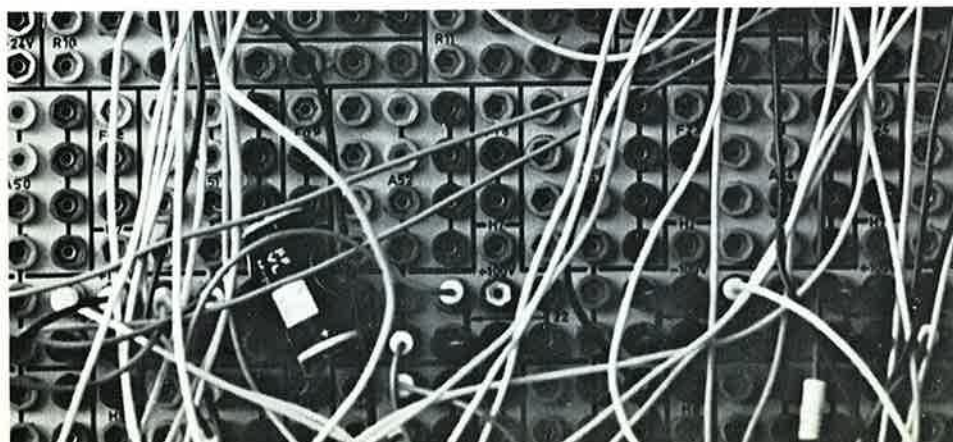
Zo zal men bij het doorlezen van dit boekje onderzoeken tegenkomen die zeer duidelijk hun praktische toepasbaarheid tonen en andere waarbij deze gerichtheid nog minder duidelijk zichtbaar is. In een aantal gevallen zal de ontwikkeling van een meetmethode gepaard gaan met het ontstaan van een meetinstrument. Wanneer het instrument voldoende aan de praktijk getoetst is, kan het de industrie worden aangeboden, waarna een serieproductie de mogelijkheid opent om in bredere kring de ontwikkelde methode toe te passen.

Uit het voorgaande is wel duidelijk geworden dat de onderzoeken niet slechts door fysici en technici verricht kunnen worden, maar dat daadwerkelijke medewerking van medici onontbeerlijk is. Het Instituut telt onder zijn wetenschappelijke medewerkers dan ook drie medische specialisten. Bovendien heeft het multidisciplinaire karakter van de werkzaamheden geleid tot een voor het Instituut typische werkwijze, nl. het verrichten van onderzoek in samenwerking met medische instellingen alom in den lande.

Van de zijde van de geneeskundige instellingen wordt de medische kennis ingebracht, die, gecombineerd met de technisch-fysische mogelijkheden van het Instituut, noodzakelijk is voor de oplossing van medisch-fysische problemen. Aan die problemen wordt dan in teamverband gewerkt door medewerkers van de desbetreffende medische instelling en het Medisch-Fysisch Instituut TNO.

Steeds meer blijkt dat er behoefte gaat bestaan aan adviezen op instrumentatie gebied. In de toekomst zal hier speciaal aandacht aan worden besteed.

Tenslotte wordt gehoopt, dat dit boekje meer bekendheid zal geven aan het werk en streven van het Medisch-Fysisch Instituut TNO, waardoor nog meer dan voorheen duidelijk zal worden welke mogelijkheden de toepassing van fysische en technische methoden in de geneeskunde kan bieden.



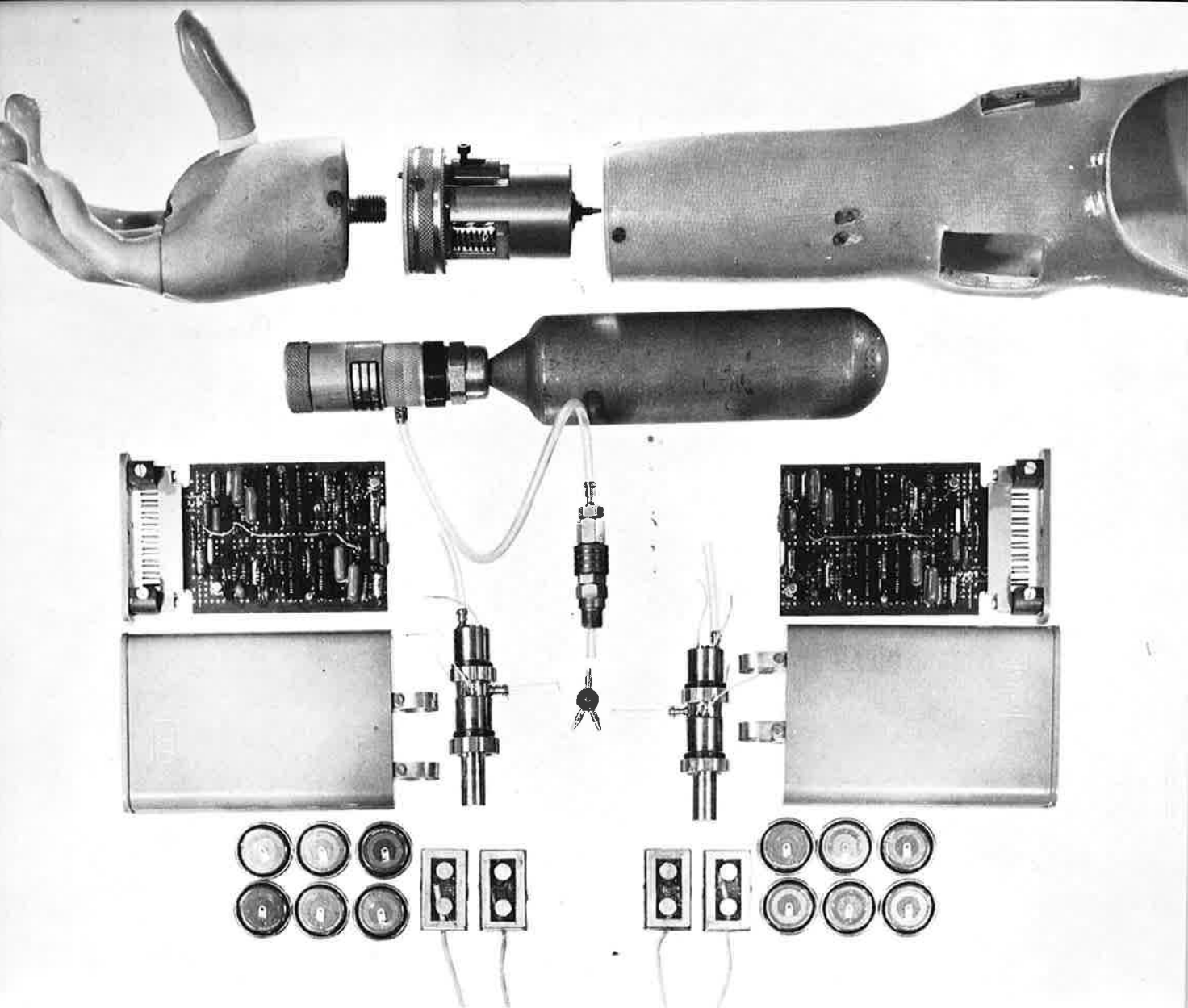
ONTWIKKELING HULPMIDDELEN
LICHAMELIJK GEBREKKIGEN

Om de geamputeerde een maat te geven voor de kracht waarmee hij grijpt, werd een duim met „tastgevoel“ geconstrueerd.



In Nederland zijn enkele duizenden onderarmgeamputeerden. Zij zijn tot nu toe vrijwel allen uitgerust met mechanische prothesen. Dit soort prothese kan slechts één functie uitvoeren, nl. het openen en sluiten van de kunsthand (of haak) door middel van banden om de schouders van de geamputeerde. Een grote stap vooruit was het gebruik van de actiepotentialen van de nog aanwezige spierresten in de armstomp. In het buitenland (Rusland, Engeland e.a.) zijn kunsthanden ontwikkeld, die gestuurd worden door deze spiersignalen. Deze kunsthanden kunnen ook slechts één functie uitvoeren. Om wezenlijke vooruitgang te boeken is het noodzakelijk over een kunsthand met meer dan één functie te beschikken. De groep Ontwikkeling hulpmiddelen lichamelijk gebrekkigen is er in geslaagd om vier spiersignalen afzonderlijk van de armstomp af te leiden, waardoor het mogelijk is geworden om een hand met twee functies te besturen. Daar een dergelijke hand niet in de handel verkrijgbaar is, wordt aan de ontwikkeling van een kunsthand met twee functies met voortvarendheid gewerkt.

De stijging van het aantal verkeersongevallen de laatste jaren, heeft tot gevolg dat het aantal patiënten met ruggemerg beschadigingen (dwarslaesies) toeneemt. Dit is aanleiding geweest om de onderzoeken niet te beperken tot de prothesen, maar eveneens aandacht te schenken aan hulpmiddelen voor functioneel herstel of verbetering van deze patiënten.



Om een pneumatische kunsthand met 1 functie (open en dicht) en een polsdraaijer te besturen, is een aantal onderdelen nodig. Van links naar rechts en van boven naar beneden zijn hier afgebeeld: de kunsthand, polsdraaijer en stompkoker; de gascylinder met reduceerventiel; de elektronische circuits voor de besturing van de daarnaast afgebeelde elektro-magnetische kleppen; tweemaal zes batterijen en viermaal twee elektroden met voorversterkers.

CARDIO-ACOUSTIEK



Voor de bepaling van de frequentiekaracteristiek van een hartmicrofoon wordt gebruikgemaakt van een als vibrator werkende snelheidsopnemer. De microfoon is boven op de opnemer geplaatst.

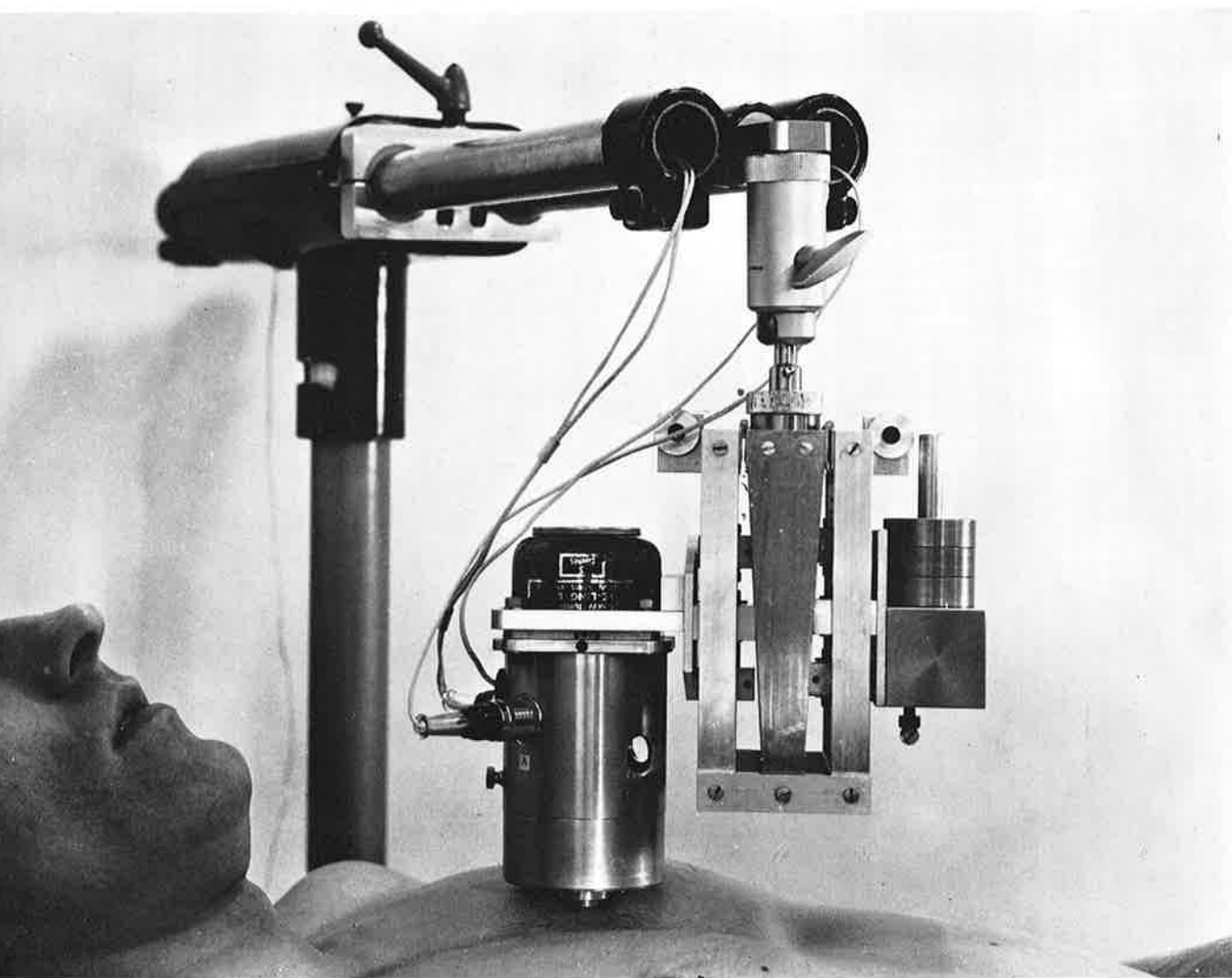
In de fonocardiografie wordt gebruik gemaakt van verschillende microfoons om de mechanische trillingen van de borstwand om te zetten in elektrische signalen. Deze trillingen, die ook door een stethoscoop waargenomen kunnen worden, kunnen directe informatie geven over de toestand van het hart. Zo bestaat de mogelijkheid om via het fonocardiogram lekkende hartkleppen of klepvernauwingen vast te stellen.

Daar diverse soorten microfoons in gebruik zijn, die lang niet altijd vergelijkbare resultaten geven, is begonnen met de ontwikkeling van een testmethode voor microfoons. Hierbij is gebleken dat het zeer belangrijk is om de mechanische impedantie (kracht gedeeld door snelheid) van zowel de opnamer als de borstwand te kennen. Vooral de impedantiemeting van de borstwand vergt een uitgebreid onderzoek. Er is een zogenaamde impedantiekop geconstrueerd, die bestaat uit een kracht- en versnellingstransducer met elektronische aanpassing. Door deze metingen en door het testen van allerlei soorten microfoons

hoopt men te komen tot standaardisatie van de bij de fonocardiografie gebruikte microfoons. Dit onderzoek geschiedt in internationaal verband ten behoeve van het "Subcommittee on microphones" van de "International Committee Standardization of Phonocardiography".

CARDIO-ACOUSTIEK





De opstelling voor het bepalen van de impedantie van de borstwand. De meetkop (links) kan door ophanging met een tegenwicht (rechts), de op- en neergaande beweging van de borst t.g.v. de ademhaling volgen.

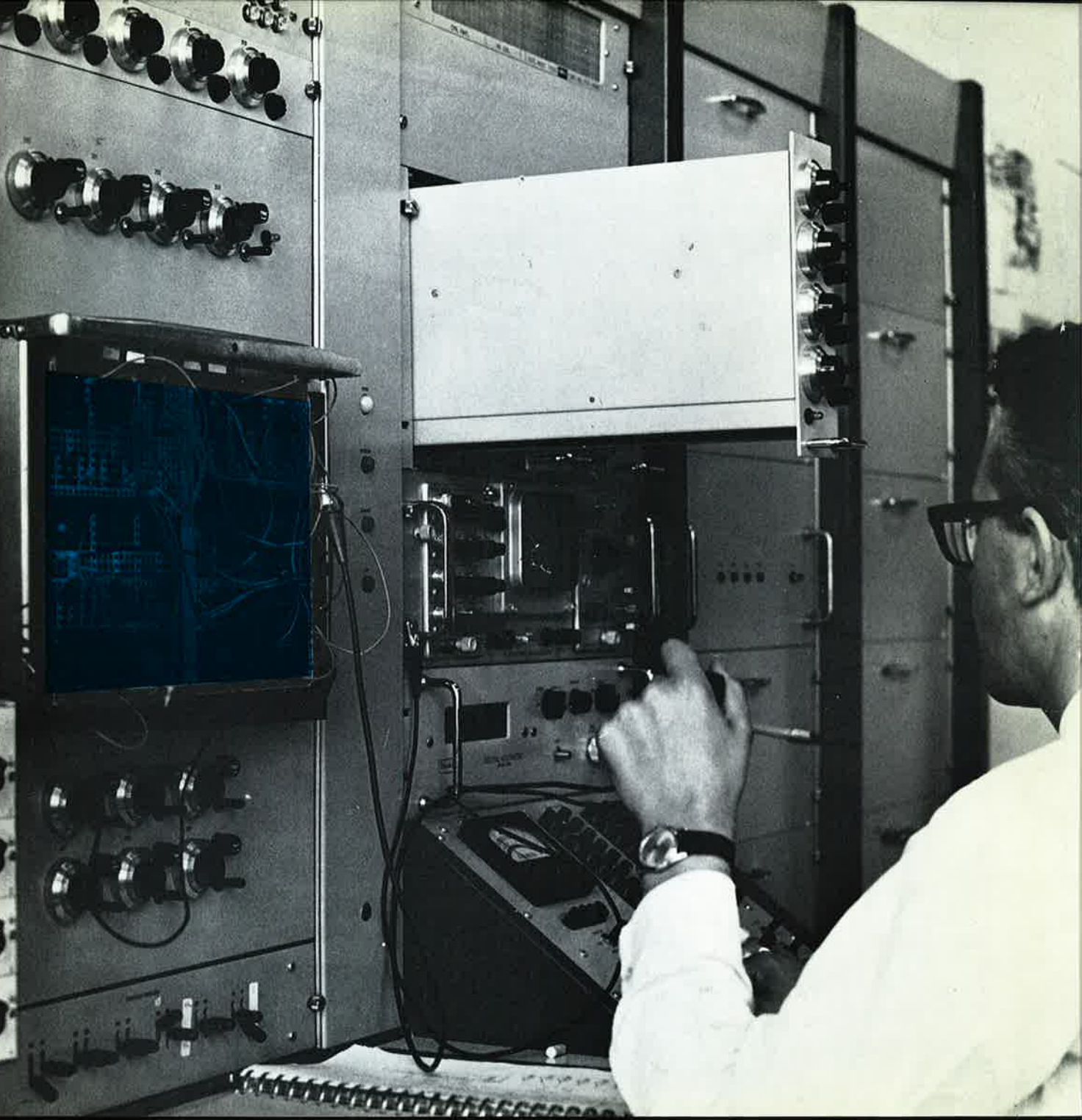
REGELSYSTEMEN BLOEDSOMLOOP

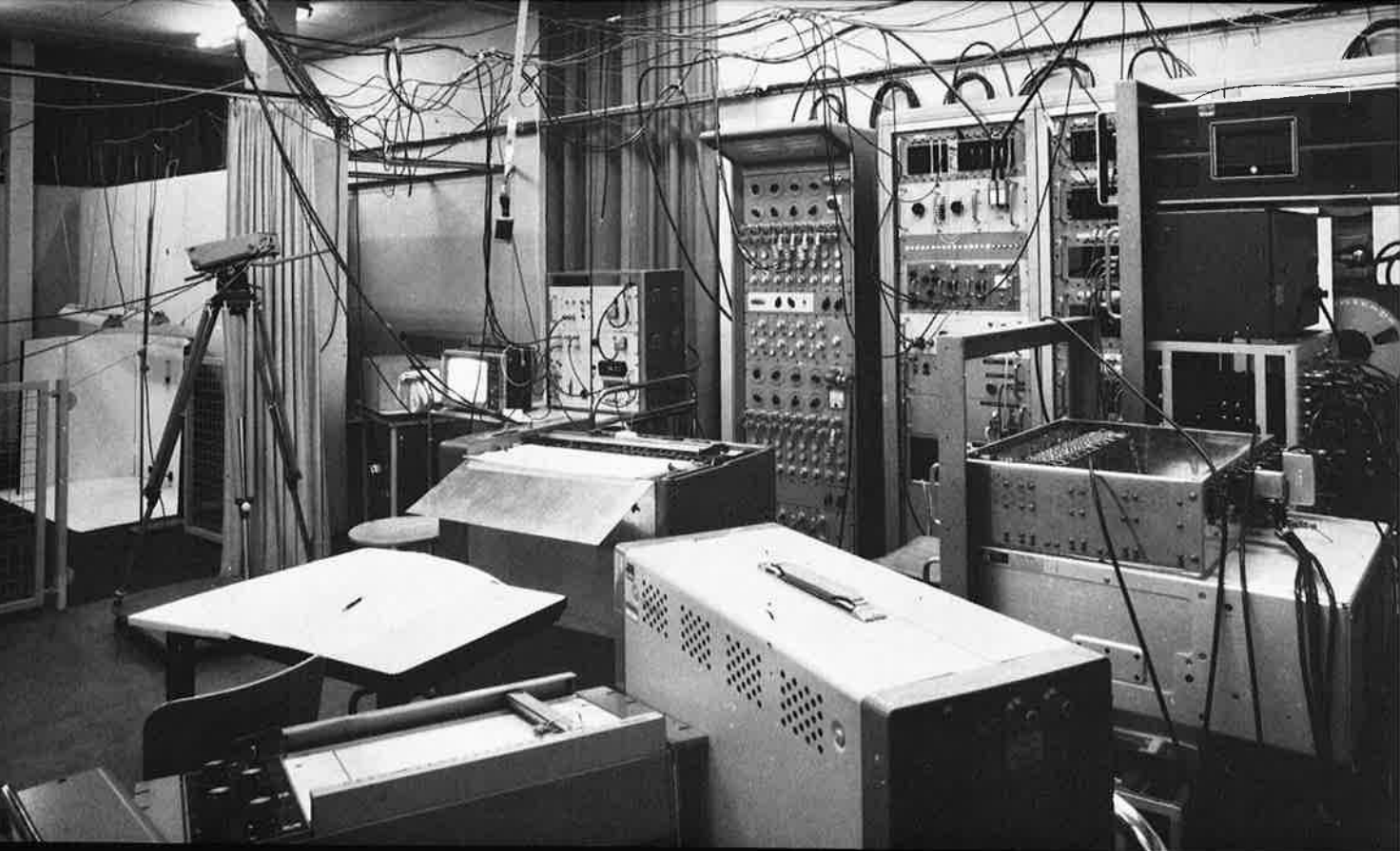
In een tijd dat het aantal sterfgevallen ten gevolge van een hart- of vaatziekte onrustbarend toeneemt, is het voor de hand liggend dat de medische wetenschap zeer geïnteresseerd is in de oorzaken van deze ziekten. Er staan de cardioloog vele hulpmiddelen ten dienste om van buitenaf informatie te verkrijgen over de toestand van hart en bloedbanen. Wat echter nog ontbreekt, is een mathematische formulering van het fysisch proces, dat de bloedsomloop in wezen is.

De verwachting is nu dat een stap in de goede richting wordt gedaan door de gehele bloedsomloop te simuleren in een analoog rekenmachine. Hiertoe worden een groot aantal vergelijkingen opgesteld, die representatief zijn voor een bepaald gedeelte van de bloedsomloop, zoals aorta, hartkamers en -boezems, longaders en -slagaders. Deze vergelijkingen worden simultaan (tegelijktijd) opgelost door de rekenmachine. De veranderlijken in deze vergelijkingen worden in de machine voorgesteld door elektrische spanningen. Men hoopt op deze wijze relaties te kunnen vinden tussen meetbare grootheden en grootheden die niet of zeer moeilijk te meten zijn. Deze laatste grootheden zijn vaak zeer belangrijk voor het stellen van een diagnose.

Een voorbeeld van dit soort toepassing is het zoeken naar de oorzaak van de functionele hartgeruisen bij kinderen tot ongeveer twaalf jaar. Ook is het mogelijk om de gesimuleerde bloedsomloop onder extreme omstandigheden te brengen, waarin de mens eventueel kan komen te verkeren, en na te gaan welke invloed dit heeft op de meetbare grootheden.

De analoog rekenmachine voor de simulatie van de bloedsomloop.





De laboratoriumruimte waar de experimenten plaatsvinden. Hierbij wordt o.a. gebruikgemaakt van een EEG registratie-apparaat, een 24-kanaalsbandrecorder, een TV opname-camera, een video-recorder en elektronische verwerkings-apparatuur.

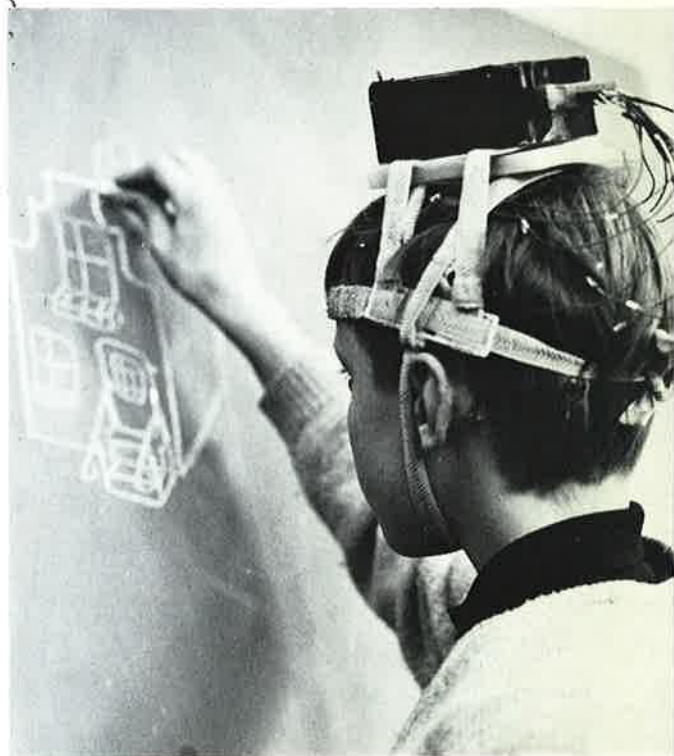
HERSENONDERZOEK

In de hersenen doen zich elektrische potentiaal schommelingen voor, welke kunnen worden gebruikt bij de bestudering van hersenfuncties. De potentiaalvariaties in de buitenste hersenlagen — de hersenschors — worden voortgeleid door de omgevende weefsels en een deel daarvan is meetbaar aan de hoofdhuid. De registratie van deze variaties (electro-encefalogram of EEG) wordt in de werkgroep gebruikt ter bestudering van de functie der hersenen van normale en zieke mensen en van honden.

In de groep is apparatuur ontwikkeld waarmee automatische analyse van het EEG kan worden verricht; bovendien is een 16-kanaalsradio-telemetrie apparaat vervaardigd dat de onderzochte persoon of hond gemakkelijk met zich mee kan dragen. Met behulp van deze en andere apparatuur kunnen relaties worden bestudeerd tussen elektrische hersenactiviteiten en de gedragingen van het individu. Zo is het bij epileptische patiënten van belang gebleken kenmerkende EEG afwijkingen te bestuderen, terwijl deze patiënten actief bezig zijn (lopen e.d.).

Voor een goed begrip van hun betekenis is een meer gedetailleerde beoordeling der elektrische verschijnselen nodig dan aan de hand van het hoofd-huid-EEG verkregen kan worden. Hiertoe dienen de registratie-electroden in direct contact te komen met de hersenstructuren. Dit is verwezenlijkt door bij honden in narcose op zodanige wijze elektroden in de hersenen te brengen dat zij desgewenst enkele jaren ter plaatse kunnen blijven zitten zonder dat het dier hiervan pijn of zelfs maar hinder ondervindt. Aldus worden bij zich „normaal” gedragende en zich vrijelijk bewegende dieren relaties nagegaan tussen EEG verschijnselen enerzijds en gedragingen anderzijds. Bij de honden zijn enkele z.g. „specifieke” activiteiten gevonden.

Het electroencefalogram van de proefpersoon wordt draadloos overgebracht, waardoor deze zich vrij kan bewegen.

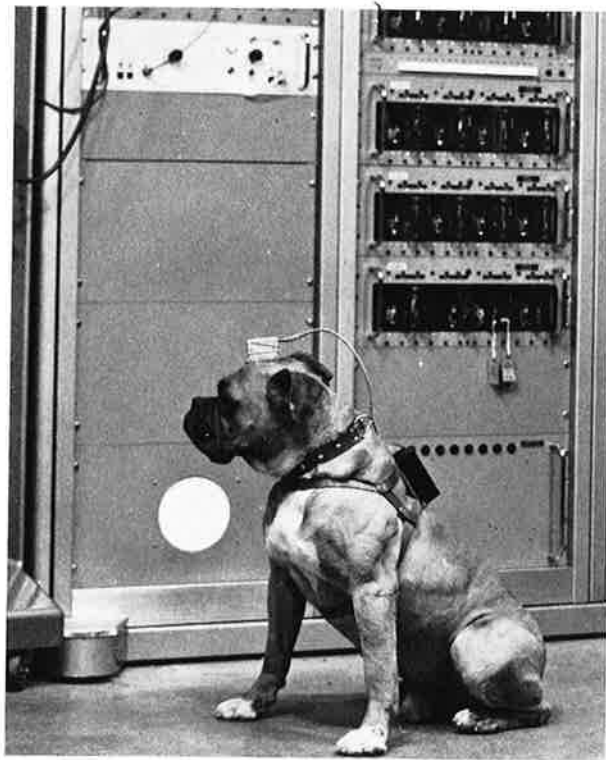


Sommige daarvan waren reeds eerder bij mensen bekend, zoals b.v. het alfa ritme, lambda golven e.d., maar andere waren niet eerder in de literatuur vermeld. Aangetoond werd dat deze activiteiten onderlinge relaties hebben, aan de hand waarvan richting van de aandacht gevolgd kan worden.

Naast „spontane” activiteiten worden ook reacties bestudeerd, verwekt door intentionele prikkeling van zintuigen zoals b.v. sinusoidaal gemoduleerde lichtprikkeling der ogen. Dit onderzoek vindt plaats bij honden als dierexperimentele achtergrond van soortgelijk onderzoek bij normale mensen en bij patiënten, hetgeen geschiedt in nauwe samenwerking met de werkgroep voor electro-encefalografie

van de Medisch-Fysische Afdeling TNO. Uit het onderzoek bij honden is reeds naar voren gekomen, dat de variabiliteiten van responsies in verschillende hersenstructuren althans tot op zekere hoogte, in verband gebracht kunnen worden met veranderende gedragssituaties. Door de situatie te stabiliseren, is het mogelijk gebleken die variabiliteit te verminderen.

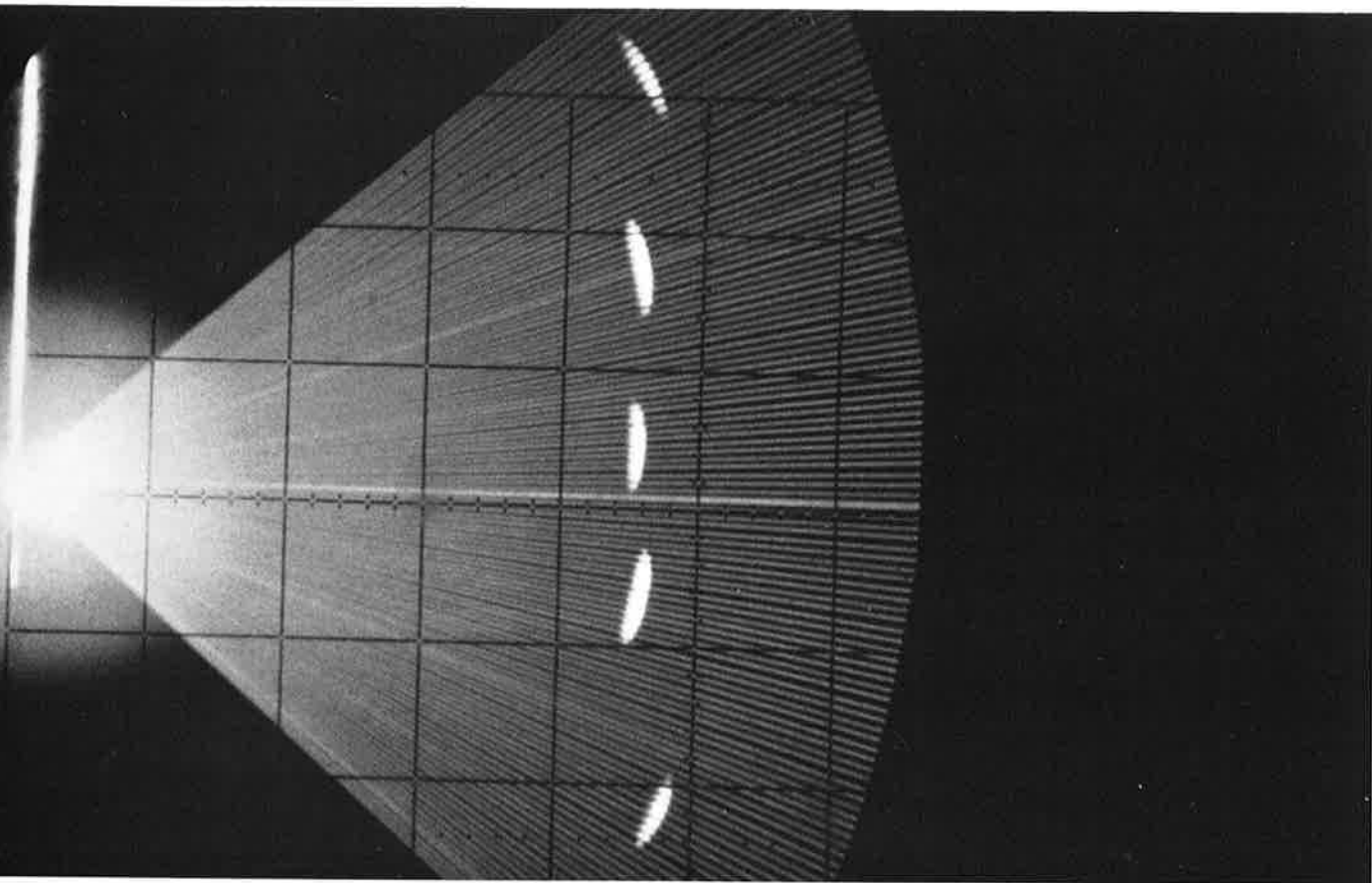
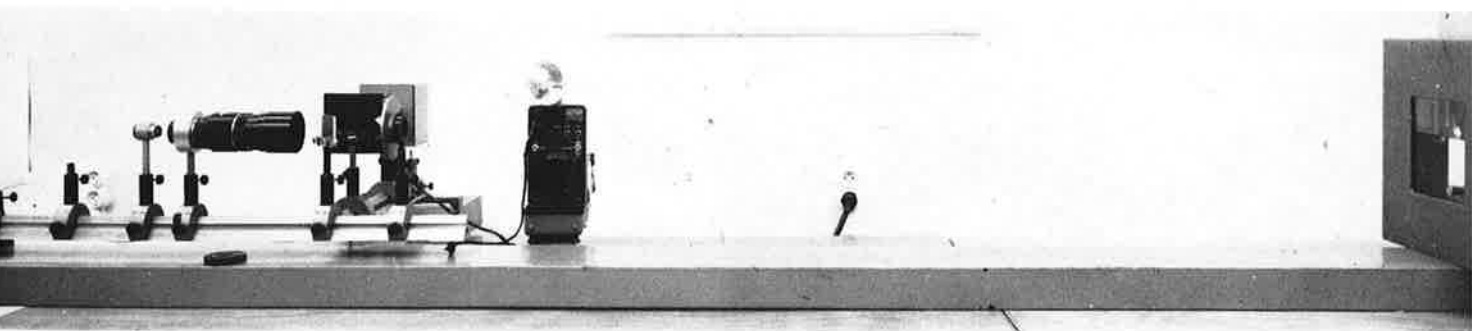
Uit bovenstaande onderzoeken is komen vast te staan, dat de „verwekte responsies” zich in vele opzichten gelijk gedragen als de „spontane” activiteiten en dat onderlinge relaties tussen deze twee aanwezig zijn.



Ook bij honden wordt telemetrie van het EEG toegepast.

Aandacht en concentratie bij de operatie





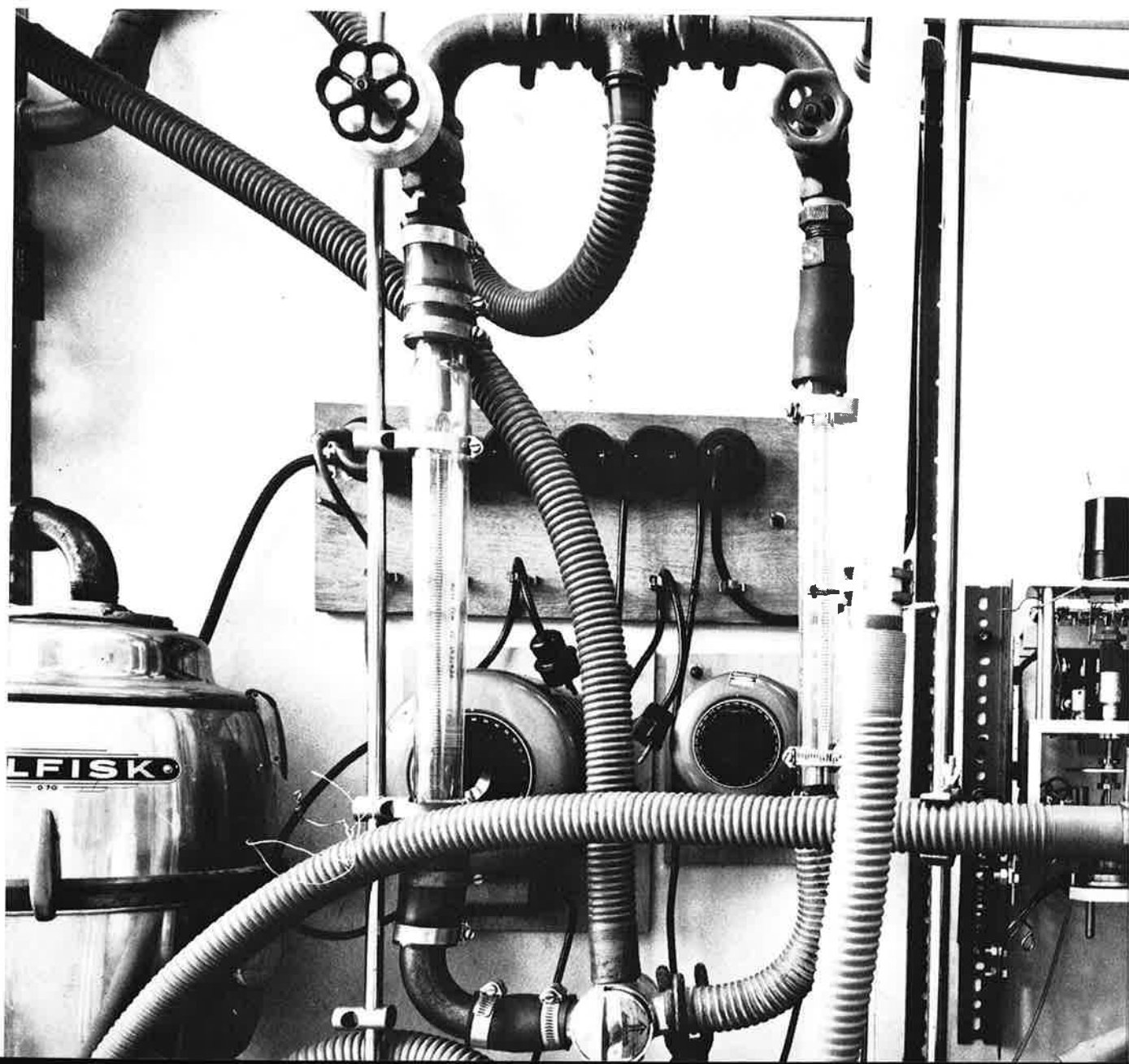
ULTRAGELUIDSDIAGNOSTIEK

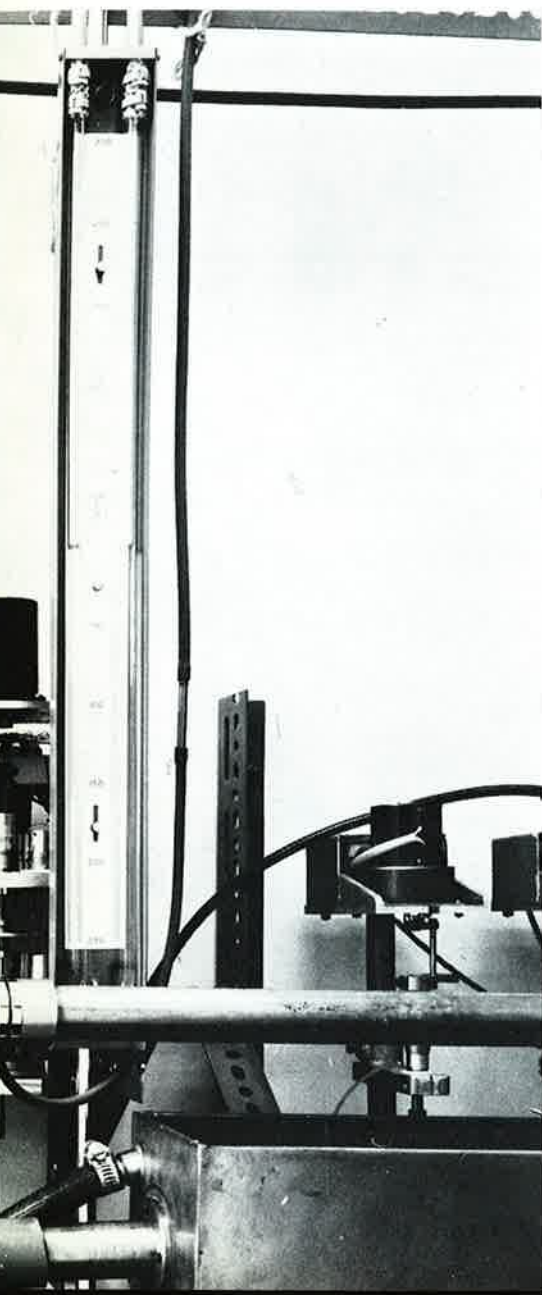


Tweedimensionale
ultrasonore afbeel-
ding van een staafje
messing in water in
verschillende posi-
ties met behulp van
de array en bijbeho-
rende apparatuur.
Ontvangst slechts
met één array-
element).

In de geneeskunde kent men reeds een aantal toepassingen van ultrageluid ter localisatie van inwendige delen van het menselijk lichaam. Genoemd kunnen worden de plaatsbepaling van het scheidingsvlak tussen de beide hersenhelften in verband met het eventueel aanwezig zijn van tumoren of bloedingen, en de bepaling van de schedelafmetingen van het foetus in het lichaam van de moeder. Men maakt hierbij gebruik van een taster die een bijna parallelle „geluidsbundel” uitzendt in de vorm van zeer korte pulsen en de reflecties weer opvangt (A-scan methode). Het tijds-interval tussen uitzenden en ontvangen is een maat voor de afstand tussen object en taster. Om tot een beter interpreteerbare representatie te komen van het object, wordt getracht om tweedimensionale beelden te verkrijgen (B-scan methode); de taster wordt dan verschoven over het lichaam. Deze methode heeft vele nadelen, daarom wordt in de groep „Ultrageluidsdiagnostiek” de z.g. elektronische sector-scan methode ontwikkeld. De richting van de bundel wordt nu niet mechanisch doch elektronisch gevarieerd, terwijl de taster zelf in één positie blijft en goed aan het medium gekoppeld kan blijven. Deze richtingsvariatie kan worden verkregen door middel van een taster bestaande uit vele kleine elementen (array) die alle afzonderlijk bestuurbaar zijn. Wanneer de zendpulsen van deze elementen in de juiste tijds-volgorde worden uitgezonden, is het mogelijk de array in verschillende richtingen te laten stralen. Op deze wijze kan een sector van 90° ca. 30 maal per seconde met 30 bundelrichtingen worden afgetast, waardoor een continu en onmiddellijk beeld ontstaat.

De opstelling voor het testen van pneumotachografen.



LONGMECHANICA

Ten behoeve van de diagnose van verschillende longziekten kan de longarts gebruikmaken van een aantal longfunctie proeven. De z.g. „longmechanica” wordt gevormd door proeven waarmee de rekbaarheid (compliance) der longen en de stromingsweerstand der luchtwegen worden bepaald.

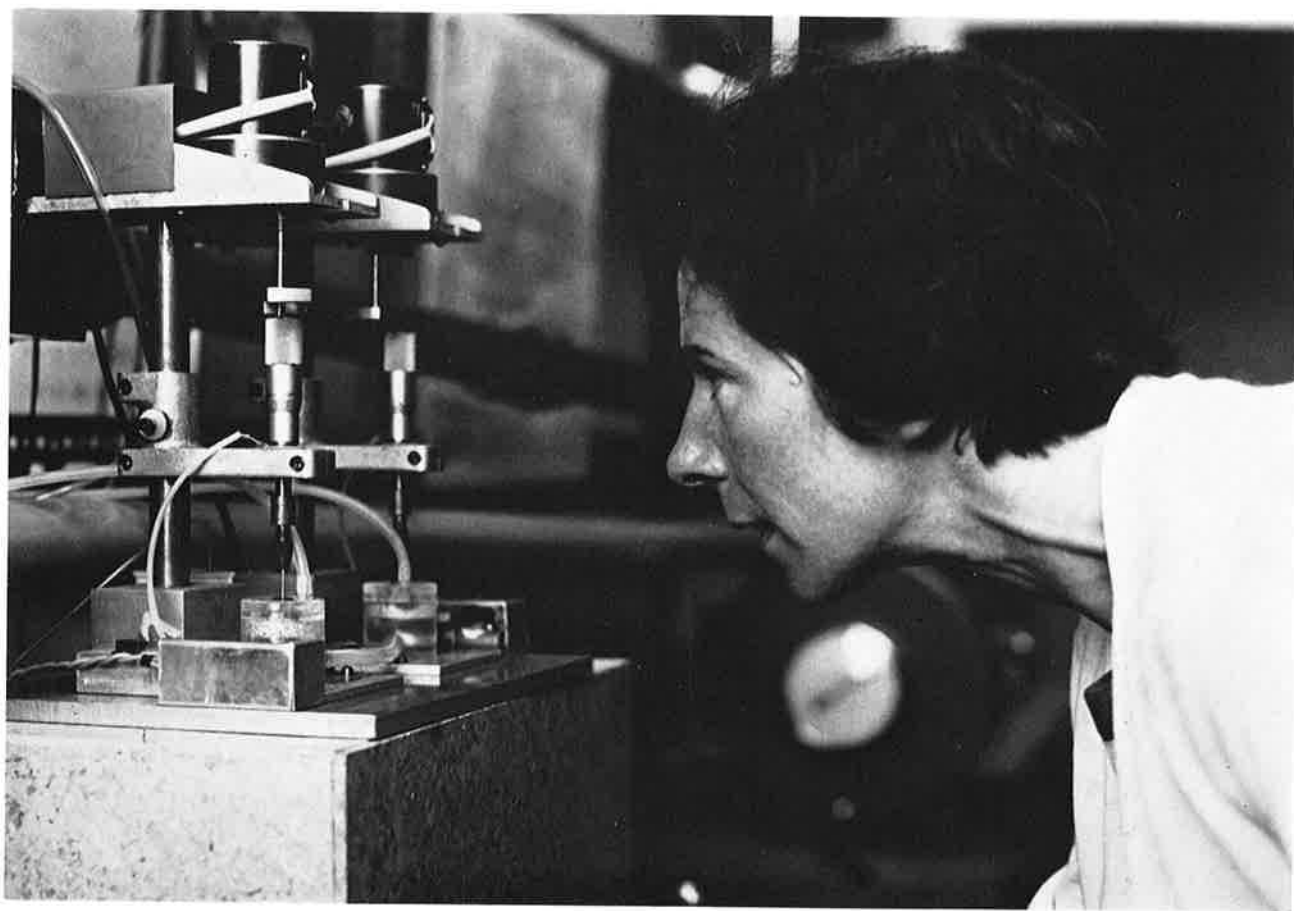
Van groot belang voor de longmechanica is de juiste meting van de volumestroom van de in- en uitgeademde lucht. Hiervoor wordt dikwijls een „pneumotachograaf” gebruikt; de patiënt ademt dan door een speciale stromingsweerstand, waarover een drukverschil ontstaat dat als maat voor de volumestroom gebruikt wordt. Dat drukverschil wordt met een snelle manometer gemeten en vervolgens geregistreerd. Het is echter gebleken dat het drukverschil ook nog afhankelijk is van de toestand en de samenstelling van de lucht. Tijdens het ademen veranderen de temperatuur, de vochtigheid en het zuurstof- en koolzuurgehalte der ademlucht voortdurend, waardoor het drukverschil over de pneumotachograaf dus beïnvloed

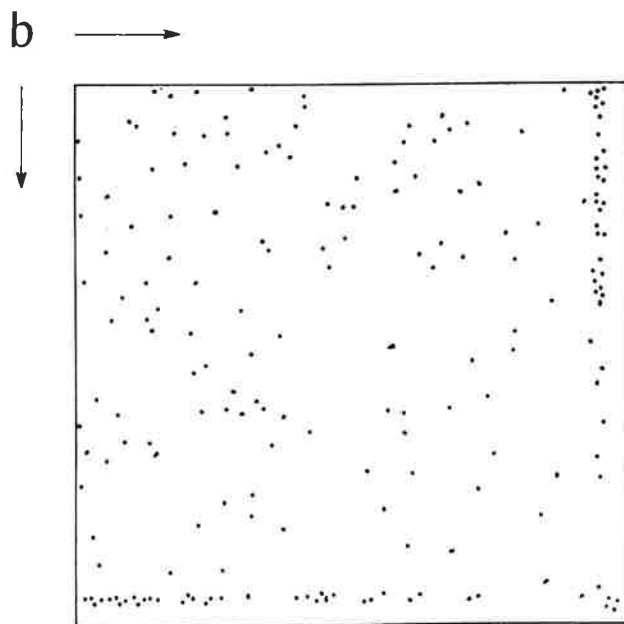
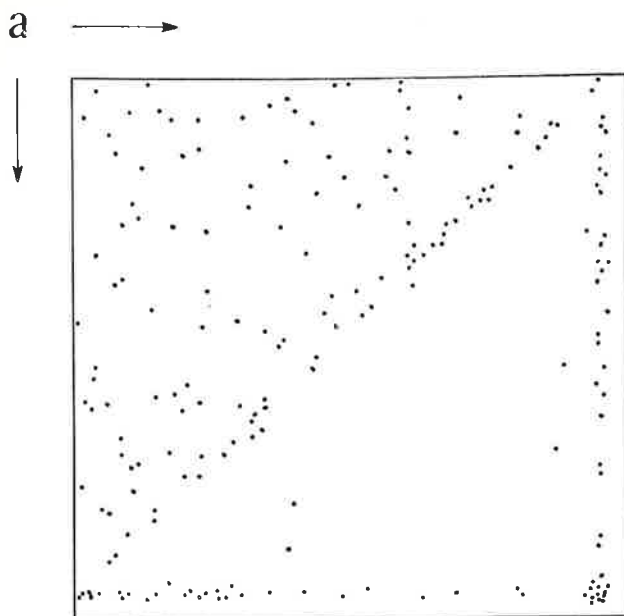
wordt. Een speciaal onderzoek is ingesteld naar de invloed van deze factoren. Om voldoende nauwkeurige metingen te verrichten is het noodzakelijk zeer nauwkeurige drukmetingen te doen; daartoe werd een automatische micromanometer geconstrueerd, werkend volgens het principe van

de U-buis manometer.

Zo is een proefopstelling ontwikkeld waarmee pneumotachografen getest kunnen worden op de invloed van de temperatuur, de vochtigheid en de samenstelling van de doorstromende lucht.

Met de micro-manometer is men in staat om zeer kleine drukverschillen af te lezen.





Uitgaande van de gedachte dat overdracht van informatie in levende systemen grotendeels plaatsvindt via het zenuwstelsel, wordt de relatie onderzocht tussen de activiteit van individuele zenuwcellen en die van een verzameling van zenuwcellen. De bestudering van de statistische aspecten van deze activiteit wordt van nut geacht bij de interpretatie van metingen met micro-, macro- en oppervlakte-elektroden.

Kwalitatief onderzoek naar de afhankelijkheid in de duur van opeenvolgende intervallen van een tijdreeks van gebeurtenissen. In (a) is horizontaal uitgezet de duur van een interval en vertikaal de duur van het daaraan voorafgaande interval, en wel voor alle (i.e., 200) paren van intervallen. In (b) is de procedure herhaald met dezelfde populatie van intervallen, echter nadat ze willekeurig door elkaar gemengd zijn. Een eventueel aanwezige ordening in de reeks is hiermee doelbewust tenietgedaan. Het verschillende karakter van de twee verzamelingen van punten duidt erop, dat in de oorspronkelijke reeks een afhankelijkheid bestond tussen intervalluren.

INSTRUMENTATIE

De toepassing van een 1-kanaalstelemetrie-systeem in de bedrijfsgeneeskunde. Van links naar rechts: schrijver voor het cardio-tachogram, cardiotachometer, schrijver voor het ECG met daarbovenop de ontvanger en erachter de ontvangantenne.



Bij de ontwikkeling van meetmethodieken in de geneeskunde doet zich reeds vroeg de behoefte gevoelen aan meetinstrumenten. Eén van deze instrumenten is de cardi tachometer (hartslagfrequentiemeter) die door de groep „Instrumentatie” werd ontwikkeld. Bij het gebruik van deze cardi tachometer door de bedrijfsgeneeskundige diensten in de industrie deed zich de vraag voor, hoe men de hartslagfrequentie van de zich vrij bewegende arbeider zou kunnen registreren. Hiertoe werd een telemetriesysteem ontwikkeld dat het mogelijk maakt om het electrocardiogram (ECG) van de persoon draadloos over te brengen naar een daartoe geschikte ontvanger. Uit dit ECG kan dan door elektronische verwerking het cardi tachogram worden verkregen. Deze ontwikkeling van telemetriesystemen heeft ook zijn toepassing gevonden in de conditietraining bij diverse takken van sport en zeer recent ook in de kliniek voor de revalidatie van hartpatiënten.

Om een inzicht te verkrijgen in de fysieke toestand van een proefpersoon, is het echter gewenst om naast het ECG, ook de beschikking te hebben over bijvoorbeeld de ademhalingsfrequentie, de temperatuur e.d. De registratie-apparatuur voor deze signalen is reeds lang voorhanden; echter een meerkanaalstelemetrie-systeem diende te worden toegevoegd. De groep is er in geslaagd om een telemetriesysteem te ontwikkelen dat het mogelijk maakt om zes signalen tegelijk draadloos over te brengen. Bovendien werden elektroden voor de verschillende signalen vervaardigd, die door hun bijzondere constructie, zelfs bij zeer zware arbeid, een minimum aan storingen in het geregistreerde signaal veroorzaken.



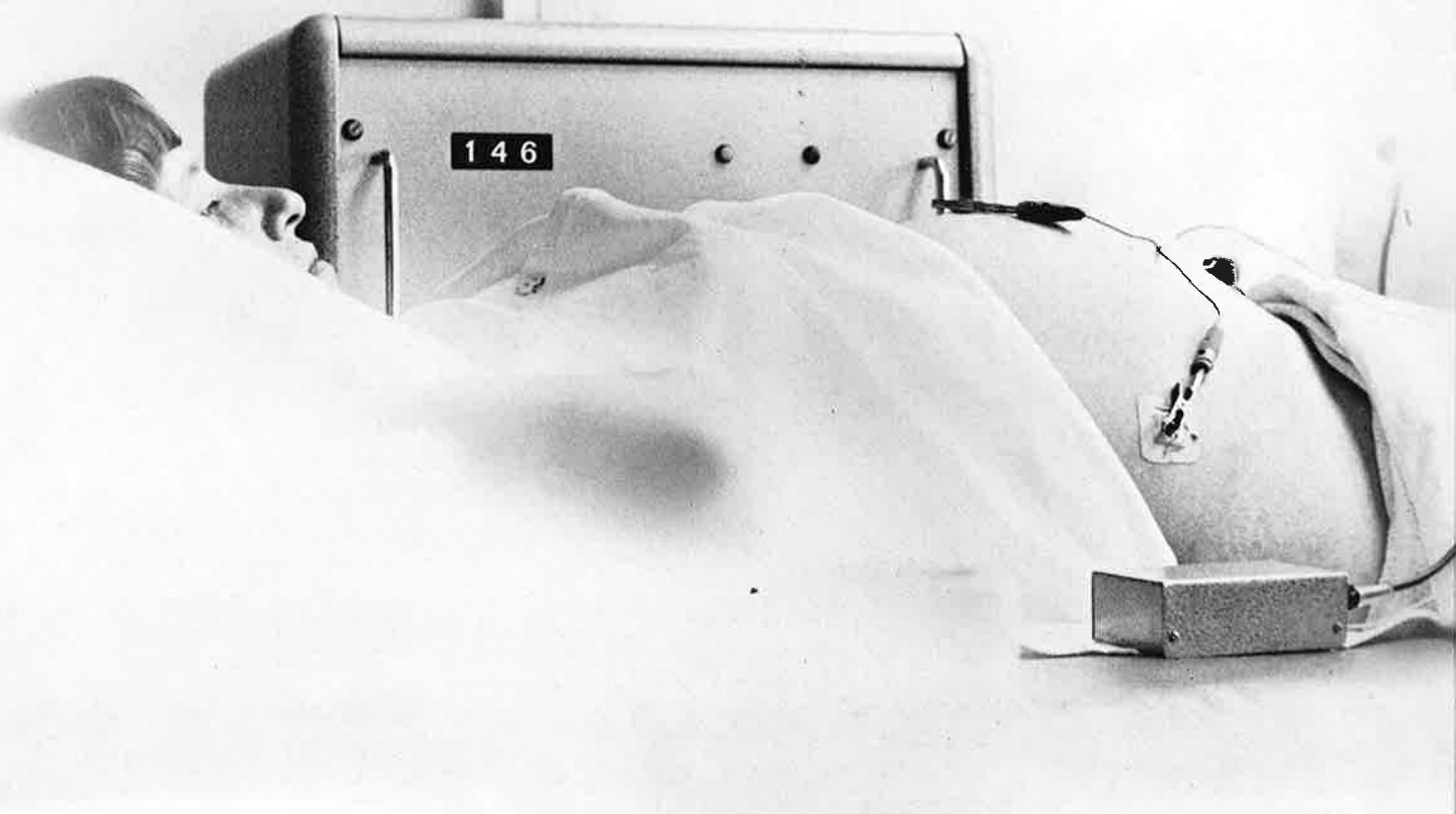
Met dit systeem is het mogelijk om 6 fysiologische signalen tegelijkertijd draadloos over te brengen.

Rechts: De voorversterkers voor polsgolf, temperatuur en ademhaling.

Midden: De voorversterkers voor 3 electrocardiogrammen.

Links: De zender.

Niet zichtbaar: De modulatoren voor de 6 signalen.



GEGEVENS- VERWERKING

Door middel van elektroden op de buik van de moeder wordt de hartslagfrequentie van het foetus weergegeven op de foetaal hartfrequentiemeter in slagen per minuut.

In de ziekenhuiswereld toont men steeds meer belangstelling voor het gebruik van rekenmachines; hierbij wordt niet alleen aan administratieve toepassingen gedacht, maar ook aan de hulp die deze machine kan bieden bij de diagnostiek. Het onderzoek richt zich op dit laatste toepassingsgebied en meer in het bijzonder op de automatische verwerking van het vectorcardiogram (VCG), dat de elektrische activiteit van de hartspier weergeeft als een kromme in een driedimensionale ruimte. De cardiologen maken gewoonlijk gebruik van de informatie die de projecties in de XY-, XZ- en YZ-vlakken geven. Door het VCG in een digitale rekenmachine in te voeren, kunnen verschillende parameters van de krommen berekend worden. Met deze parameters kan men een classificatie van de VCG's uitvoeren. Hiertoe wordt samengewerkt met een aantal cardiologische centra in den lande.

Een tweede onderzoek betreft de detectie en verwerking van de hartsignalen van het ongeboren kind. De opname van dit foetaal electrocardiogram (FECG) geschiedt tijdens de zwangerschap door middel van elektroden op de buik van de moeder (abdominale afleiding) en tijdens de bevalling eventueel door middel van een elektrode direct op het foetus (intra-uterine afleiding). Door o.a. gebruik te maken van het bijna-periodiek karakter van het FECG is het mogelijk om dit zwakke signaal waar te nemen te midden van toevallige storingen. De foetaal hartfrequentiemeter, die bij dit onderzoek ontwikkeld werd, geeft zowel analoog als digitaal de hartslagfrequentie in slagen per minuut aan.

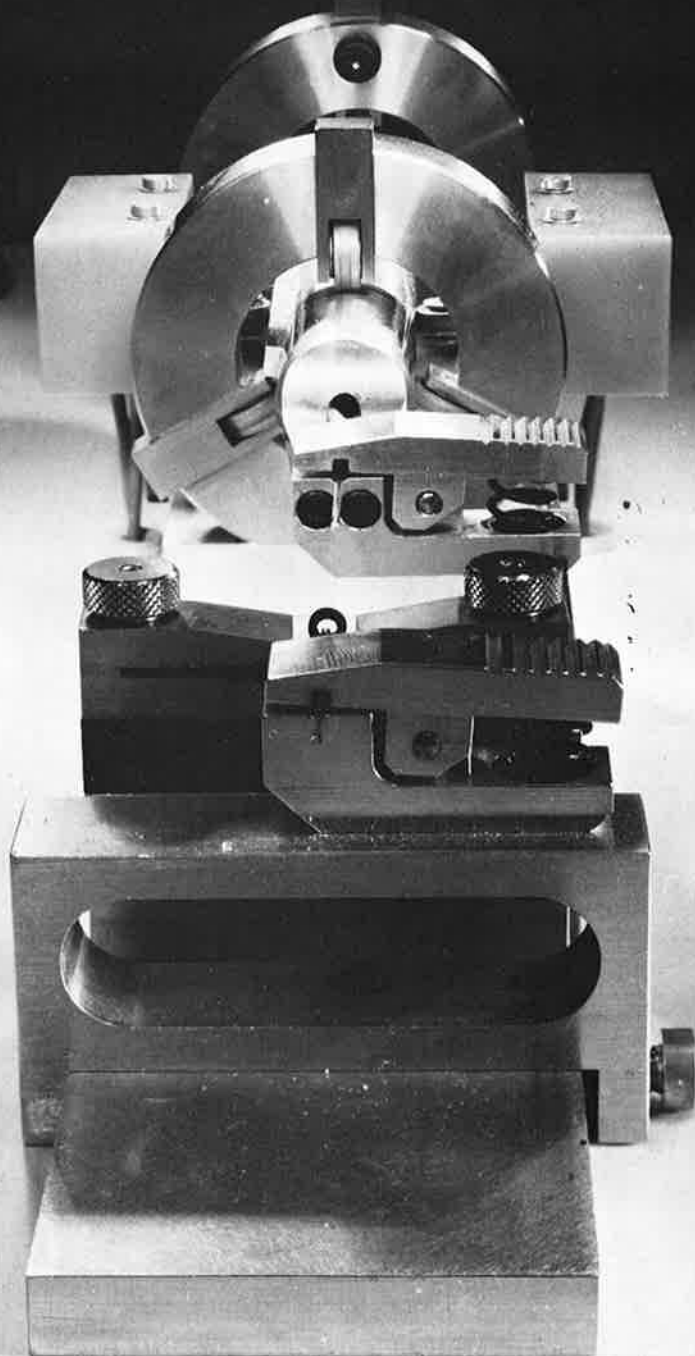
Als belangrijk hulpmiddel bij de vroegtijdige diagnose van aangeboren hartgebreken geldt het foetaal ECG-complex. Dit complex kan door middel van een rekenprocedure uit de ruisachtige abdominale afleiding storingsvrij naar voren worden gehaald.

Een vervolg op dit onderzoek is de ontwikkeling van detectiemethoden, die het mogelijk maken om met behulp van een rekenmachine reeds vroeg in de zwangerschap de aanwezigheid van een foetus te detecteren. In een aantal gevallen is men er in geslaagd reeds in de 14e week van de zwangerschap de hartactie van een ongeboren kind waar te nemen.

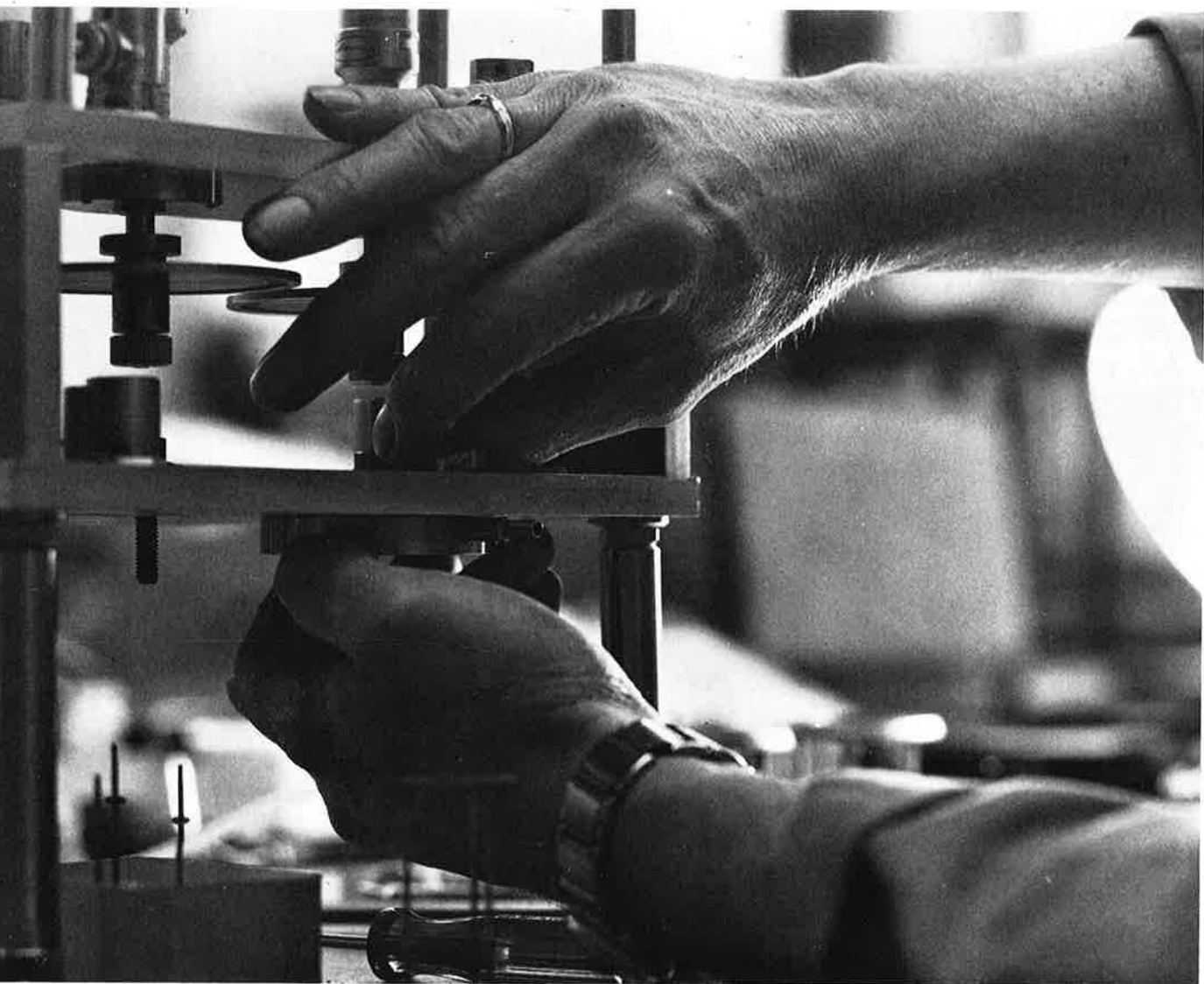


MECHANISCHE WERKPLAATS

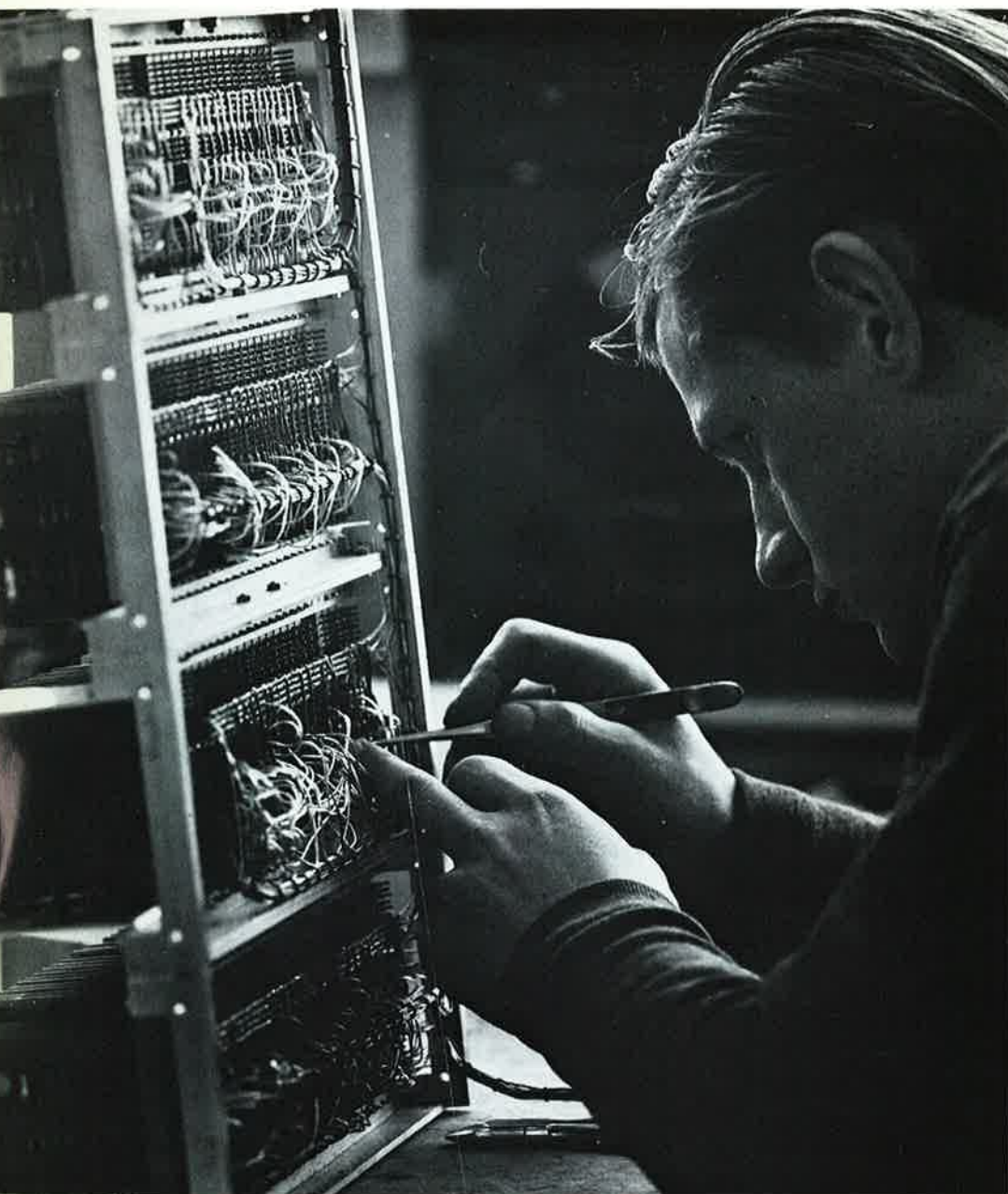
Discussie.



Trekker voor micro-electroden.



Precisiewerk.



**ELECTRONISCHE
WERKPLAATS**

*Het monteren van print-
kaartverbindingen.*

Centrale Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO)

Gezondheidsorganisatie
TNO

Nijverheidsorganisatie
TNO

Voedingsorganisatie
TNO

Rijksverdedigingsorganisatie
TNO

Medisch-Fysisch
Instituut TNO

Instituut voor
Gezondheids-
techniek TNO

Radiobiologisch
Instituut TNO

Nederlands
Instituut voor
Praeventieve
Geneeskunde
TNO

Werkgroep
Tuberculine-
Onderzoek TNO

Cariës-
Werkgroep TNO

Werkgroep
Klinisch
Geneesmiddelen-
onderzoek TNO

Atherosclerose-
Werkgroep TNO

Werkgroep
Bejaarden-
onderzoek TNO

Werkgroep TNO
Epidemiologie
van CARA

Werkgroep
Experimentele
Gerontologie
TNO

Werkgroep TNO
Klinische Neuro-
fysiologie

Commissie voor
Arbeids-
geneeskundig
Onderzoek TNO

Centraal
Proefdieren-
bedrijf TNO

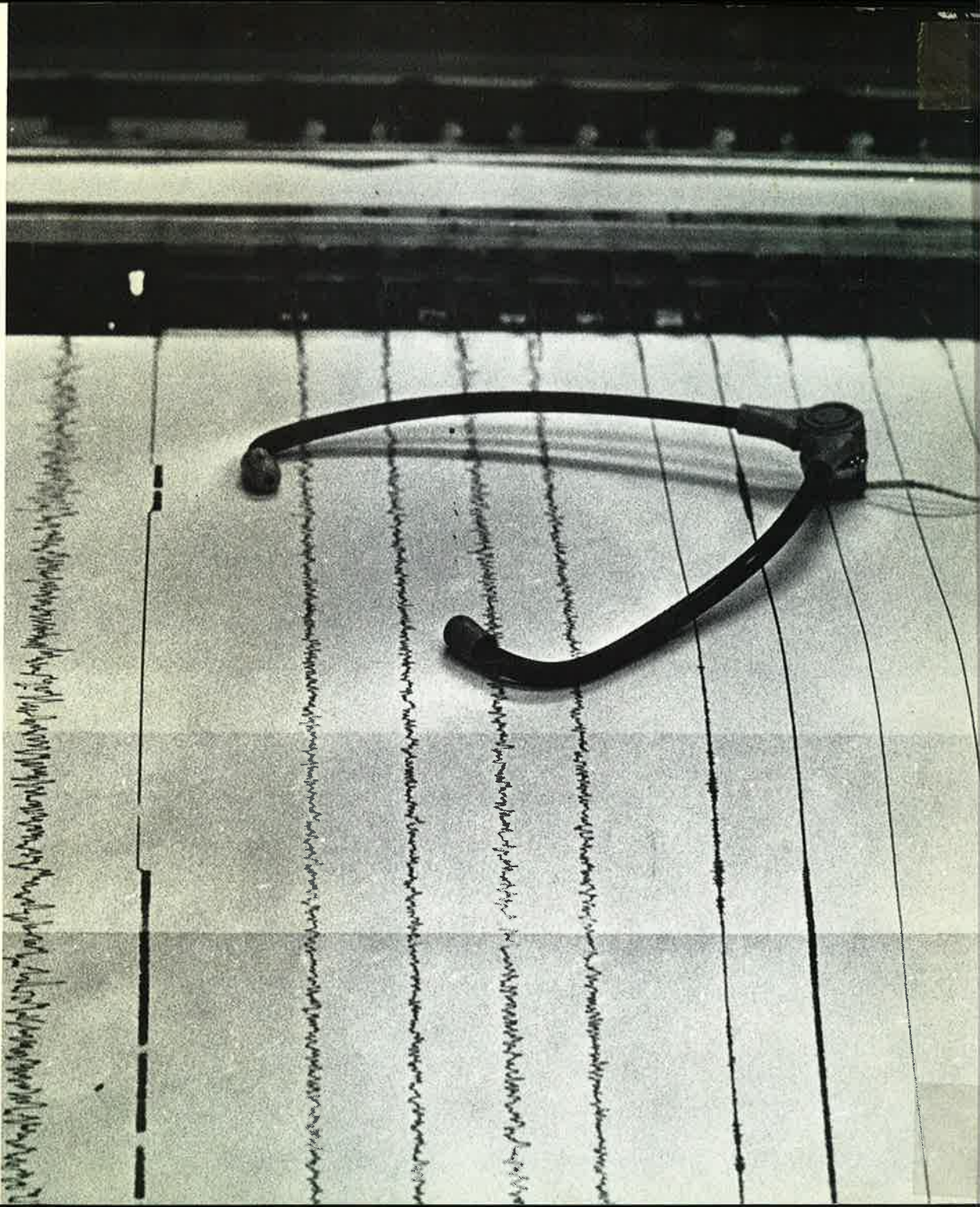
Radiologische
Werkgroep TNO

Gesubsidieerde
Onderzoekingen

MEDISCH-FYSISCH INSTITUUT TNO

Direkteur	: Ir. D. H. Bekkering
Ontwikkeling Hulpmiddelen	
Lichamelijk Gebrekkigen	: Ir. F. H. Germans Dr. Th. W. Beeker
Cardio-acoustiek	: Drs. E. van Vollenhoven
Regelsystemen van de bloedsomloop	: Dr. Ir. J. E. W. Beneken
Hersenonderzoek	: Prof. Dr. W. Storm van Leeuwen A. Kamp Dr. F. H. Lopes da Silva Drs. A. van Rotterdam
Ultrageluidsdiagnostiek	: Ir. J. C. Somer
Longmechanica	: Drs. J. H. Douma
Cybernetica	: Ir. M. ten Hoopen
Instrumentatie	: Ir. J. Kuiper Ir. C. A. Distelbrink
Gegevens verwerking	: Ir. J. H. van Bommel Ir. J. S. Duisterhout
Bevordering toepassingen	: Dr. B. van Eijnsbergen
Beheerder	: W. Kuperus
Directie sekretaresse	: Mej. A. C. van Seyderveld
Inkoop	: A. Luinge
Huishoudelijke dienst	: A. van Olderen
Boekhouding	
Elektronische werkplaats	: J. Riethorst
Mechanische werkplaats	: H. W. de Soete
Bibliotheek	: Mej. M. B. Steenbergen
Correspondentie	: Mevr. H. Wijnands
Fotografie	: R. M. Zondag

MFI-TKO



Lay-out:
R. F. Kross.

Fotografie:
R. M. Zondag,
R. Sweering.

Tekst:
B. v. Eijnsbergen.

Drukkerij:
v/h J. K. Smit & Zn.
Amsterdam.